



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu

*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Nucleaire Geneeskunde bij kinderen in Nederland**

*Doseringen en stand van zaken 2010*

Rapport 300080007/2010

I.R. de Waard



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Nucleaire geneeskunde bij kinderen in Nederland**

Doseringen en stand van zaken 2010

RIVM Rapport 300080007/2010



## Colofon

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

I.R.de Waard

Contact:

I. R. de Waard

Laboratorium voor Stralingsonderzoek

ischa.de.waard@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Inspectie van de Gezondheidszorg, in het kader van ondersteuning van het toezicht



## Rapport in het kort

### **Nucleaire geneeskunde bij kinderen in Nederland. Doseringsstand van zaken 2010**

De stralingsbelasting van kinderen bij wie nucleair geneeskundig onderzoek wordt gedaan, kan in veel gevallen lager. Dit kan door over te schakelen op de nieuwe doseringsmethodiek van de European Association of Nuclear Medicine (EANM). De reductie is het grootst bij de hogere doseringen en kan dan oplopen tot 30 procent. Dit blijkt uit onderzoek van het RIVM naar de indicaties en de dosis bij nucleair geneeskundig onderzoek van kinderen.

Bij nucleair geneeskundig onderzoek krijgt een patiënt een radioactieve stof toegediend. Deze stof hoopt zich op in een orgaan of in tumoren. De straling die de stof uitzendt, wordt met een gammacamera in beeld gebracht. Hiermee kan de werking van nieren, schildklier of andere organen worden onderzocht of kunnen tumoren worden gelokaliseerd. Bij kinderen gaat het vaak om onderzoek van de urinewegen.

Aandacht voor de stralingsdosis bij kinderen is belangrijk. Kinderen zijn namelijk gevoeliger voor de schadelijke effecten van straling op lange termijn dan volwassenen. De in Nederland nog algemeen toegepaste doseringsmethodiek is gebaseerd op de oude berekeningswijze van de EANM. De nieuwe doseringsmethodiek is verfijnder dan de oude. Het RIVM heeft de uitkomsten van de twee methoden voor kinderen van verscheidene gewichtsklassen vergeleken. Hieruit blijkt dat de nieuwe methode in de meeste gevallen een lagere stralingsbelasting geeft.

**Trefwoorden:**

nucleaire geneeskunde, dosering, kinderen



## Abstract

### **Pediatric nuclear medicine in the Netherlands Dosages and state of affairs in 2010**

In many Dutch hospitals, the radiation dose for children undergoing diagnostic procedures in nuclear medicine can be reduced by switching to the new dosage card of the European Association of Nuclear Medicine (EANM). The largest dose reduction is found at the higher dosages and can be as high as 30 per cent. This was found in a survey of indications and dosages in pediatric nuclear medicine in Dutch hospitals carried out by RIVM.

In diagnostic nuclear medicine, patients are administered a radioactive preparation that accumulates in a specific organ or in tumours. The radiation emitted is captured by an imaging device to investigate the function of the organ, e.g. kidneys or thyroid, or to localize tumours. A common cause for nuclear medicine in children is the examination of the urinary passage function.

Paying attention to the radiation dose in pediatric nuclear medicine is especially important, as children are more sensitive to the adverse effects of radiation. The dosage method commonly used in Dutch hospitals is based on the old EANM dosage scheme. The method using the new dosage card is more refined. Calculations made for children of different weight classes show that the new dosage scheme results in most cases in a lower radiation dose than the old one.

Key words: nuclear medicine, dosage, pediatric





## Voorwoord

Bij het tot stand komen van dit rapport is contact gezocht met een van de redacteurs van de Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde, dhr. P. van Barneveld. Hierbij wil ik dhr. P. van Barneveld bedanken voor zijn inbreng, deze was belangrijk voor de inhoud van het rapport en gaf tevens inzicht in de praktijk.



## Inhoud

Voorwoord—9

Inhoud—11

Samenvatting—13

### **1 Inleiding—15**

1.1 Doel—15

1.2 Achtergrond—15

1.3 Methode—15

1.4 Leeswijzer—16

### **2 Nucleair geneeskundig onderzoek bij kinderen—17**

2.1 Kindergeneeskunde—17

2.2 Onderzoeken bij kinderen—17

2.3 Indicaties bij diagnostische nucleaire onderzoeken—18

2.4 Nucleaire therapie bij kinderen—19

2.5 Praktijk in Nederland—19

### **3 Doseringen—21**

3.1 Historische ontwikkelingen—21

3.2 Oude doseringsschema EANM uit Aanbevelingen [1]—22

3.3 Nieuwe richtlijn van EANM—23

3.4 Verschillen tussen de berekeningsmethoden—25

3.5 Verschillen tussen de toegediende hoeveelheden activiteit—25

3.6 Effectieve dosis—29

### **4 Conclusies en discussie—33**

4.1 Conclusies—33

4.2 Discussie—33

Lijst van afkortingen—35

Literatuur—37

Bijlage 1 Indicaties bij nucleaire onderzoeken en therapie bij kinderen—39

Bijlage 2 Dosiskaart EANM—51



## Samenvatting

Nucleair geneeskundig onderzoek bij kinderen wordt veelal uitgevoerd naar aanleiding van congenitale (aangeboren) afwijkingen of bij de verdenking op of de aanwezigheid van oncologische aandoeningen. Meest frequent worden onderzoeken van de urinewegen uitgevoerd. De beeldvorming bij nucleaire geneeskunde gebeurt door het toedienen van een licht radioactieve stof in het lichaam. Deze radioactieve stof zendt straling uit die kan worden gebruikt voor het maken van beelden. De toegediende activiteit zorgt voor een blootstelling die kan worden uitgedrukt in een effectieve dosis. Onderzoeken van de urinewegen hebben ook een relatief lage effectieve dosis per onderzoek. Complexere onderzoeken vinden over het algemeen plaats in de academische en grotere algemene ziekenhuizen. In enkele van deze academische instellingen worden ook nucleaire behandelingen bij kinderen uitgevoerd. De frequentie van deze behandelingen is laag.

In de praktijk wordt door de meeste instellingen de Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde gehanteerd als een soort veldstandaard. In de Aanbevelingen is een doseringsschema voor kinderen vastgesteld. Dit doseringsschema is overgenomen van de richtlijn van de European Association of Nuclear Medicine (EANM). De EANM heeft na verschijnen van de laatste versie van de Aanbevelingen een nieuwe dosiskaart uitgebracht met wijzigingen in de rekenmethode. Het gebruik van deze nieuwe dosiskaart leidt tot andere doseringen dan bij het gebruik van de oude rekenmethode.

De nieuwe rekenmethode verschilt op twee punten van de oude methode. Bij de oude rekenmethode is het aanpassen van de standaarddosering van een ziekenhuis of land eenvoudig. De nieuwe rekenmethode voorziet niet in het aanpassen van de uitgangswaarde.



# 1 Inleiding

In opdracht van de Inspectie van de Gezondheidszorg is door het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) onderzoek gedaan welke nucleaire geneeskundige onderzoeken bij kinderen worden uitgevoerd en welke dosering hierbij gebruikt wordt.

Kinderen zijn in vergelijking tot volwassenen gevoeliger voor de nadelige effecten van ioniserende straling. Hierdoor is het voor deze groep extra belangrijk dat een gepaste hoeveelheid activiteit wordt toegepast zodat de effectieve dosis door het nucleaire geneeskundige onderzoek zo laag mogelijk is. Dit RIVM-onderzoek brengt in kaart welke onderzoeken in Nederland bij kinderen worden uitgevoerd en met welk doel. Daarnaast gaat dit onderzoek in op de doseringen, en daarmee samenhangend de effectieve dosis, bij nucleair geneeskundige onderzoeken.

## 1.1 Doel

Het doel van het onderzoek is inzicht te krijgen in de meest voorkomende nucleair geneeskundige verrichtingen bij kinderen, de daarbij behorende indicaties en doseringen.

## 1.2 Achtergrond

Nucleair geneeskundig onderzoek is een vorm van diagnostiek waarbij licht radioactief gelabelde preparaten in het lichaam gebracht worden. Afhankelijk van het gekozen preparaat en de toedieningsvorm verzamelt dit preparaat zich in een bepaald orgaan of weefseltype. De straling die het preparaat uitzendt kan door een gammacamera worden omgezet in een beeld.

Nucleair geneeskundig onderzoek bij kinderen vindt op vergelijkbare wijze plaats als bij volwassenen. De dosering per onderzoek dient echter te worden aangepast aan de afmetingen van het kind. In de literatuur zijn doseringsschema's beschikbaar voor het berekenen van de juiste hoeveelheid activiteit voor het individuele kind. Door gebruik te maken van conversiefactoren kunnen toegediende hoeveelheden activiteit worden omgerekend naar effectieve dosis. Deze geldt als maat voor de blootstelling aan straling zowel bij kinderen als volwassenen.

## 1.3 Methode

Voor dit onderzoek is eerst een inventarisatie gedaan van beschikbare literatuur over nucleair geneeskundig onderzoek en therapie bij kinderen. In de Aanbevelingen Nucleaire geneeskunde van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire geneeskunde (NVNG) [1] zijn de meest voorkomende onderzoeken opgenomen. In dit handboek is een hoofdstuk opgenomen over nucleaire geneeskunde bij kinderen dat grotendeels gaat over doseringen bij kinderen. De indicaties van de onderzoeken in de Aanbevelingen [1] zijn niet voor volwassenen of kinderen gespecificeerd.

De European Association of Nuclear Medicine (EANM) is een Europese organisatie voor nucleaire geneeskunde die de sector vertegenwoordigt. Deze EANM heeft onder andere een werkgroep pediatrie. Voor dit



rapport is gebruik gemaakt van richtlijnen en artikelen uitgebracht door de EANM.

Om de verschillende doseringsschema's te kunnen vergelijken zijn berekeningen uitgevoerd. Deze berekeningen resulteren onder andere in de toe te dienen activiteit en de bijbehorende effectieve dosis bij gebruik van de verschillende doseringschema's.

Om vast te stellen wat de stand van zaken is in de praktijk als het gaat om nucleaire geneeskunde bij kinderen is een aantal interviews gehouden. Een van deze interviews is gehouden met een van de redacteuren van de Aanbevelingen [1]. Daarnaast zijn een aantal andere ziekenhuizen met afdelingen nucleaire geneeskunde geraadpleegd.

#### **1.4 Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 beschrijft de nucleair geneeskundige onderzoeken en therapieën die in Nederland bij kinderen het meest frequent worden uitgevoerd. De toegepaste doseringen bij kinderen worden beschreven in hoofdstuk 3. In dit hoofdstuk worden twee rekenmethoden vergeleken en volgt een beschouwing van de effectieve dosis bij verschillende onderzoeken. Hoofdstuk 4 geeft een kort inzicht in de huidige praktijk in Nederland. Ten slotte geeft hoofdstuk 5 de conclusies en discussie.

## 2 Nucleair geneeskundig onderzoek bij kinderen

Eenvoudig nucleair geneeskundig onderzoek bij kinderen vindt plaats op veel afdelingen nucleaire geneeskunde; er is geen speciale apparatuur voor kinderen nodig. Het aantal onderzoeken bij kinderen is veel geringer dan het aantal onderzoeken bij volwassenen. Meer complexe diagnostische onderzoeken en therapeutische behandelingen vinden plaats in gespecialiseerde kinderziekenhuizen (academische instellingen) en de grotere algemene ziekenhuizen.

Alle nucleair geneeskundige onderzoeken die bij volwassenen worden uitgevoerd kunnen ook bij kinderen worden uitgevoerd. Hiervoor moet een aangepaste hoeveelheid radioactiviteit worden toegediend die afhangt van de grootte van het kind.

### 2.1 Kindergeneeskunde

De kindergeneeskunde, ook wel pediatrie genoemd, gaat over de medische zorg van baby's en kinderen. Er is geen duidelijke definitie in de medische sector welke individuen er worden gezien als kind. Er worden verschillende leeftijdsgrenzen gehanteerd zoals 16 of 18 jaar. In de praktijk wordt veelal gekeken naar het postuur van de patiënt. De dosering bij nucleaire geneeskunde bij kinderen gebeurt door het omrekenen van een standaarddosering naar een dosering aangepast aan het gewicht. De doseringschema's zoals verderop in dit rapport opgenomen, hebben een bereik van 3 tot 68 kg. Dit houdt in dat voor nucleair geneeskundig onderzoek, kinderen met een gewicht boven de 68 kg als volwassen patiënten worden gezien.

### 2.2 Onderzoeken bij kinderen

Binnen de EANM zijn verschillende werkgroepen samengesteld met alle een eigen expertise. Een van deze werkgroepen richt zich op de pediatrie. Deze werkgroep heeft voor een aantal veel voorkomende onderzoeken richtlijnen voor kinderen opgesteld:

- Skeletscintigrafie
- Nierscintigrafie
- Radionuclide cystografie, indirect
- Radionuclide cystografie, direct
- Glomerulaire filtratieonderzoek (GFR)
- Renografie
- MIBG-scintigrafie
- Longscintigrafie
- <sup>18</sup>F-FDG PET en PET/CT bij oncologie

Onderzoeken van de urinewegen in deze lijst komen het meest voor: nierscintigrafie, radionuclide cystografie, GFR-onderzoek en renografie. Verder bevat deze lijst onderzoek van het skelet, onderzoek naar neuro-endocriene tumoren, longen en PET-onderzoek.

In een artikel [2] van TNO Kwaliteit van Leven zijn gegevens opgenomen over aangeboren afwijkingen in Nederland. Deze gegevens laten zien dat in 2007 bij 3,75% van alle geboren kinderen aangeboren afwijkingen worden vastgesteld.

De volgende cijfers worden in het artikel van TNO [2] gegeven:

*Tabel 1 Prevalentie van aangeboren afwijkingen per 10000 geboren en per orgaanstelsel in 2007*

<b>Orgaanstelsel</b>	<b>Aantal per 10000 geborenen in 2007</b>	<b>Aantal in 2007</b>
Urogenitaalstelsel	76,8	1406
Skelet en spierstelsel	63,5	1162
Chromosomale, syndromale en overig	62,9	1151
Hart en bloedvaten	57,9	1060
Centraal zenuwstelsel en zintuigen	37,6	688
Spijsverteringsstelsel	35,6	652
Huid en buikwand	29,1	533
Ademhalingsstelsel	11,4	209

Uit de cijfers in het artikel van TNO [2] blijkt dat de groep patiënten met congenitale urogenitale afwijkingen het grootst is. Een deel van deze patiënten zal zijn aangewezen op nucleaire diagnostiek. Bij deze diagnostiek moet worden gedacht aan onderzoek kort na de geboorte maar ook aan vervolgonderzoek. Onderzoek van de urinewegen wordt onder andere uitgevoerd bij urineweginfecties. De oorzaak van urineweginfectie kan berusten op aangeboren afwijkingen van de urinewegen. De afvoer van urine naar de blaas verloopt dan niet goed of urine kan vanuit de blaas terugstromen richting de nieren.

De vereniging integrale kankercentra publiceert op de website cijfers over de incidentie van kanker ([http://www.ikcnet.nl/page.php?id=2902&nav\\_id=114](http://www.ikcnet.nl/page.php?id=2902&nav_id=114)). Ook zijn er cijfers over de incidentie van oncologische aandoeningen bij kinderen van 0 tot 14 jaar te vinden. Uit deze cijfers blijkt dat er in 2008 430 nieuwe kankergevallen zijn geconstateerd bij kinderen. Onderzoek naar skeletmetastasen door het uitvoeren van skeletscintigrafie zal bij een deel van deze 430 patiënten worden uitgevoerd. PET-onderzoek is de laatste jaren in opkomst bij de diagnostiek van oncologische aandoeningen. Dit onderzoek kan ook bij kinderen worden uitgevoerd en een deel van de kinderen met een oncologische aandoening zal een PET-onderzoek ondergaan.

In Nederland worden onderzoeken van de urinewegen frequent bij kinderen uitgevoerd, evenals onderzoek bij een verdenking op of de aanwezigheid van een oncologische aandoening. In de Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde [1] zijn geen aparte richtlijnen voor kinderen opgenomen, wel worden bij een aantal onderzoeken specifieke opmerkingen voor kinderen gemaakt. Een weergave van de praktijk wordt beschreven in paragraaf 2.5.

## **2.3 Indicaties bij diagnostische nucleaire onderzoeken**

In Tabel 4 van Bijlage 1 is een opsomming gegeven van de indicaties bij verschillende onderzoeken. In Tabel 4 zijn de onderzoeken vermeld waarvoor richtlijnen zijn opgesteld door de EANM of waarvoor in de meest recente versie van de dosiskaart [9] een minimale dosering is gegeven (zie ook hoofdstuk 3). De onderzoeksrichtlijnen van EANM beschrijven onder andere de indicaties, welke specifiek zijn opgesteld voor kinderen. Voor de onderzoeken, waarvoor geen specifieke richtlijnen zijn opgesteld door EANM, zijn de indicaties uit de

Aanbevelingen [1] overgenomen. Deze geven voor verschillende onderzoeken indicaties maar deze richten zich niet specifiek op kinderen.

Globaal gezien kunnen de meeste indicaties bij kinderen worden ondergebracht bij congenitale afwijkingen en oncologische aandoeningen.

Veel van de door de EANM aangegeven indicaties bij de onderzoeken in Tabel 4 worden ook als indicatie genoemd in [1].

## **2.4 Nucleaire therapie bij kinderen**

Therapeutische behandelingen met radioactiviteit kunnen ook bij kinderen worden uitgevoerd. Ook bij deze behandelingen zal de dosering moeten worden aangepast aan de grootte van het kind. De EANM heeft voor de behandelingen MIBG-therapie en jodiumtherapie bij schildklierkanker richtlijnen opgesteld. Deze richtlijnen zijn opgesteld door de werkgroep nucleaire therapie en niet door de werkgroep pediatrie. De twee genoemde richtlijnen bevatten wel specifieke verwijzingen voor kinderen.

In de richtlijnen zijn geen gegevens opgenomen over de hoeveelheid activiteit die voor deze therapie zou moeten worden toegepast. Volgens het Leerboek Nucleaire Geneeskunde [3] wordt I123-MIBG therapie vaak bij kleine kinderen wordt uitgevoerd.

## **2.5 Praktijk in Nederland**

Om een beeld te krijgen van de praktijk van nucleaire geneeskunde bij kinderen is een aantal interviews gehouden met mensen uit de instellingen. Gestart is met een interview met Dhr. P.C. van Barneveld, arts. Dhr. Van Barneveld is nucleair geneeskundige en werkzaam in het Jeroen Bosch Ziekenhuis in Den Bosch. Tevens is hij een van de redacteurs van de Aanbevelingen [1]. Ook zijn gesprekken gehouden met enkele academische instellingen en een aantal perifere ziekenhuizen met een afdeling nucleaire geneeskunde.

Uit deze gesprekken is gebleken dat onderzoeken van de urinewegen het meest frequent worden uitgevoerd. Dit betreft de statische nieronderzoeken, renografieën, glomerulaire filtratieonderzoeken en radionuclide blaasonderzoeken (refluxonderzoek). Ook diagnostische schildklieronderzoeken gebeuren regelmatig bij kinderen van wie de hiepriek afwijkend is. In dat geval gaat het vaak om patiënten van enkele weken oud. De dynamische skeletonderzoeken gebeuren over het algemeen bij iets oudere kinderen op aanvraag van de orthopeed. Andere onderzoeken die minder frequent worden uitgevoerd bij kinderen zijn onderzoeken naar de maagreflux en Meckel's divertikel.

In de academische instellingen worden bovenstaande onderzoeken eveneens regelmatig uitgevoerd maar deze instellingen verrichten ook meer gespecialiseerde nucleair geneeskundige onderzoeken en nucleair geneeskundige therapie.



## 3 Doseringen

### 3.1 Historische ontwikkelingen

In 1990 is een doseringsschema voor kinderen gepubliceerd in het *European Journal of Nuclear Medicine* [4]. In dit artikel wordt beschreven dat er op dat moment drie verschillende methoden zijn om de hoeveelheid activiteit voor kinderen te bepalen, de eerste is gebaseerd op leeftijd, de tweede op gewicht en de laatste op lichaamsoppervlakte. Al deze methoden gaan uit van een dosering voor een volwassene vermenigvuldigd met een fractie voor het individu. De schrijvers van het artikel geven aan dat er kleine verschillen zijn tussen de fracties die met de methoden worden berekend. Uit het artikel van de EANM uit 1990 [4] komt dat lichaamsoppervlakte de beste parameter is om te gebruiken omdat de groei van organen vrijwel evenredig toeneemt met het lichaamsoppervlak. Echter gezien het feit dat gewicht een veel makkelijker te gebruiken eenheid is in de praktijk, wordt in het artikel van de EANM [4] een tabel met fractie gegeven op basis van gewicht. De vermelde fracties per gewicht zijn afgeleid van het lichaamsoppervlak.

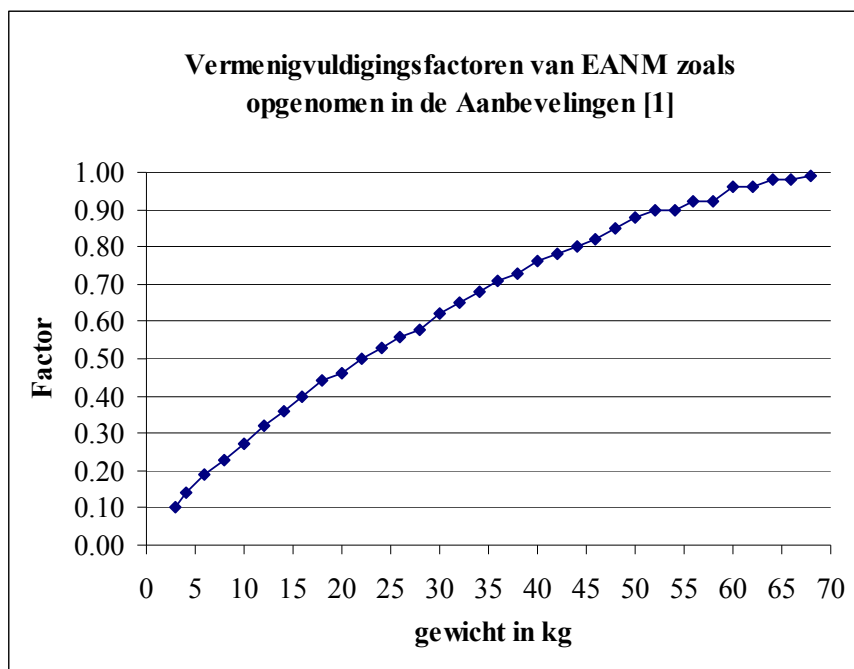
Het artikel van de EANM [4] geeft ook een overzicht van minimale doseringen en een lijst met doseringen voor volwassenen.

In 2005 wordt een ander artikel met de titel '*Optimised tracer-dependent dosage cards to obtain weight-independent effective dose*' gepubliceerd [5]. De conclusie van de schrijvers van dit artikel [5] is dat er drie preparaatafhankelijke klassen met eigen factoren moeten worden ingesteld om een effectieve dosis te geven die onafhankelijk is van gewicht. Het onderliggende onderzoek was om te bepalen of de doseringskaart van de EANM uit 1990 [4] resulteert in een gewichtsonafhankelijke effectieve dosis of gewichtsonafhankelijke telsnelheid van de activiteit. Daarnaast wilde men bepalen of één doseringskaart voor de verschillende radiofarmaca wel voldoende is. Naar aanleiding van deze conclusies verschijnt in 2007 een artikel [6] van de werkgroepen dosimetrie en pediatrie van de EANM met een nieuwe doseringskaart voor kinderen. Hierin is de voorgestelde verdeling in klassen overgenomen en zijn voor drie verschillende klassen van preparaten eigen factoren vastgesteld. De nieuwe doseringskaart gaat uit van een dosering voor een patiënt van 3 kg (*baseline activiteit*) met vermenigvuldigingsfactoren voor hogere gewichten. Naar aanleiding van de gepubliceerde nieuwe dosiskaart verschijnen onder andere de reacties [7] en [8]. In deze artikelen worden kanttekeningen geplaatst bij de verschenen doseringskaart, voornamelijk bij de dosering van PET-onderzoek. Ook zijn er enkele kritische uitspraken over het instellen van de *baseline* activiteit ter vervanging van de standaard-volwassenenactiviteit. In 2008 verschijnt een herziene versie van de doseringskaart [9]. Er zijn aanpassingen gedaan aan de minimale doseringen bij F-18 fluorine en F-18-FDG. De EANM concludeert dat het wenselijk is om de oudere versie van de dosiskaart [4] te vervangen door de preparaatafhankelijke dosiskaart [9]. Versie 1.5.2008 is de meest recente versie van de doseringskaart en is beschikbaar op de website van de EANM.

Voor de vergelijking tussen beide rekenmethode is verder in dit rapport de doseringsberekening volgens de EANM uit 1990 [4] benoemd als 'oude' methode en de berekening volgens de EANM uit 2008 [9] als 'nieuwe' methode.

### 3.2 Oude doseringsschema EANM uit Aanbevelingen [1]

In de Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde 2007 [1] van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde is het oude doseringsschema voor kinderen van de EANM uit 1990 [4] opgenomen. De dosering voor een specifiek kind wordt volgens deze methode bepaald door de standaarddosering voor een volwassene te vermenigvuldigen met een fractie afhankelijk van lichaamsgewicht. Deze fractie is gebaseerd op lichaamsoppervlakte maar omgerekend naar lichaamsgewicht. Deze vermenigvuldigingsfactoren zijn weergegeven in Tabel 6 van Bijlage 2 en weergegeven in Figuur 1. Er zijn factoren opgesteld voor een gewicht tot 70 kg. Voor kinderen is dit over het algemeen voldoende maar het doseringsschema is niet toepasbaar voor volwassenen met een gewicht boven de 70 kg.



*Figuur 1 Vermenigvuldigingsfactoren per gewichtsklasse van EANM zoals opgenomen in de Aanbevelingen [1].*

Voor de verschillende radiofarmaca zijn ook minimale doseringen vastgesteld. Deze waarden zijn de minimale hoeveelheden die nodig zijn voor het uitvoeren van een correct onderzoek. Het toepassen van een dosering onder dit minimum kan leiden tot een onderzoek van slechte kwaliteit. Deze lijst met minimale doseringen uit de Aanbevelingen [1] is opgenomen in Tabel 7 van Bijlage 2.

De toe te dienen hoeveelheid activiteit wordt volgens [4] als volgt bepaald:

$$\text{Als } F(o)_m * Act(vw)_p \geq Act(min)_p \text{ dan } Act(toe)_{m,p} = F(o)_m * Act(vw)_p$$

$$F(o)_m * Act(vw)_p < Act(min)_p \text{ dan } Act(toe)_{m,p} = Act(min)_p$$

$Act(toe)_{m,p}$  = toe te dienen hoeveelheid activiteit in MBq

$Act(min)_p$  = minimale activiteit in MBq

met  $F(o)_m$  = vermenigvuldigingsfactor oude EANM - methode

$Act(vw)_p$  = activiteit voor volwassenen in MBq

$m$  = massa in kilogram

$p$  = preparaat

De fractie afhankelijk van het gewicht is een vastgelegd gegeven. Er zijn verschillende uitgaven waarin voorstellen worden gedaan voor standaarddoseringen voor volwassenen. De dosering bij volwassenen kan door ziekenhuizen worden aangepast afhankelijk van onder andere de apparatuur op de afdeling. In het EANM-artikel uit 1990 [4] wordt een tabel met door de EANM aanbevolen dosering voor volwassenen gegeven. Daarnaast is ook een tabel opgenomen waarin een vergelijking wordt gemaakt tussen de aanbevolen doseringen door EANM en doseringen uit andere artikelen. Die tabel laat zien dat er bij bepaalde onderzoeken verschillen zijn, tot een factor vijf, in de dosering bij een volwassen patiënt. Voor Nederlandse instellingen geldt dat de Aanbevelingen [1] wordt gezien als veldstandaard. Hierin worden ook doseringen voor volwassenen gegeven. Uit recent onderzoek naar het gebruik van nucliden en doseringen bij volwassen patiënten blijkt dat de aanbevelingen over het algemeen gevolgd worden [10].

### 3.3 Nieuwe richtlijn van EANM

Er is door de EANM in 2008 een laatste herziene versie van de dosiskaart uitgebracht voor het bepalen van de dosering bij kinderen. Deze versie van de dosiskaart is beschikbaar op <https://www.eanm.org/committees/dosimetry/dosagecard.pdf> tevens kan er op [https://www.eanm.org/scientific\\_info/dosagecard/dosagecard.php?navId=548](https://www.eanm.org/scientific_info/dosagecard/dosagecard.php?navId=548) een online berekening voor een individuele patiënt worden gedaan.

Deze dosiskaart verschilt op een aantal punten van de oudere versie:

- De lijst is uitgebreid met een aantal radiofarmaca, voornamelijk voor de myocard- en PETonderzoeken.
- voor de radiofarmaca opgenomen in deze lijst is een klasse bepaald afhankelijk van het preparaat.
- uitgangspunt is niet meer de standaarddosering bij een volwassene maar er is een *baseline activity* vastgesteld voor een gewicht van 3 kg.
- er is een vermenigvuldigingsfactor opgesteld afhankelijk van gewicht en klasse.

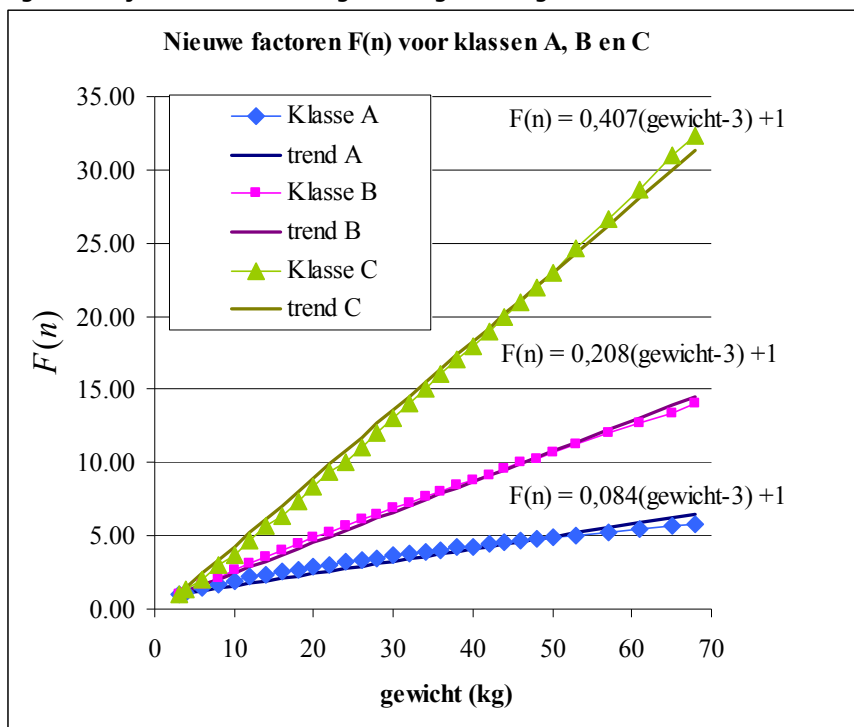
De minimale activiteit verschilt niet van de eerdere richtlijn, wel zijn een aantal radiofarmaca toegevoegd aan de lijst. Deze nieuwe dosiskaart is verschenen na het uitbrengen van de laatste versie van de



Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde. De mogelijke inbedding van deze dosiskaart wordt besproken in hoofdstuk 2.5.

De berekening volgens deze nieuwe methode is niet meer alleen afhankelijk van het gewicht van de patiënt. Ook de keuze van het preparaat is van belang. De vermenigvuldigingsfactor verschilt per klasse van het preparaat. De preparaten zijn ingedeeld in drie klassen. Klasse A omvat preparaten die worden gebruikt bij het uitvoeren van onderzoeken van de urinewegen. Klasse B bevat alle overige preparaten die niet vallen in klasse A of klasse C. Klasse C omvat I-131 voor onderzoek van de schildklier.

Voor elk gewicht zijn bij de nieuwe dosiskaart drie verschillende vermenigvuldigingsfactoren opgesteld, zie Figuur 8 in Bijlage 2. In Figuur 2 zijn de factoren uitgezet tegen het gewicht.



Figuur 2 Factoren nieuwe EANM-dosiskaart

De vermenigvuldigingsfactoren laten zich niet geheel als een rechte lijn beschrijven. Zoals Figuur 2 laat zien wijken de factoren van dezelfde klassen daar niet ver van af. Voor klasse A en B kan worden gesteld dat de factoren voor gewichten tot ongeveer 40 kg zich iets boven de trendlijn bevinden en boven deze 40 kg iets afbuigen naar beneden. Voor klasse C geldt juist het omgekeerde.

De formule van deze nieuwe berekening:

Als

$$F(n)_{m,k} * Act(base)_p \geq Act(min)_p \text{ dan } Act(toe)_{m,p} = F(n)_{m,k} * Act(base)_p$$

$$F(n)_{m,k} * Act(base)_p < Act(min)_p \text{ dan } Act(toe)_{m,p} = Act(min)_p$$

met

*Act(toe) = toe te dienen hoeveelheidactiviteit in MBq*

*Act(min) = minimale activiteit in MBq*

*F(n) = vermenigvuldigingsfactor nieuwe EANM – methode*

*Act(base) = baselineactiviteit in MBq*

*m = massa in kilogram*

*p = preparaat*

*k = klasse*

In de berekening volgens deze nieuwe methode is er dus sprake van een andere factor F en is de basis van de berekening niet meer de dosis voor een volwassen patiënt maar is er een baselineactiviteit vastgesteld. Voor alle preparaten die in de nieuwe dosiskaart zijn opgenomen is ook een baselineactiviteit vermeld. De normalisatie ligt niet meer bij een gewicht van 70 kg maar is vervangen door een normalisatiepunt op 3 kg. Voor alle preparaten zijn minimale doseringen vastgesteld. Als berekende dosering lager is dan deze minimale dosering dan moet de minimale dosering worden gebruikt.

### 3.4

#### **Verschillen tussen de berekeningsmethoden**

De oude en nieuwe berekeningsmethode verschillen in de gebruikte factoren en het feit dat de ene methode uitgaat van een standaarddosering voor een volwassene en de andere methode gebaseerd is op een dosering voor een patiënt van 3 kg. Voor die preparaten waarvoor in het EANM-artikel uit 1990 [4] een activiteit voor volwassenen is opgenomen is de volwassenenactiviteit vergeleken met de baselineactiviteit uit het EANM-artikel uit 2008 [9]. Voor preparaten van dezelfde klasse de verhouding tussen de baseline activiteit en de volwassenenactiviteit gelijk:

Klasse A; Volwassenenactiviteit = 5,9 \* baselineactiviteit,  
 Klasse B; Volwassenenactiviteit = 143 \* baselineactiviteit,  
 Klasse C; Volwassenenactiviteit = 33,3 \* baselineactiviteit,  
 Voor de vergelijking in klasse C is maar één preparaat beschikbaar. Bij gebruik van de nieuwe rekenmethode is de gebruiker aangewezen op de baselineactiviteit zoals vastgesteld in het artikel van de EANM uit 2008 [9], zie Figuur 9. Dit leidt er toe dat landelijke of lokaal vastgestelde doseringen bij volwassenen niet meer gebruikt kunnen worden als uitgangspunt voor de dosisberekening bij kinderen.

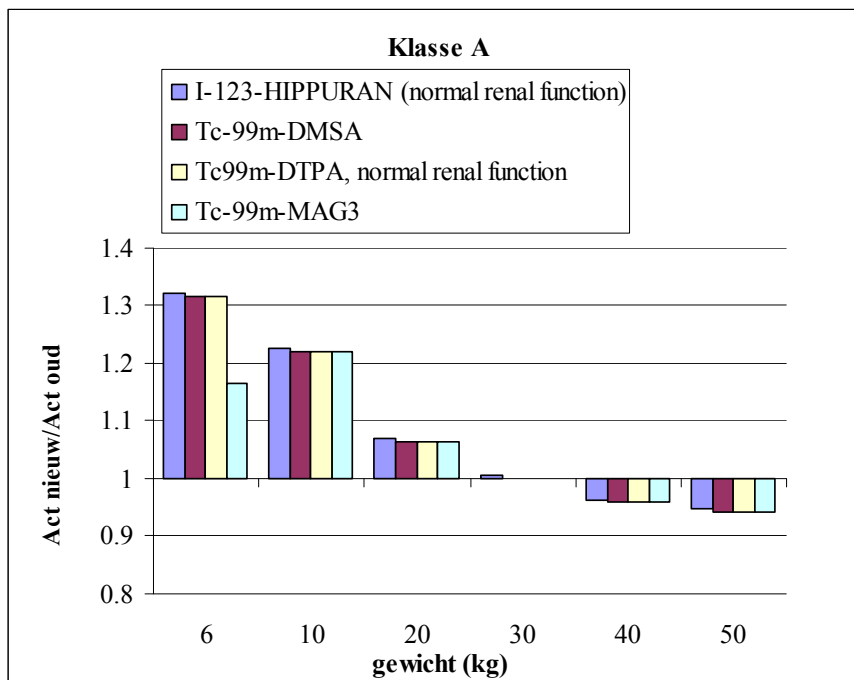
### 3.5

#### **Verschillen tussen de toegediende hoeveelheden activiteit**

Om inzicht te krijgen in de verschillen tussen de oude en nieuwe berekeningsmethoden zijn voor verschillende gewichten en preparaten berekeningen uitgevoerd van de hoeveelheid activiteit volgens de beide methoden. Deze berekeningen zijn alleen uitgevoerd voor de preparaten waarvoor bij beide methoden factoren zijn opgegeven. Bij

het berekenen volgens de oude methode zijn de volwassenendoseringen gebruikt zoals opgegeven door de EANM in [4]. Deze waarden kunnen verschillen van de waarden uit [1] die als de Nederlandse veldstandaard worden gezien. Bij de berekeningen is echter toch gekozen voor de waarden voor volwassenen van de EANM omdat deze beter te vergelijken zijn met de door de EANM vastgestelde baselineactiviteiten.

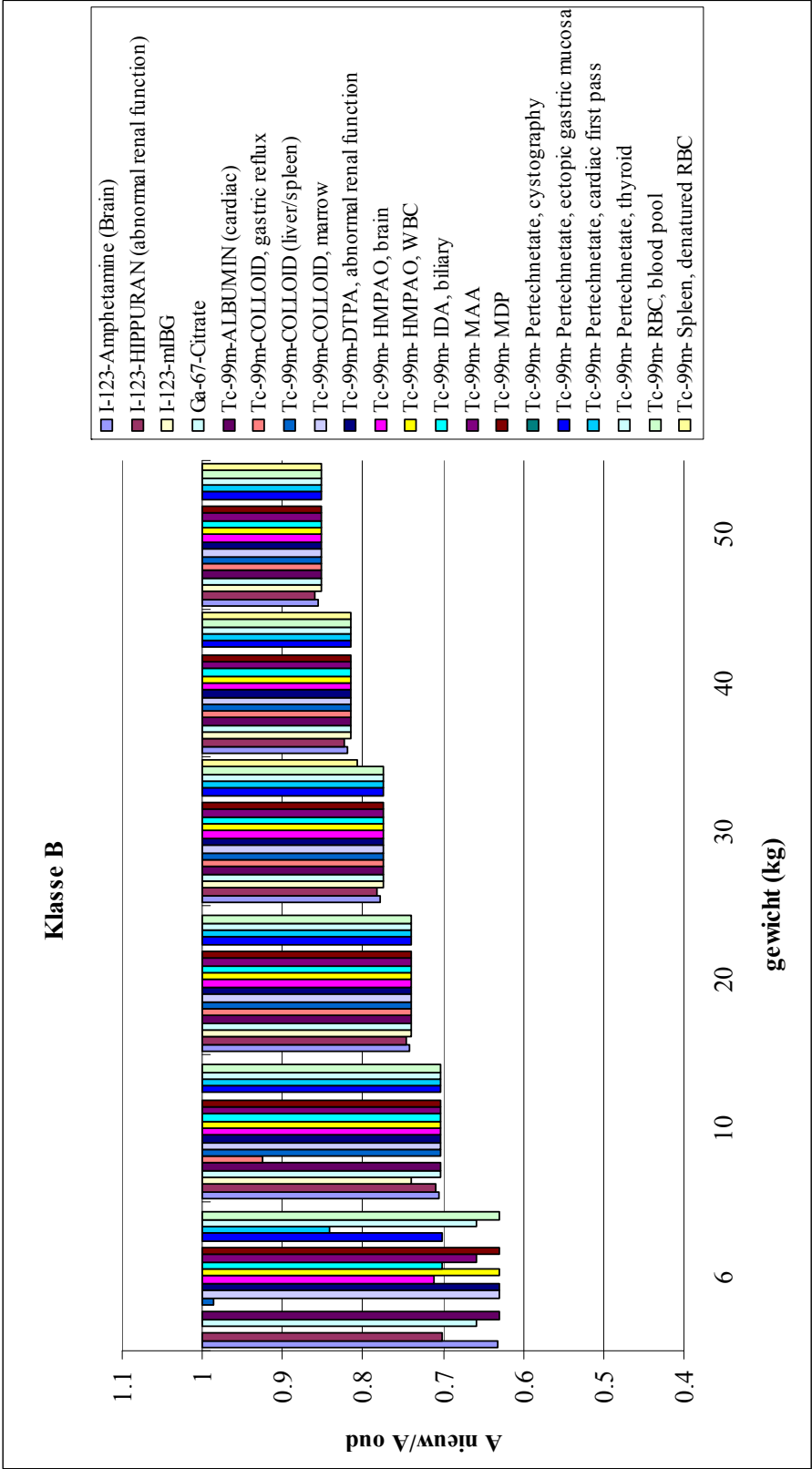
In Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5 worden achtereenvolgens resultaten weergegeven van de preparaten van klasse A, B en C. Om een goede vergelijking te maken tussen de verschillende preparaten is de verhouding tussen de nieuwe berekende hoeveelheid activiteit en de oude berekende hoeveelheid activiteit weergegeven. Onderstaande drie figuren geven dus geen informatie over de daadwerkelijke dosering. Voor de preparaten die vallen in klasse A zijn de resultaten weergegeven in Figuur 3.



*Figuur 3 Vergelijking van de hoeveelheid activiteit volgens oude en nieuwe methode (als Act nieuw/Act oud) voor preparaten van klasse A.*

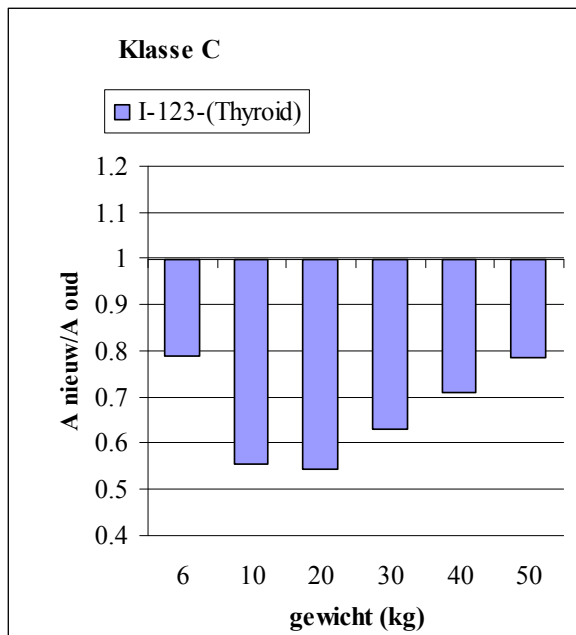
Figuur 3 laat zien dat voor de preparaten in klasse A voor de gewichten tot ongeveer 30 kg er meer activiteit wordt toegediend volgens de nieuwe methode dan volgens de oude methode. Voor de gewichtsklassen boven de 40 kg is een kleine daling van de dosering te zien.

Voor de preparaten in klasse B zijn de resultaten weergegeven in Figuur 4. Voor de preparaten in klasse B is de nieuwe berekende activiteit in alle gevallen lager dan volgens de oude methode. De verhouding van oude en nieuwe activiteit is bij een gewichtsklasse van 6 kg wisselend per preparaat. Voor de andere gewichtsklassen is deze verhouding voor de verschillende preparaten ongeveer gelijk en neemt licht af bij hoger lichaamsgewicht.



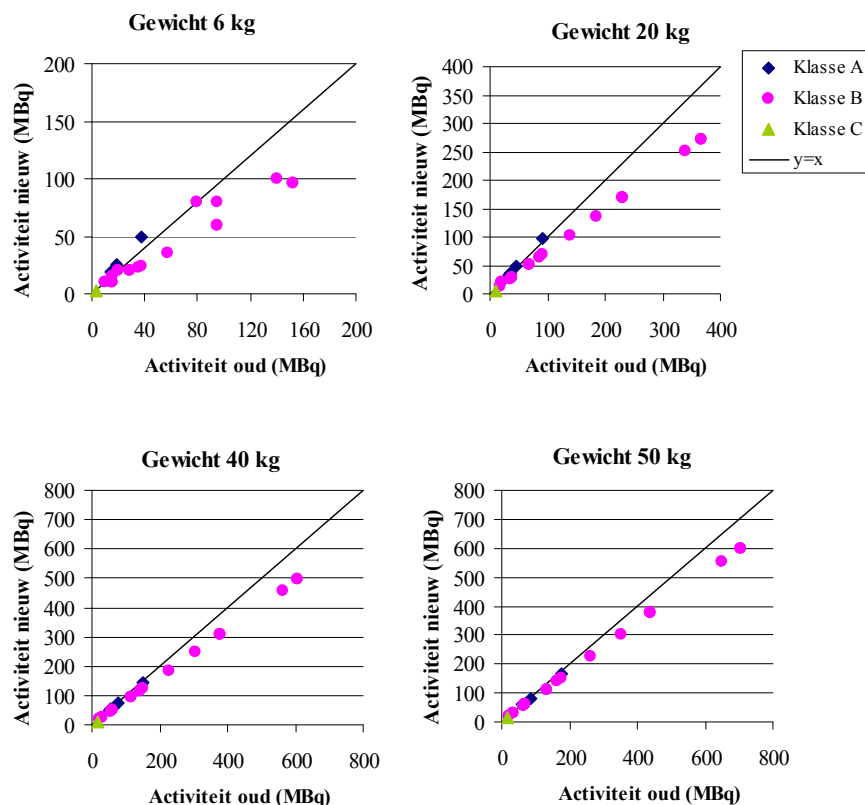
*Figuur 4 Vergelijking van de hoeveelheid activiteit volgens oude en nieuwe methode (als  $\text{Act nieuw} / \text{Act oud}$ ) voor preparaten van klasse B.*

Voor de klasse C onderzoeken komt voor een vergelijking alleen het prepraat I-131 voor schildklieronderzoek in aanmerking omdat voor de andere preparaten in de klasse C geen vergelijkende waarden beschikbaar zijn voor volwassenen in het artikel van de EANM uit 1990 [4]. Voor het I-131 geldt dat er voor alle gewichtsklassen een reductie is van de toegediende activiteit ten opzichte van de oude methode.



*Figuur 5 Vergelijking van de hoeveelheid activiteit volgens oude en nieuwe methode (als Act nieuw/Act oud) voor preparaten van klasse C.*

Omdat de dosering erg verschilt per radiofarmacon zijn in Figuur 6 de hoeveelheden activiteit volgens de nieuwe methode uitgezet tegen de oude berekende hoeveelheid voor een aantal gewichtsklassen. Ook Figuur 6 laat zien dat de dosering volgens de nieuwe methode over het algemeen genomen gelijk of lager is dan de hoeveelheid activiteit die volgens de oude methode wordt toegediend. Bij de preparaten in klasse A is de toegediende activiteit bij gebruik van de nieuwe methode bij de lagere gewichtsklassen hoger dan volgens de oude methode. De toegediende activiteit ligt in die gevallen onder de 100 MBq. Dit zijn relatief lage doseringen.



Figuur 6 Hoeveelheden toegediende activiteit nieuwe dosering uitgezet tegen de oude dosering voor vier verschillende gewichtsklassen. Let op de verschillen in schaal op de x-assen en de y-assen.

### 3.6

#### Effectieve dosis

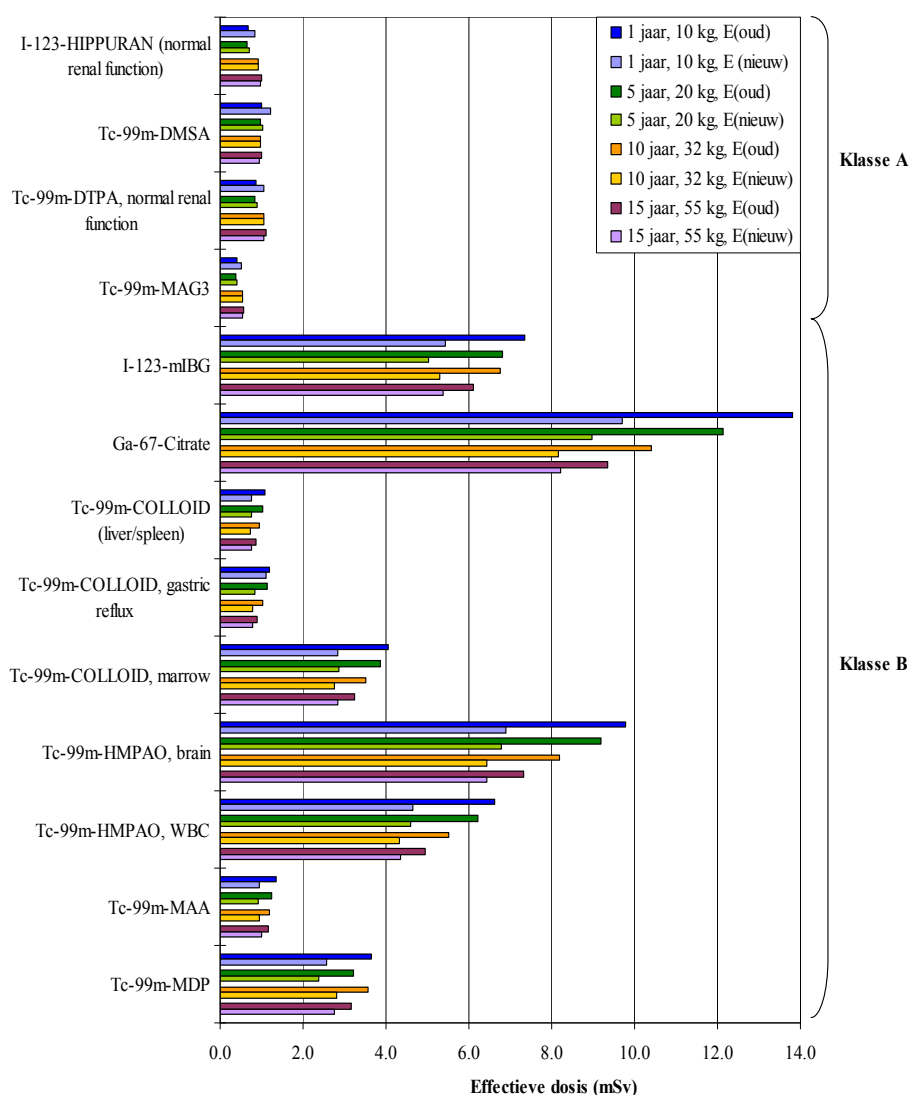
De effectieve dosis bij een nucleair geneeskundig onderzoek is afhankelijk van de dosering en het radiofarmacon. In ICRP 53 [11] en ICRP 80 [12] zijn voor radiofarmaca dosisconversiefactoren beschikbaar, een deel van deze gegevens is opgenomen in [1]. Met deze dosisconversiecoëfficiënt (DCC) is het mogelijk om de toegediende hoeveelheid activiteit om te rekenen in een effectieve dosis voor de individuele patiënt. Er zijn naast de conversiefactoren voor volwassenen voor bepaalde radiofarmaca ook DCC's voor de leeftijden 1 jaar, 5 jaar, 10 jaar en 15 jaar eigen conversiefactoren beschikbaar. Voor de radiofarmaca die zijn opgenomen in de lijst met DCC's in [1] en waarvoor ook DCC's voor de kinderen beschikbaar zijn, is in dit rapport een vergelijking gemaakt tussen de effectieve dosis bij de berekening van de doseringen volgens de oude en nieuwe methode.

De DCC's zijn gedefinieerd per leeftijd. De berekening van de dosering gebeurt op basis van lichaamsgewicht. In Tabel 2 zijn de koppelingen tussen leeftijd en lichaamsgewicht opgenomen uit [5] zoals gebruikt voor de berekeningen van de effectieve dosis.

Tabel 2 Koppeling leeftijd en gewicht

Leeftijd (jaar)	Gewicht (kg)
1	10
5	20
10	32
15	55

Voor kinderen met een leeftijd van 1 jaar en ongeveer 10 kg is een vermindering van de effectieve dosis te bereiken door de nieuwe rekenmethode toe te passen voor de preparaten in klasse B. Dit geldt ook voor de kinderen van andere leeftijden. De vermindering van de effectieve dosis neemt af bij toenemende leeftijd, zie Figuur 7. In Figuur 7 is het preparaat van klasse C niet opgenomen omdat hiervoor geen DCC's beschikbaar zijn in de Aanbevelingen [1] voor de gebruikte leeftijden.



Figuur 7 Effectieve doses volgens oude en nieuwe methode

In Tabel 3 zijn de absolute en relatieve verschillen van de effectieve doses opgenomen.

*Tabel 3 Variatie in effectieve dosis (nieuw ten opzicht van oud) voor verschillende klassen van preparaten per leeftijd*

Leef tijd	Gewicht	Klasse A		Klasse B	
		Absoluut (mSv)	Relatief	Absoluut (mSv)	Relatief
1	10	+0,09 tot +0,22	+22,2 tot +22,6 %	-0,09 tot -4,1	-7,4 tot -29,7%
5	20	+0,02 tot +0,06	+6,4 tot +6,9 %	-0,3 tot -3,2	-26,0 %
10	32	-0,01	-1,0 tot -1,4 %	-0,2 tot -2,2	-21,5 %
15	55	-0,03 tot -0,06	-5,2 tot -5,6 %	-0,1 tot -1,1	-12,2 %

Voor de preparaten in klasse A en voor jongere kinderen geldt dat er volgens de nieuwe methode een hogere effectieve dosis per onderzoek is dan bij gebruik van de oude methode. Deze toename is echter gering, zie Figuur 7. Voor de preparaten van klasse B wordt voor alle hier berekende preparaten een reductie van de effectieve dosis gezien ten opzicht van de effectieve dosis volgens de oude methode.





## 4 Conclusies en discussie

### 4.1 Conclusies

Nucleair geneeskundig onderzoek bij kinderen wordt veelal uitgevoerd naar aanleiding van congenitale afwijkingen of bij de verdenking op of de aanwezigheid van oncologische aandoeningen. De meest frequent uitgevoerde onderzoeken zijn onderzoeken van de urinewegen. Deze onderzoeken zijn relatief eenvoudig uit te voeren en kunnen op alle afdelingen nucleaire geneeskunde worden gedaan. Onderzoeken van de urinewegen hebben ook een relatief lage effectieve dosis per onderzoek. De meer complexe onderzoeken vinden over het algemeen plaats in de academische en grotere algemene ziekenhuizen. In enkele van deze academische instellingen worden ook nucleaire behandelingen bij kinderen uitgevoerd. De frequentie van deze behandelingen is echter laag.

In de praktijk wordt door de meeste instellingen de Aanbevelingen [1] gehanteerd als een soort veldstandaard. In de Aanbevelingen is ook een doseringsschema voor kinderen vastgesteld. Dit doseringsschema is overgenomen van de richtlijn van de EANM [4]. De EANM heeft na verschijnen van de laatste versie van de Aanbevelingen een nieuwere versie van de dosiskaart uitgebracht met wijzigingen in de rekenmethode. Het gebruik van deze nieuwe dosiskaart leidt tot andere doseringen dan bij het gebruik van de oude rekenmethode. Het algemene beeld dat ontstaat bij navraag bij diverse afdelingen nucleaire geneeskunde is dat men wel bekend is met de nieuwe rekenmethode maar deze nog niet in de praktijk toepast.

Gebruik van de nieuwe rekenmethode zoals voorgesteld in het artikel van de EANM uit 2008 [9] leidt tot een reductie van de effectieve dosis voor de preparaten van klasse B ten opzicht van de oude methode. Voor preparaten van klasse A geldt dat de nieuwe methode een hogere effectieve dosis geeft dan volgens de oude methode. Deze stijging van de effectieve dosis is echter gering mede omdat de toegediende dosering in deze klasse nooit groter is dan 100 MBq.

### 4.2 Discussie

De Aanbevelingen [1] worden op veel afdelingen als veldstandaard gebruikt maar de laatste versie van dit boek is verschenen voor het uitbrengen van de nieuwe rekenmethode. In de Aanbevelingen [1] is de oude rekenmethode opgenomen. De laatst uitgekomen Aanbevelingen dateert uit 2007 en er wordt gestreefd naar een vijfjaarlijkse herziening.

De oude rekenmethode is gebaseerd op de dosering van een "standaard volwassene". Aangenomen kan worden dat nucleair geneeskundig medewerkers vertrouwd zijn met deze standaarddosering. Het gebruik van de baselineactiviteit in de nieuwe rekenmethode gaat uit van een dosering bij een patiënt van 3 kg. De nucleair geneeskundig medewerkers zullen vertrouwd moeten raken met deze getallen.

Voor beide rekenmethodes moeten twee tabellen worden geraadpleegd. Voor de oude methode zijn dit de omrekentabel (zie Tabel 6) en een tabel met doseringen bij een "standaard volwassene". Voor de nieuwe rekenmethode zijn de tabellen nodig zoals opgenomen in Figuur 8 en Figuur 9 van de Bijlage. De nieuwe rekenmethode heeft een extra factor ten opzichte van de oude methode.

Bij het berekenen van de dosering bij kinderen volgens de oude methode kan op eenvoudige wijze afgeweken worden van de standaarddosering bij volwassen zoals vastgesteld door de EANM. De standaarddosering kan worden vervangen door een lokaal of nationaal vastgestelde waarde voor een volwassene. Er is in de nieuwe rekenmethode niet voorzien in het aanpassen van de baselineactiviteit per ziekenhuis of per land.

## Lijst van afkortingen

CT	Computer Tomografie
DCC	dosisconversie-coëfficiënt
DMSA	dimercaptosuccine acid
EANM	European Association of Nuclear Medicine
FDG	Fludeoxyglucose
GFR	Glomerulaire filtratie snelheid
LSO	Laboratorium voor Stralingsonderzoek
MIBG	meta-iodobenzylguanidine
MRI	Magnetic Resonance Imaging
NVNG	Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde
PET	Positron Emissie Tomografie
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
VUR	Vesico-ureterale reflux



## Literatuur

1. Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde 2007, Commissie Kwaliteitsbevordering van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde Eindred. P.C. Barneveld en P. van URk, april 2007.
2. AD Mohangoo, SE Buitendijk, TNO kwaliteit van leven, Aangeboren afwijkingen in Nederland 1997-2007.
3. JAJ Camps, WJM van den Broek e. a. (red) Leerboek nucleaire geneeskunde, Maarssen 1999
4. Pediatric Task Group EANM, A. Piepsz, K.Hahn et al., A radiopharmaceuticals schedule for imaging in paediatrics, Eur J Nucl Med (1990) 17:127-129.
5. F.Jacobs, H Thierens et al., Optimised tracer-dependent dosage cards to obtain weight-independent effective dose, Eur J Nucl Med Mol Imaging (2005) 32:581-588.
6. EANM Dosimetry and Pediatrics Committees, M. Lassmann, L. Biassoni et al., The new EANM pediatric dosage card, Eur J Nucl Med Mol Imaging (2007) 34:796-798.
7. S.Holm, Borgwardt et al, Pediatric doses- a critical appraisal of the EANM pediatric dosage card, Eur J Nucl Med Mol Imaging (2007) 34:1713-1718.
8. V.Warbey, P.Schleyer et al., The new pediatric dosage card- does it confirm to ALARA for PET/CT?, Eur J Nucl Med Mol Imaging (2007) 34:1881-1882.
9. M.Lassmann, L.Biassoni et al, The new EANM pediatric dosage card: additional notes with respect to F-18. Eur J Nucl Med Mol Imaging (2008) 35:1666-1668.
10. I.R. de Waard. P. Stoop, Nuclidengebruik en doseringen bij nucleair geneeskundig onderzoek-inventarisatie van gegevens 2008, RIVM-rapport 300080005, 2010
11. ICRP, 1988. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53. Ann. ICRP 18 (1-4).
12. ICRP, 1998. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals (Addendum to ICRP Publication 53). ICRP Publication 80. Ann. ICRP 28 (3).



## Bijlage 1 Indicaties bij nucleaire onderzoeken en therapie bij kinderen

*Tabel 4 Indicaties bij nucleair geneeskundige onderzoeken bij kinderen*

Onderzoek	Richtlijn EANM	Aanbevelingen [1]
Skeletscintigrafie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– onderzoek infecties of ontstekingen</li> <li>– bottumoren</li> <li>– aseptische necrose</li> <li>– traumatische botziekte</li> <li>– Sudeck's atrofie</li> <li>– botsintigrafie als geleide voor een operatie</li> <li>– botdysplasie</li> <li>– pijn mogelijk door botafwijking</li> <li>– pijn in ledematen of rug</li> <li>– weigering tot gebruik van een van de ledematen</li> <li>– koorts zonder duidelijke afkomst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– screening bij maligne tumoren</li> <li>– stadiëring bij maligne aandoeningen en pijnklachten</li> <li>– metabole botziekten</li> <li>– benigne botaandoeningen</li> <li>– bottumoren, stadiëring en screening</li> <li>– orthopedische gerelateerde aandoeningen</li> <li>– traumatisch gerelateerde aandoeningen</li> </ul>
Nierscintigrafie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– detectie van parenchymafwijking en</li> <li>– detectie van renale complicaties zes maanden na een acute infectie</li> <li>– detectie van acute pyelonefritis</li> <li>– detectie van aangeboren afwijkingen; abnormale duplex nier, kleine nier, dysplastisch weefsel</li> <li>– detectie van hoefijzernier</li> <li>– detectie van ectopische nier</li> <li>– bevestiging van non-functionele multicysteuze nier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– aantonen van littekens bij patiënten met reflux of steenlijden</li> <li>– verdenking acute pyelonefritis</li> <li>– diagnostiek nierinfarct of ruimte-innemend proces</li> <li>– dysplastisch weefsel</li> <li>– hoefijzernier</li> <li>– zichtbaar maken ectopische nier</li> </ul>



Glomerulaire filtratie snelheid (GFR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– evaluatie en vervolging van de nierfunctie bij chronische glomerulus pathologie</li> <li>– evaluatie en vervolging van de effecten van chemotherapie of medicijnen op de nieren</li> <li>– bepalen van eenzijdige GFR bij uni- of bilaterale hydronefrose, urineweginfecties (met of zonder vesico-ureterale reflux), pre- en postoperatieve vervolging of aangeboren afwijkingen zoals; kleine nier, eenzijdige nier, dubbele nier, ureterale kleppen</li> <li>– verdenking op nierbeschadigingen zelfs wanneer de plasma creatinine als normaal wordt beschouwd.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wanneer een nauwkeurige absolute maat van de nierfunctie gewenst is, bijvoorbeeld bij de bestudering van de invloed van medicijnen</li> </ul>
Indirecte radionuclide cystografie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– detectie en vervolging van vesico-ureterale reflux bij zindelijke kinderen</li> <li>– onderzoeken van het effect van een volle en lege blaas op de drainage van een gedilateerd bovenliggend urinesysteem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– opsporen van vesico-ureterale reflux (VUR) bij patiënten met recidiverende urineweginfecties, nierafwijkingen en neurologische aandoeningen.</li> <li>– follow-up van patiënten met VUR</li> </ul>
Directe radionuclide	<ul style="list-style-type: none"> <li>– detectie van vesico-ureterale reflux na urineweginfectie</li> <li>– vervolgonderzoek bij kinderen met</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– opsporen van vesico-ureterale reflux (VUR) bij patiënten met recidiverende urineweginfecties, nierafwijkingen en</li> </ul>

	<p>bekende vesico-ureterale reflux tijdens profylactische behandeling met antibiotica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– onderzoeken van de resultaten van endoscopisch of chirurgisch ingrijpen</li> <li>– screenen van broers/zussen van kinderen of ouders met bewezen vesico-ureterale reflux.</li> </ul>	<p>neurologische aandoeningen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– follow-up van patiënten met VUR</li> </ul>
Renografie eventueel met diuretica	<ul style="list-style-type: none"> <li>– alle uropathieën die vragen om een evaluatie van de individuele nierfunctie voor diagnose, tijdens de verschillende fasen van chirurgisch of conservatieve behandeling of voor de evaluatie van de drainagefunctie</li> <li>– bij bestaande dilatatie van het verzamelsysteem, de standaard renografie dient te worden uitgebreid met een renografie met diuretica</li> <li>– voorafgaand indirect radionuclide cystografie</li> <li>– evaluatie van aanhoudende systemische hypertensie, bij verdenking op renovasculaire aandoening dan kan het gebruik van Captopril worden toegepast.</li> <li>– trauma van de nieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– meting van gescheiden nierfunctie</li> <li>– diagnostiek bij vermoeden urinewegobstructie</li> <li>– controle evt. complicaties bij niertransplantatie</li> <li>– diagnostiek onbekende oorzaak nierfunctie verslechtering</li> <li>– verdenking nierarteriostenose (CT of MRI is meest aangewezen methode)</li> <li>– als alternatief voor IVU-onderzoek bij jodiumovergevoeligheid</li> <li>– detectie van nierschade na lithotripsie</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vervolging van niertransplantatie, hierbij wordt de dosering vermindert en een snelle acquisitie is vereist</li> </ul>	
MIBG-scintigrafie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bevestiging van neuro-ectodermale tumoren waaronder neuroblastoom, feochromocytoom en ganglioneuroom</li> <li>– bepalen van de status van de ziekte</li> <li>– vervolging van een neuroblastoom bij chemotherapie</li> <li>– pre- en postoperatieve evaluatie chirurgie van een primaire tumor</li> <li>– vervolging na behandeling ter uitsluiting van subklinisch recidief, voornamelijk bij beenmerg en bij klinische abnormaliteiten tijdens vervolging zoals botpijnen</li> <li>– voorafgaand aan MIBG-therapie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– detectie van tumoren uit neurale lijst waaronder feochromocytoom, paraganglioom, neuroblastoom</li> <li>– carcinoïd en medullair schildkliercarcinoom; ter evaluatie therapie met MIBG</li> <li>– inventarisatie van MIBG-opneming bij andere tumoren</li> <li>– functieonderzoek van het bijniermerg, myocard, longen en speekselklieren.</li> </ul>
Longscintigrafie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– primaire afwijkingen van de long of longvaten</li> <li>– congenitale afwijkingen van het hart en grote bloedvaten pre- en postoperatief</li> <li>– infectieuze of postinfectieuze longschade</li> <li>– evaluatie van regionale longfunctie bij bronchiëctasieën</li> <li>– evaluatie van postoperatieve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– longembolie</li> <li>– controle na herstel na doorgemaakte longembolie</li> <li>– (partiële) afsluiting van a. pulmonalis bij congenitale hartafwijkingen voor en na chirurgie</li> <li>– beoordeling van de regionale verdeling van functionerend longweefsel voor oncologische pulmonale chirurgie, longvolumechirurgie en (hart) longtransplantatie en voor grote thoracale chirurgie</li> </ul>

	<p>regionale longfunctie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– cystic fibrosis</li> <li>– inhalatie van lichaamsvreemd materiaal</li> <li>– detectie en meting van rechts-links shunts</li> </ul> <p>Minder frequente indicatie of nog experimentele indicaties:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– verdenking op longembolisaties</li> <li>– verdenking op afwijkingen van de mucociliaire functie</li> <li>– evaluatie van longtoxiciteit</li> <li>– evaluatie van aerosoldepositie voor het toedienen van medicijnen in de vorm van verneveling</li> </ul>	
18F-FDG-PET	<ul style="list-style-type: none"> <li>– lymfomen (Non-Hodgkin en Hodgkin); stadiëring, therapierespons, herstadiëring, onderzoeken van achtergebleven inhoud na therapie, plannen van een radiotherapiebehandeling</li> <li>– sarcomen (osteosarcoom, Ewing's sarcoom, weke delen sarcoom, voornamelijk rhabdomyosarcoom); stadiëring, therapierespons, herstadiëring, detectie van recidief</li> <li>– neuroblastoom, in gevallen waarbij de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– diagnose onbekende maligniteit</li> <li>– stadiëring bij presentatie met maligniteit</li> <li>– respons evaluatie</li> <li>– restadiëringsonderzoek bij recidief</li> </ul>

	<p>MIBG-scintigrafie negatief is of PET met specifieke tumorzoekers voor het sympatisch zenuwstelsel.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tumoren van het centrale zenuwstelsel, gradering, vaststellen prognose, therapierespons, detectie van herhaling, plannen van radiotherapiebehandeling.</li> </ul> <p>Minder frequent gelden de volgende indicaties:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– evaluatie van kiemceltumoren, leverblastomen, Wilms tumoren, maligniteiten van onbekende primaire aard, neurofibromatosis type 1 voor maligniteit verdachte verandering van een neurofibroom</li> </ul>	
Slokdarmscintigrafie		<ul style="list-style-type: none"> <li>– primaire slokdarmmotiliteitsstoornissen</li> <li>– secundaire slokdarmmotiliteitsstoornissen</li> <li>– gastro-oesofageale reflux, primair of na anti-reflux-behandeling</li> </ul>
Scintigrafie (ectopisch) maagslijmvlies		<ul style="list-style-type: none"> <li>– occult of acuut intestinaal bloedverlies per anum</li> <li>– onverklaarbare buikklachten</li> </ul>
Galliumscintigrafie		<ul style="list-style-type: none"> <li>– cardiale sarcoïdose</li> <li>– infectielokalisatie nieren</li> <li>– febris e.c.i. bij onbekende focus bij negatieve PET</li> </ul> <p>Indien men niet beschikt over PET dan ook voor:</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– tumordetectie, staging, follow-up en restaging van maligne lymfomen (Hodgkin, Non-Hodgkin, Burkitt- en nodulair histiocytair lymfoom) en het weke-delen-sarcoom.</li> <li>– diagnostiek en controle van chronische interstitiële longafwijkingen</li> <li>– infectielokalisatie bij onbekend focus</li> </ul>
Regionale hersendoorbloeding		<ul style="list-style-type: none"> <li>– aantonen van hersenischemie in eerste 24 uur</li> <li>– prognose t.a.v. overleving na doorgemaakt CVA</li> <li>– focuslokalisatie bij complexe partiële epilepsie</li> <li>– differentiaal diagnostiek bij dementie (niet van toepassing bij kinderen)</li> <li>– vaatspasmen na subarchnoïdale bloeding</li> <li>– aantonen hersendood</li> <li>– hersentraum</li> </ul>
Schildklier-scintigrafie		<ul style="list-style-type: none"> <li>– differentiatie van de oorzaak van thyreootoxicose op basis van verhoogde of verminderde opname van radiofarmacon, diffuus danwel (multi)focaal</li> <li>– bepaling van de functie van palpabele afwijkingen in de schildklier (diffuus struma, multinodulair struma, solitaire nodus) waardoor een indruk wordt verkregen over de aard van de afwijkingen.</li> <li>– bepaling van de functionele massa van de schildklier, ondermeer ten behoeve van de dosisberekening bij I-131-therapie</li> <li>– bepaling van de omvang en uitbreiding van een struma</li> <li>– aantonen of uitsluiting van ectopisch schildklierweefsel</li> <li>– differentiële diagnostiek bij</li> </ul>

		congenitale hypothyreoïdie (agenesie, descensusstoornis, dysmogenese)
Lever-miltscintigrafie		<ul style="list-style-type: none"> <li>– differentiatie tussen focale nodulaire hyperplasie, hemangiomen en leveradenoom.</li> <li>– Semi-kwantitatieve beoordeling van de RES-functie en functieverdeling tussen lever, milt en beenmerg, wanneer bv wordt gedacht aan een parenchymateuze leverziekte (cirrhose, portale hypertensie, hepatitis)</li> <li>– aantonen miltinfarct of bijmiltlokalisatie</li> </ul>
Miltscintigrafie		<ul style="list-style-type: none"> <li>– verdenking miltruimte na stomp-buiktrauma</li> <li>– het opsporen van functionerend miltweefsel bij recidief idiopathische trombocytopenische purpura na splenectomie</li> <li>– evalueren van de functie van de milt na implantatie van miltweefsel</li> </ul>
Cholescintigrafie		<ul style="list-style-type: none"> <li>– bepaling van de totale en regionale leverfunctie</li> <li>– acute of chronische cholecystitis</li> <li>– verdenking obstructieve icterus</li> <li>– differentiële diagnostiek van neonatale icterus (hepatitis versus galgangatresie en andere congenitale afwijkingen van de galwegen)</li> <li>– differentiële biliaire dyskinesie: cystic-duct-syndroom en sfincter van Oddi spasme</li> <li>– klinische verdenking op gallige reflux naar de maag</li> <li>– klinische verdenking op gallekkage na galwegchirurgie</li> <li>– follow-up</li> </ul>

		<p>levertransplantatie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– differentiaaldiagnose van ruimte-innemende-processen (tumor, metastase, focale nodulaire hyperplasie en adenoom)</li> <li>– secundaire slokdarmmotiliteitsstoornissen</li> </ul>
Leukocytsenscintigrafie		<ul style="list-style-type: none"> <li>– verdenking op abces(sen) zonder lokalisatieaanduiding</li> <li>– sterke klinische verdenking op abces(sen) links boven in de buik of midden in de buik bij een normale CT-scan en echobelevindingen</li> <li>– follow-up bij colitis ulcerosa</li> <li>– follow-up bij Morbus Crohn</li> <li>– verdenking infectie gewrichtsprothese, niet/zelden van toepassing bij kinderen</li> <li>– verdenking infectie vaatprothese, niet/zelden van toepassing bij kinderen</li> <li>– als aanvulling op drie-fasen-skeletscintigrafie bij verdenking osteomyelitis</li> <li>– vaststellen van infectie van vochtcollecties, gevonden bij CT-scan of echografie-onderzoek</li> <li>– verdenking tunnelinfectie bij peritoniaaldialyse of shuntinfectie bij hemodialyse</li> <li>– koorts met onbekende oorzaak</li> </ul>
Hartscintigrafie		<p>Evaluatie van linkerventrikelpompfunctie bij hartziekten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dyspneu, differentiatie tussen cardiale en pulmonale oorzaken</li> <li>– Klepvitia; bepalen van de gevolgen van de aandoening op de hartfunctie en het vaststellen van het optimale moment van (risicolvol) ingrijpen.</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Congenitale hartziekten; bepalen van de gevolgen van de aandoening op de hartfunctie en het vaststellen van het optimale moment van (risicovol) ingrijpen.</li> <li>– Hartfalen; bepalen van de ernst en het beloop</li> </ul> <p>Evaluatie van linkerventrikelpompfunctie bij niet-cardiale aandoeningen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bij verdenking op cardiotoxiciteit</li> <li>– Pre-operatieve risicostratificatie bij niet-cardiale hoog-risico-operaties</li> </ul> <p>Evaluatie van rechterventrikelpompfunctie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Congenitale hartziekten</li> <li>– Mitralisinsufficiëntie: preoperatieve bepaling</li> <li>– Hart/longtransplantatie</li> </ul>
--	--	---

Tabel 5 Indicaties nucleaire therapie bij kinderen

Therapie	Richtlijn EANM	Aanbevelingen [1]
MIBG	<ul style="list-style-type: none"> <li>– inoperabel feochromocytoom</li> <li>– inoperabel paraganglioom</li> <li>– inoperabel carcinoïd tumoren</li> <li>– neuroblastoom met stagering III of IV</li> <li>– metastasen of recidief van medullair schildkliercarcinoom</li> </ul>	Geen (alleen MIBG-diagnostiek)
Schildklier	<ul style="list-style-type: none"> <li>– inoperabele lymkliermetastasen die jodium opnemen waarvan de herkomst onduidelijk is, of waarbij opereren niet kan</li> <li>– pulmonaire micrometastasen die jodium opnemen</li> <li>– inoperabel of deels inoperabele pulmonaire macrometastasen die jodium opnemen</li> <li>– inoperabel of deels inoperabele weke delen metastasen</li> </ul> <p>Als optionele indicaties worden ook gegeven:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– recidief lymkliermetastasen die jodium opnemen, als aanvulling op de chirurgie</li> <li>– inoperabele lymkliermetastasen die jodium opnemen waarvan de afmeting klein is of waarvan de uitbreiding groot is.</li> <li>– inoperabel of deels inoperabele botmetastasen</li> <li>– bewezen of verdacht van metastasen van gedifferentieerd schildkliercarcinoom, waarbij jodiumopname nog niet is aangetoond, vooral wanneer Tg detecteerbaar is of dalende</li> <li>– anaplastisch of slecht gedifferentieerd schildkliercarcinoom met goed gedifferentieerde gebieden of die Tg afgeven, vooral wanneer dit symptomatisch of progressief is.</li> </ul>	"Ook bij kinderen is behandeling met <sup>131</sup> I effectief en dient vooral bij longmetastasen te worden overwogen."



## Bijlage 2 Dosiskaart EANM

Tabel 6 Doseringsschema voor kinderen uit [1] naar voorbeeld [4]

<b>Gewicht (kg)</b>	<b>Fractie</b>	<b>Gewicht (kg)</b>	<b>Fractie</b>	<b>Gewicht (kg)</b>	<b>Fractie</b>
<b>3</b>	0,10	<b>22</b>	0,50	<b>42</b>	0,78
<b>4</b>	0,14	<b>24</b>	0,53	<b>44</b>	0,80
<b>6</b>	0,19	<b>26</b>	0,56	<b>46</b>	0,82
<b>8</b>	0,23	<b>28</b>	0,58	<b>48</b>	0,85
<b>10</b>	0,27	<b>30</b>	0,62	<b>50</b>	0,88
<b>12</b>	0,32	<b>32</b>	0,65	<b>52-54</b>	0,90
<b>14</b>	0,36	<b>34</b>	0,68	<b>56-58</b>	0,92
<b>16</b>	0,40	<b>36</b>	0,71	<b>60-62</b>	0,96
<b>18</b>	0,44	<b>38</b>	0,73	<b>64-66</b>	0,98
<b>20</b>	0,46	<b>40</b>	0,76	<b>68</b>	0,99

Tabel 7 Minimale dosering voor kinderen

<b>Radiofarmacon</b>	<b>Dosering (MBq)</b>	<b>Onderzoek</b>
Ga-67-citraat	10	Galliumscintigrafie
I-123-amfetamine (hersenen)	18	Hersenscintigrafie
I-123-hippuran	10	Renografie
I-123-jodide (schildklier)	3	Schildklierscintigrafie
I-123-MIBG	80	MIBG-scintigrafie
I-131-MIBG	35	MIBG-scintigrafie
Tc-99m-albumine (hart)	80	Hartscintigrafie
Tc-99m-colloïd (lever en milt)	15	Lever-miltscintigrafie
Tc-99m-colloïd (beenmerg)	20	Beenmergscintigrafie
Tc-99m-colloïd (maagreflux)	10	Maagreflux
Tc-99m-DTPA (nieren)	20	Renografie
Tc-99m-DMSA	15	Statische nierscintigrafie
Tc-99m-fosfonaat (MDP/HDP)	40	Skeletscintigrafie
Tc-99m-gedenatureerde erythrocyten (milt)	20	Miltscintigrafie
Tc-99m-HIDA (galwegen)	20	Galwegen
Tc-99m-HMPAO (hersenen)	100	Hersenen
Tc-99m-HMPAO (leukocyten)	40	Leucocytenscintigrafie
Tc-99m-MAA of microsferen	10	Longen
Tc-99m-MAG3	15	Renografie
Tc-99m-pertechnetaat (mictiecystoscintigrafie)	20	Radionuclide mictie-cystografie
Tc-99m-pertechnetaat (First-pass)	80	First-pass onderzoek
Tc-99m-pertechnetaat (Meckel's divertikel)	20	Meckel's divertikel
Tc-99m-pertechnetaat (schildklier)	10	Schildklierscintigrafie
Tc-99m-pertechnetaat (blood pool)	80	Blood pool onderzoek



## Dosage Card (Version 1.5.2008)

### Multiple of Baseline Activity

Weight kg	Class A	Class B	Class C	Weight kg	Class A	Class B	Class C
3	1	1	1	32	3.77	7.29	14.00
4	1.12	1.14	1.33	34	3.88	7.72	15.00
6	1.47	1.71	2.00	36	4.00	8.00	16.00
8	1.71	2.14	3.00	38	4.18	8.43	17.00
10	1.94	2.71	3.67	40	4.29	8.86	18.00
12	2.18	3.14	4.67	42	4.41	9.14	19.00
14	2.35	3.57	5.67	44	4.53	9.57	20.00
16	2.53	4.00	6.33	46	4.65	10.00	21.00
18	2.71	4.43	7.33	48	4.77	10.29	22.00
20	2.88	4.86	8.33	50	4.88	10.71	23.00
22	3.06	5.29	9.33	52-54	5.00	11.29	24.67
24	3.18	5.71	10.00	56-58	5.24	12.00	26.67
26	3.35	6.14	11.00	60-62	5.47	12.71	28.67
28	3.47	6.43	12.00	64-66	5.65	13.43	31.00
30	3.65	6.86	13.00	68	5.77	14.00	32.33

$$A[\text{MBq}]_{\text{Administered}} = \text{BaselineActivity} \times \text{Multiple}$$

- For a calculation of the administered activity, the *baseline* activity value has to be multiplied by the multiples given above for the recommended radiopharmaceutical class (see reverse).
- If the resulting activity is smaller than the minimum recommended activity, the minimum activity should be administered.
- The national diagnostic reference levels should not be exceeded!

#### Examples:

- $^{18}\text{F}$  FDG (WB 3D), 50 kg: activity to be administered  $[\text{MBq}] = 14.0 \times 10.71 [\text{MBq}] \approx 150 \text{ MBq}$
- $^{123}\text{I}$  mIBG, 3 kg: activity to be administered  $[\text{MBq}] = 28.0 \times 1 [\text{MBq}] = 28 \text{ MBq} < 80 \text{ MBq}$  (Minimum Recommended Activity)  
=> **activity to be administered: 80 MBq**
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$  HMPAO (Brain), 58 kg: activity to be administered  $[\text{MBq}] = 51.8 \times 12 [\text{MBq}] \approx 621 \text{ MBq}$   
This would e.g. exceed the German diagnostic reference level of 550 MBq  
=> **activity to be administered in Germany: 550 MBq**

This card is based upon the publication by Jacobs F, Thierens H, Piepsz A, Bacher K, Van de Wiele C, Ham H, Dierckx RA. Optimized tracer-dependent dosage cards to obtain weight-independent effective doses. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2005 May; 32(5):581-8.

This card summarizes the views of the Paediatric and Dosimetry Committees of the EANM and reflects recommendations for which the EANM cannot be held responsible.

The dosage recommendations should be taken in context of „good practice“ of nuclear medicine and do not substitute for national and international legal or regulatory provisions.

Figuur 8 Nieuwe doseringskaart EANM, factor naar klasse en gewicht.

### Recommended Amounts in MBq

Radiopharmaceutical	Class	Baseline Activity (for calculation purposes only)  MBq	Minimum Recommended Activity <sup>1</sup>  MBq
<sup>123</sup> I (Thyroid)	C	0.6	3
<sup>123</sup> I Amphetamine (Brain)	B	13.0	18
<sup>123</sup> I HIPURAN (Abnormal renal function)	B	5.3	10
<sup>123</sup> I HIPURAN (Normal renal function)	A	12.8	10
<sup>123</sup> I mIBG	B	28.0	80
<sup>131</sup> I mIBG	B	5.6	35
<sup>18</sup> F FDG (2D) <sup>4</sup>	B	25.9	26
<sup>18</sup> F FDG (3D), Recommended in children <sup>4</sup>	B	14.0	14
<sup>18</sup> F Fluorine (2D)	B	25.9	26
<sup>18</sup> F Fluorine (3D), Recommended in children	B	14.0	14
<sup>67</sup> Ga Citrate	B	5.6	10
<sup>99m</sup> Tc ALBUMIN (Cardiac)	B	56.0	80
<sup>99m</sup> Tc COLLOID (Gastric Reflux)	B	2.8	10
<sup>99m</sup> Tc COLLOID (Liver/Spleen)	B	5.6	15
<sup>99m</sup> Tc COLLOID (Marrow)	B	21.0	20
<sup>99m</sup> Tc DMSA	A	17.0	15
<sup>99m</sup> Tc DTPA (Abnormal renal function)	B	14.0	20
<sup>99m</sup> Tc DTPA (Normal renal function)	A	34.0	20
<sup>99m</sup> Tc ECD (Brain perfusion)	B	32.0	110
<sup>99m</sup> Tc HMPAO (Brain)	B	51.8	100
<sup>99m</sup> Tc HMPAO (WBC)	B	35.0	40
<sup>99m</sup> Tc IDA (Biliary)	B	10.5	20
<sup>99m</sup> Tc MAA / Microspheres	B	5.6	10
<sup>99m</sup> Tc MAG3	A	11.9	15
<sup>99m</sup> Tc MDP	B	35.0	40
<sup>99m</sup> Tc Pertechnetate (Cystography)	B	1.4	20
<sup>99m</sup> Tc Pertechnetate (Ectopic Gastric Mucosa)	B	10.5	20
<sup>99m</sup> Tc Pertechnetate (Cardiac First Pass)	B	35.0	80
<sup>99m</sup> Tc Pertechnetate (Thyroid)	B	5.6	10
<sup>99m</sup> Tc RBC (Blood Pool)	B	56.0	80
<sup>99m</sup> Tc SestaMIBI/Tetrofosmin (Cancer seeking agent)	B	63.0	80
<sup>99m</sup> Tc SestaMIBI/Tetrofosmin <sup>2</sup> (Cardiac rest scan 2-day protocol min)	B	42.0	80
<sup>99m</sup> Tc SestaMIBI/Tetrofosmin <sup>2</sup> (Cardiac rest scan 2-day protocol max)	B	63.0	80
<sup>99m</sup> Tc SestaMIBI/Tetrofosmin <sup>2</sup> (Cardiac stress scan 2-day protocol min)	B	42.0	80
<sup>99m</sup> Tc SestaMIBI/Tetrofosmin <sup>2</sup> (Cardiac stress scan 2-day protocol max)	B	63.0	80
<sup>99m</sup> Tc SestaMIBI/Tetrofosmin <sup>2</sup> (Cardiac rest scan 1-day protocol)	B	28.0	80
<sup>99m</sup> Tc SestaMIBI/Tetrofosmin <sup>2</sup> (Cardiac stress scan 1-day protocol)	B	84.0	80
<sup>99m</sup> Tc Spleen (Denatured RBC)	B	2.8	20
<sup>99</sup> Tc TECHNEGAS (Lung ventilation) <sup>3</sup>	B	70.0	100

<sup>1</sup> The minimum recommended activities are calculated for commonly used gamma cameras or positron emission tomographs. Lower activities could be administered when using systems with higher counting efficiency.

<sup>2</sup> The minimum and maximum values correspond to the recommended administered activities in the EANM/ESC procedural guidelines (Hesse B, Tajiri K, Cuocolo A, et al). EANM/ESC procedural guidelines for myocardial perfusion imaging in nuclear Cardiology. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2005 Jul;32(7):855-97.

<sup>3</sup> This is the activity load needed to prepare the Technegas device. The amount of inhaled activity will be lower.

<sup>4</sup> For brain imaging using FDG the maximum injected activity recommended by the EANM is within the range of 300-600 MBq (typically 370 MBq) for 2D and 125-250 MBq (typically 150 MBq) for 3D. See guideline "Brain Imaging using [<sup>18</sup>F]FDG" on [www.eanm.org](http://www.eanm.org) (section "Publications --> Guidelines").

**Figuur 9 Nieuwe doseringskaart EANM, baselineactiviteit en minimale activiteit**

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)