



Kennisnotitie

Diagnostische referentieniveaus en populatiedosis: Literatuurstudie en praktijkvoorbeelden

Ioniserende straling wordt in de geneeskunde gebruikt voor diagnostiek en behandeling van ziekten, zoals kanker en hart- en vaatziekten. Hoewel patiënten hiermee een groot klinisch voordeel hebben, brengt het ook risico's met zich mee, zoals een verhoogde kans op kanker. De stralingsdosis moet daarom zo laag als redelijkerwijs mogelijk zijn [1]. Het monitoren van de stralingsbelasting is essentieel voor het blijven optimaliseren van de stralingsdosis en het proces van rechtvaardiging in medisch beeldvorming.

Het IAEA, de ICRP en de Europese Commissie geven richtlijnen voor het monitoren van de stralingsdosis [1-4]. Dit omvat het registreren van stralingsdoses en het verzamelen van blootstellingsgegevens op instellingsniveau, lokaal niveau en (inter)nationaal niveau. Het monitoren en optimaliseren van de stralingsdosis wordt gedaan door 'het toepassen van Diagnostische referentieniveaus (DRN's)' en 'het schatten van een populatiedosis en het volgen van de trend hierin' [1]. Dit is vastgelegd in het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs) in Artikel 8.3 en Artikel 8.13 [5]. Deze zijn een implementatie van Artikelen 56 en 64 uit de Basic Safety Standards Directive 2013/59/EURATOM [6].

Tussen 2002 en 2018 schatte het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) jaarlijks de gemiddelde stralingsblootstelling per inwoner van Nederland [7, 8]. DRN's werden voor volwassenen in Nederland eenmalig in 2012 vastgelegd door de Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie (NCS) [9]. In 2024 zijn (nieuwe) DRN's voor kinderen vastgesteld [10]. Onderzoek van het RIVM toont aan dat de beschikbare dosisgegevens voor volwassenen niet langer aansluiten bij de huidige praktijk [8]. De jaarlijkse RIVM-analyse van de frequentiedata toont aan dat het aantal onderzoeken blijft stijgen en het aantal CT-onderzoeken verviervoudigd is tussen 2002 en 2018 [7]. Welke invloed dit heeft op de blootstelling van de Nederlandse bevolking is door het ontbreken van actuele dosisgegevens onduidelijk. Medische handelingen hebben wel het grootste aandeel in de blootstelling van de bevolking door kunstmatige bronnen van ioniserende straling [2, 11, 12].

Het RIVM en de wetenschappelijke verenigingen van de betrokken professionals hebben het Ministerie van Volksgezondheid Welzijn en Sport (VWS) aanbevolen om de methode voor het vaststellen, herzien en vergelijken van DRN's en de methode voor het schatten van de dosis voor Nederlandse (sub)populaties te herzien. Dat is in lijn met de aanbeveling van de IRRS-missie van het IAEA uit 2023 [13]. Een initiatief hiervoor is het project 'Medical Ionising Radiation Exposure in the Netherlands' (MIREN), dat zich richt op het automatisch en structureel verzamelen van dosis- en frequentiegegevens van medische stralingstoepassingen. Het doel is om regelmatig de DRN's te herzien en de blootstelling van populaties te schatten.

Met deze kennisnotitie geeft het RIVM een beeld van de internationale stand van zaken in het verzamelen van dosisgegevens, het vaststellen en herzien van DRN's en het vaststellen van een populatiedosis. De kennisnotitie is een voorbereiding op en een naslagwerk voor het project MIREN.

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 088 689 89 89

Auteurs:

Leontine Boudewijns
Marloes Velsma
Sanne Palstra

Centrum:

Veiligheid

Contact:

Leontine Boudewijns
leontine.boudewijns@rivm.nl

Kenmerk:

KN-2025-0108

DOI:

10.21945/RIVM-
KN-2025-0108

Datum:

06-11-2025

Landelijke organisatiestructuur blootstellingsmonitoring

Het monitoren van de blootstelling van (groepen)patiënten op nationaal niveau vereist veel middelen en expertise op verschillende gebieden, zoals radiologie, nucleaire geneeskunde, dosimetrie, publieke gezondheidszorg, statistiek en projectmanagement [1, 3]. Betrokkenheid van het ministerie van VWS en de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) is essentieel voor draagvlak, wet- en regelgeving, en uitvoering [3]. De minister van VWS is verantwoordelijk voor de stralingsbescherming van patiënten, maar kan de uitvoering van de monitoring uitbesteden. ICRP-135 beveelt aan om verantwoordelijkheden in de wet vast te leggen [4].

Een monitoringscyclus (dataverzameling, -analyse en -rapportage) is een zich herhalende cyclus die ongeveer drie jaar kan duren [3]. Daarbij is een nationaal dosismanagementsysteem (DMS) van waarde, vooral als het aansluit op de dosismanagementsystemen van medische instellingen [1]. Het opzetten van een nationaal systeem vraagt samenwerking tussen sleutelorganisaties zoals het verantwoordelijke ministerie (VWS), de stralingsbeschermingsautoriteit (ANVS), medische instellingen, fabrikanten van de stralingsapparatuur en IT-leveranciers. Een stuurgroep met vertegenwoordigers van nationale organisaties (zoals beroeps- en wetenschappelijke verenigingen), zorginstellingen en IT-experts is nodig voor de implementatie en beheer van het nationale systeem, inclusief opleiding van gebruikers en borging van informatiebeveiliging en privacy [1]. In de uitvoering zijn beroeps- en wetenschappelijke verenigingen -die direct betrokken zijn bij de stralingsbescherming en blootstellingsmonitoring van patiënten- nodig voor de essentiële praktijkkennis. Binnen een medische instelling is een verantwoordelijkheidsstructuur nodig, waarbij een team van o.a. klinisch fysici, medisch specialisten, IT/PACS specialisten en MBB'ers betrokken is. Alle betrokkenen dienen een goede training te hebben.

Diagnostische referentieniveaus

Zorginstellingen gebruiken DRN's om het optimalisatieproces te ondersteunen. Hoewel er bij medische blootstelling geen wettelijke dosislimieten zijn voor ioniserende straling, geldt wel dat de stralingsdosis niet hoger mag zijn dan nodig is voor het beoogde resultaat. Een DRN is een vastgesteld niveau van de stralingsdosis die wordt toegepast voor standaardonderzoek op algemeen gedefinieerde soorten apparatuur bij groepen patiënten binnen een afgesproken gewichtsbereik [4]. Met DRN's kunnen zorginstellingen evalueren of de in routinematige omstandigheden gebruikte stralingsdosis voor radiodiagnostiek of interventieprocedures ongebruikelijk is. Bij continue overschrijding van de DRN kan een instelling onderzoeken of maatregelen nodig zijn. Het is nodig om DRN's elke 3 tot 5 jaar opnieuw vast te stellen om verdere optimalisatie te bevorderen en de aansluiting op de praktijk te behouden [4]. Bij substantiële veranderingen in technologie¹ kunnen DRN's ook op een eerder moment worden herzien.

Identificeren van onderzoeken

Het is belangrijk dat de onderzoeken en procedures waarvoor nationale DRN's bepaald worden representatief zijn voor de Nederlandse situatie. De aanbeveling uit [4, 14] is om voor alle in Nederland beschikbare modaliteiten een DRN te bepalen. Nu zijn enkel voor de modaliteiten conventionele radiologie, doorlichting, CT en interventie radiologie DRN's vastgesteld en niet voor nucleaire diagnostiek, beeldgestuurde radiotherapie en

¹ Het gaat om apparatuur, nieuwe beeldvormende protocollen of verbeterde beeldverbeteringstechnieken ('postprocessing') waardoor de mate van optimalisatie achterblijft bij de technologische vooruitgang die al is geboekt in de tussenliggende tijd.

mondzorg. Bij het selecteren van type onderzoeken moet rekening worden gehouden met procedures die vaak worden uitgevoerd of een hoge individuele en/of collectieve stralingsdosis hebben. Bij voorkeur worden onderzoeken gekozen waarvoor het bepalen van DRN's praktisch haalbaar is en de dosis eenvoudig meetbaar en beschikbaar is. DRN's moeten waar mogelijk vastgesteld worden op basis van klinische indicatie [4, 15, 16], omdat de gewenste beeldkwaliteit en de daarbij gebruikte stralingsdosis hiervan afhangt. Is dit niet haalbaar, dan volstaan ook DRN's op basis van de anatomische regio. Het is ook aanbevolen om aparte DRN's vast te stellen voor follow-up onderzoeken, aangezien patiënten hierbij cumulatief meer straling ontvangen [4]. Deze onderzoeken kunnen vaak met een lagere dosis worden uitgevoerd, wat lagere DRN's rechtvaardigt. Bij het vaststellen of controleren van DRN's is gestandaardiseerde en consistente naamgeving van klinische indicaties, onderzoeken en procedures essentieel. Ook is het belangrijk om gegevens te verzamelen over afzonderlijke series of opnamen binnen een onderzoek [4, 8, 16]. RP-195 adviseert om deze informatie altijd mee te leveren bij CT-dosisgegevens [16]. Daarnaast is zorgvuldige validatie en controle van data cruciaal [4, 14], waarbij AI kan ondersteunen, mits deze goed gevalideerd is [14]. In de EUCLID-studie is in 2019 onderzocht voor welke radiodiagnostische onderzoeken en interventieprocedures landen nationale DRN's hebben vastgesteld en wanneer deze voor het laatst zijn bijgewerkt [16]. In vergelijking met andere Europese landen heeft Nederland voor veel minder onderzoeken DRN's vastgesteld en deze zijn langer niet herzien dan die in andere landen. Een samenvatting hiervan staat in bijlage I.

Het vaststellen van een DRN: algemene aanbevelingen

In ICRP-135 wordt aanbevolen om de nationale DRN voor een specifiek onderzoek of procedure vast te stellen op het 75^e percentiel van de verdeling van de typische waarden² van de zorginstellingen [4]. Hiervoor moet een representatief aantal typische waarden van verschillende type zorginstellingen in het hele land worden verzameld. Als uitgangspunt adviseert de ICRP om data te verzamelen van 20-30 willekeurig gekozen instellingen.

In de EUCLID-studie zijn Europese DRN's vastgesteld voor 10 CT-onderzoeken en 4 interventieprocedures op basis van klinische indicaties [16]. Hiervoor zijn dosisgegevens verzameld uit 19 ziekenhuizen in 14 verschillende landen. Per ziekenhuis en per klinische indicatie is de mediane dosis bepaald, en DRN's zijn vastgesteld op het 75^e percentiel van alle medianen. Dit komt overeen met de door de ICRP aanbevolen methode.

In Nederland zijn voor volwassenen op dit moment voor zeven diagnostische onderzoeken DRN's beschikbaar. In rapport 21 van de NCS uit 2012 staat beschreven hoe deze DRN's zijn bepaald [9]. De waarden voor de DRN's zijn ontleend aan dosisgegevens uit een Nederlands demonstratieproject en een Europese veldstudie. Daarnaast zijn DRN's uit Zweden, Verenigd Koninkrijk en Zwitserland getoetst aan de klinische praktijk in Nederland. De DRN's zijn gedefinieerd als een dosiswaarde voor een standaardpatiënt met een gewicht van 77 kg. In 2012 was het nog niet altijd mogelijk om geautomatiseerd dosiswaarden en patiëntgegevens uit RIS/PACS systemen te verkrijgen. Hierdoor was het bepalen van de mediaanwaarden bij grote cohorten nog niet mogelijk.

In 2022-2024 heeft het RIVM met een pilotstudie gekeken naar de mogelijkheden voor het verzamelen van dosisdata voor het schatten van de bevolkingsdosis [8]. Hiervoor zijn gegevens verzameld voor 48 type onderzoeken van 7 modaliteiten. Bij deze verkenning is het alle 16 deelnemende ziekenhuizen gelukt om voor de meeste onderzoeken met hun DMS-dosisgegevens te verzamelen gebaseerd op een groot aantal onderzoeken.

² Typische waarde is meestal een mediane dosiswaarde van een type onderzoek binnen een medische instelling

Het vaststellen van een DRN: specifieke aanvullingen

Interventieprocedures

De voor een patiënt gebruikte stralingsdosis hangt af van het type procedure en van de complexiteit van de procedure. De complexiteit is o.a. afhankelijk van de anatomie van de patiënt, de karakteristieken van de laesie en de ernst van de ziekte. Dit kan worden meegenomen bij het vaststellen van DRN's [4, 16]. Volgens RP-195 is verder onderzoek nodig voor het kwantificeren van de complexiteit en de bruikbaarheid hiervan bij het vaststellen van DRN's. In paragrafen 4.2 van ICRP-135 [4] en 4.2.2 van RP-195 [16] staan voorbeelden voor het vaststellen van een complexiteitsfactor of het indelen van onderzoeken in de categorieën 'eenvoudig', 'gemiddeld' en 'complex'. De hiervoor vereiste (substantiële) klinische gegevens zijn echter meestal niet beschikbaar. Daarom worden nationale DRN's vaak vastgesteld zonder rekening te houden met de complexiteit van de interventieprocedure en dus kan er veel variatie bestaan tussen DRN's van landen onderling [4, 16].

Als de stralingsdosis boven het DRN ligt kan het volgens ICRP-135 voor een betere evaluatie nuttig zijn om gegevens van additionele parameters (zoals bijvoorbeeld air kerma- area product, doorlichtingstijd, 3D rotatie angiografieopnamen, het aantal beelden met digitale substractie angiografie (DSA)) beschikbaar te hebben [4].

Nucleaire geneeskunde

Bij Nucleaire geneeskunde heeft het de voorkeur dat DRN's worden vastgesteld op basis van activiteit per kilogram lichaamsgewicht [14, 16]. Ook kan gebruik worden gemaakt van een vaste activiteit.

Hybride beeldvorming en nieuwe technieken

Voor hybride beeldvorming worden DRN's bij voorkeur bepaald voor de afzonderlijke modaliteiten [16]. Bijvoorbeeld kunnen DRN's worden vastgesteld voor de CT-scan voor attenuatie-correctie, lokalisatie en diagnostiek in combinatie met een PET-scan. Ook voor onderzoeken met nieuwe technologieën, zoals dual-energy CT, worden bij voorkeur afzonderlijke DRN's vastgesteld.

Beeldgestuurde radiotherapie

De stralingsdosis moet ook worden geoptimaliseerd voor de beeldvorming van beeldgestuurde radiotherapie, zowel bij de planning van behandeling als voor positionerings- en verificatiedoelinden [4, 14]. Het gebruik van deze toepassing neemt steeds meer toe. Het is daarom van belang om ook voor deze onderzoeken DRN's vast te stellen [14].

Mondzorg

Een uitzondering op het verzamelen van de werkelijke stralingsdosis die patiënten ontvangen, zijn enkele onderzoeken bij de mondzorg, zoals de intra-orale opnamen. Hierbij wordt een vaste buisspanning (kV) en buisstroom (mA) gebruikt. De dosis is dus relatief onafhankelijk van de morfologie van de patiënt. Hiervoor kunnen het beste fantoommetingen uitgevoerd door een klinisch fysicus worden verzameld om een nationale DRN vast te stellen [4]. Bij opnamen met cone-beam CT (CBCT) is het vaak wel mogelijk om gegevens te verzamelen van de werkelijk ontvangen dosis.

Kinderen

De lengte en het lichaamsgewicht variëren sterk bij kinderen, dit heeft invloed op de stralingsdosis. Daarom is de aanbeveling om voor kinderen specifieke DRN's gebaseerd op lichaamsgewicht of leeftijd vast te stellen [4, 16, 17]. Als een beperkt aantal gegevens beschikbaar is kunnen DRN-curves worden gebruikt [4, 17]. In Nederland is in

oktober 2024 een nieuwe richtlijn voor kinder-DRN's gepubliceerd [10]. In deze richtlijn zijn de kinder-DRN's uit 2012 herzien en zijn voor meer onderzoeken DRN's vastgesteld. Voorafgaand aan het vaststellen van nieuwe kinder-DRN's is al een literatuuronderzoek uitgevoerd. Daarom wordt er hier niet verder op ingegaan.

Het vaststellen van typische dosiswaarden van zorginstellingen

De typische waarde is meestal de mediaan van de dosiswaarden van een onderzoek of procedure bij een groep patiënten van één of meerdere röntgenkamers of van een klein aantal zorginstellingen [4]. De gemiddelde gemeten/toegepaste dosiswaarde in de medische instelling, zoals beschreven in eerdere ICRP-publicaties, wordt dus niet meer gebruikt. De mediaan geeft een betrouwbaarder beeld dan het gemiddelde, omdat uitschieters minder invloed hebben. Dit geldt zeker wanneer data van meer patiënten per ziekenhuis door middel van een DMS worden verzameld. Bij voorkeur worden typische waarden vastgesteld op basis van de werkelijke stralingsdosis die patiënten hebben ontvangen en niet op basis van fantoommetingen [4]. Dit geeft een beter beeld van de klinische en technische vereisten van een onderzoek of procedure. Bovendien wordt dan rekening gehouden met variaties tussen gebruikers en protocollen. Fantomen zijn wel nuttig voor het vergelijken van röntgensystemen en bij kwaliteitscontroles.

Het vaststellen van typische waarden in zorginstellingen voor het vergelijken met DRN's, kan worden gedaan op basis van retrospectieve beoordelingen van dosisgegevens bij onderzoeken [4]. Deze worden bij voorkeur verkregen uit een DMS. De typische waarde wordt als representatief voor een patiëntenpopulatie beschouwd als deze is vastgesteld met gegevens van een grote populatie: ICRP-135 geeft meer dan 100 patiënten als richtgetal. De kwaliteit van de verkregen waarde hangt af van de nauwkeurigheid van de gegevensinvoer in het DMS. Om foutieve gegevens uit de gegevens van het DMS te verwijderen, moet een uitsluitingsmethode worden overwogen, bijvoorbeeld door de 5% hoogste en 5% laagste dosiswaarden niet te includeren [4].

Typische waarden kunnen ook op basis van een kleiner aantal patiënten worden bepaald. Hiervoor zijn dan ook gegevens over de morfologie van de patiënt noodzakelijk. Hiervoor moet het standaardgewicht van de patiëntenpopulatie worden gekwantificeerd, bijvoorbeeld 75 ± 10 kg. In de EUCLID-studie zijn in 19 ziekenhuizen voor 10 CT-onderzoeken en 4 interventieprocedures - op basis van klinische indicatie - dosisgegevens van individuele patiënten met een gewicht van 75 ± 15 kg verzameld [16]. Vervolgens is voor elk ziekenhuis per klinische indicatie de mediaan bepaald. De aanbeveling is om per zorginstelling voor conventionele radiologie onderzoeken de gegevens van tenminste 20 patiënten mee te nemen, voor fluoroscopie en CT-onderzoeken van tenminste 30 patiënten en voor mammografie van tenminste 50 patiënten [4].

Relevante grootheden en eenheden

Voor DRN's wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van groot- en eenheden passend bij de techniek en die beschikbaar zijn op de gebruikte apparatuur of eenvoudig kunnen worden bepaald [4, 16]. Ook moeten ze de hoeveelheid ioniserende straling weergeven die nodig is voor het uitvoeren van het onderzoek of de procedure. Voorbeelden zijn de DOP, DLP en GGD. De effectieve dosis is geen geschikte maat voor een DRN, omdat dit geen meetbare grootheid is en niet direct de hoeveelheid ioniserende straling weergeeft die gebruikt wordt bij een medische verrichting. Om DRN's internationaal te kunnen vergelijken, moeten de gekozen grootheden aansluiten bij internationaal gebruikte grootheden. In tabel 2.4 van ICRP-135 [4] en in bijlage I van de '*position paper*' van de

werkgroep over DRN's binnen het SAMIRA-actieplan [14] staan aanbevelingen voor de te gebruiken grootheden en eenheden bij het vaststellen van DRN's.

Vergelijken van typische waarden met DRN's

Medische instellingen moeten de typische waarden voor een onderzoek of procedure van hun eigen groep patiënten vergelijken met de bijbehorende DRN's. Ze kunnen vervolgens evalueren of verdere optimalisatie mogelijk en/of nodig is. Volgens de ICRP worden zorginstellingen gestimuleerd tot verdere optimalisatie door de eigen mediane dosiswaarde te vergelijken met de nationale mediane dosiswaarde, in de praktijk ook wel de streefwaarde genoemd (50^e percentiel; gebaseerd op mediane dosiswaarden van alle instellingen) [4]. Daarnaast is een evaluatie van de beeldkwaliteit wenselijk als de typische waarde van een onderzoek binnen een instelling onder het 25^e percentiel van de verdeling van een typische waarde van de verschillende medische instellingen ligt [4, 14]. Door deze evaluatie kan in sommige gevallen worden gekozen om de dosis weer te verhogen voor een optimale beeldkwaliteit.

Het consequent gebruiken van een lagere stralingsdosis dan de DRN kan er op wijzen dat de optimalisatie in de huidige praktijk uitstekend is, maar dat de geldende DRN's verouderd zijn. Andere mogelijkheden waar een lage dosis op kan wijzen, zijn onvoldoende beeldkwaliteit of het meenemen van onvolledige onderzoeken bij het bepalen van de typische dosiswaarden.

De evaluatie van de distributie van de typische waarden (75^e/25^e percentiel ratio) geeft informatie over de mate van optimalisatie. Zo kan een brede dosisverdeling er op wijzen dat extra optimalisatie nodig is.

Diagnostische referentieniveaus – praktijkvoorbeelden

In Zweden, België, Frankrijk en Ierland is het vaststellen en herzien van nationale DRN's belegd bij de autoriteit voor nucleaire veiligheid en stralingsbescherming of de autoriteit voor gezondheidsinformatie en -kwaliteit. Daarnaast is in de regelgeving van deze landen een verplichting voor zorginstellingen opgenomen om gegevens aan te leveren over radiodiagnostiek en interventieprocedures. Deze regelgeving specificeert onder meer de soort gegevens, het type onderzoeken, de vorm waarin en het systeem waarmee deze moeten worden aangeleverd [18-21]. In alle genoemde landen is een digitaal (web-based) platform beschikbaar via welke de informatie kan worden ingediend. In Frankrijk heeft het bestaan van zo'n platform geleid tot een hogere bereidheid van zorginstellingen om gegevens aan te leveren [18]. Ook in de andere genoemde landen ligt de deelnamegraad voor het aanleveren van gegevens doorgaans hoog. Bij CT-onderzoeken levert zo'n 90% van de zorginstellingen data aan, voor andere modaliteiten is dit percentage iets lager [22-27]. In Zweden en Frankrijk wordt data aangeleverd door verschillende typen instellingen, waaronder ziekenhuizen, privéklinieken, tandartspraktijken en centra voor borstkankerscreening [18, 20]. In Zweden, België en Frankrijk wordt een cyclus gehanteerd voor de herziening van bestaande DRN's en, indien nodig, het vaststellen van DRN's voor nieuwe onderzoeken en/of procedures. De duur van deze cyclus is 1 tot 3 jaar, afhankelijk van de modaliteit [28] of de beschikbare data [18, 20]. In alle landen zijn de meeste DRN's inmiddels minstens sinds het vaststellen één keer herzien. De herzieningen leidden tot lagere DRN-waarden, wat duidt op verbetering van de stand der techniek en de toepassing hiervan [18, 25, 26].

Identificeren van onderzoeken – praktijkvoorbeelden

Bij het identificeren van onderzoeken, worden voor de criteria de aanbevelingen van ICRP-135 gevolgd. Vaak zijn DRN's beschikbaar voor meerdere modaliteiten, veelvoorkomende onderzoeken en onderzoeken die significant bijdragen aan de

collectieve dosis [18-21]. In België en Ierland vond de identificatie van onderzoeken en procedures plaats in samenwerking met experts uit het veld, stakeholders en/of vertegenwoordigers van relevante beroepsgroepen [19, 29], door bijvoorbeeld het inrichten van een adviesgroep [19]. In Frankrijk worden onderzoeken die in de wetgeving zijn vastgesteld geëvalueerd tijdens de cyclus waarin DRN's bepaald of herzien worden [18]. Een belangrijke voorwaarde voor het bepalen van een DRN voor een specifiek onderzoek is de beschikbaarheid van voldoende gegevens.

In de eerdergenoemde landen wordt op nationaal niveau een omschrijving van het onderzoek of de procedure vastgelegd. Zorginstellingen leveren de gegevens aan van hun verrichtingen die het meest bij deze omschrijving aansluiten. De omschrijvingen van het onderzoek bevatten in de meeste gevallen de klinische indicatie. Als dit niet het geval is bevat de omschrijving de anatomische regio of het type opname (richting) [18, 20, 22-26]. In Zweden is het ook mogelijk om voor onderzoeken waarvoor geen beschrijving is, de verrichting toch in het systeem toe te voegen en de gegevens aan te leveren [20].

Het vaststellen van DRN en overige waarden – praktijkvoorbeelden

In Zweden, België, Frankrijk en Ierland wordt voor een specifiek onderzoek of procedure een nationale DRN vastgesteld op het 75^e percentiel van de typische waarden³ die alle zorginstellingen hebben gerapporteerd [18-20, 28]. Deze praktijk is conform de aanbeveling van ICRP-135 [4]. Daarnaast hanteren Ierland, België en Frankrijk ook een streefwaarde, die is vastgesteld op het 50^e percentiel van dezelfde typische waarden [18, 19, 28]. In Zweden wordt geen streefwaarde vastgesteld, maar zorginstellingen kunnen binnen het dataplatform wel hun eigen mediaan vergelijken met de medianen van andere instellingen [20]. Er worden verschillende voorwaarden gehanteerd voor de onderzoeken of procedures waarvoor landen DRN's vaststellen. In Ierland en België kan alleen een DRN worden vastgesteld als er data van tenminste vijf zorginstellingen beschikbaar is [19, 29]. Ook varieert de dataselectie waarover de mediaan wordt berekend tussen landen. Dit wordt verder toegelicht in de paragraaf 'Typische dosiswaarden – praktijkvoorbeelden'. In de meeste landen wordt niet alleen de DRN vastgesteld, maar ook aanvullende informatie verstrekt. Zo biedt Zweden naast de DRN ook alle opgegeven medianen per zorginstelling, met daarbij de gegevens over de door hen gebruikte apparatuur en hoe deze was ingesteld voor een bepaald onderzoeksprotocol. Hierdoor kunnen zorginstellingen eenvoudig hun protocollen vergelijken met die van andere zorginstellingen. Ierland, België en Frankrijk voegen informatie toe aan de DRN-rapportage [18, 22-26], zoals het aantal afdelingen of toestellen waarop de DRN's zijn gebaseerd. Frankrijk geeft ook gegevens over de spreiding van de opgegeven medianen (uitgedrukt in de 25^e/75^e percentielratio), het mediane gewicht en BMI, en bij interventieprocedures de fluoroscopietijd.

Typische dosiswaarden – praktijkvoorbeelden

In Zweden, België, Frankrijk en Ierland is de typische waarde (conform ICRP-135) de mediaan van de dosiswaarden van een radiodiagnostisch onderzoek of interventieprocedure op het niveau van een toestel, afdeling of zorginstelling [18-20, 28]. De selectiecriteria van de gegevens waarop deze medianen zijn gebaseerd verschillen per land. In Zweden wordt de mediaan bepaald voor tenminste 20 patiënten binnen een bepaalde tijdspanne [27]. Een gestandaardiseerd gewicht wordt niet gebruikt. In Frankrijk geldt een minimum van 30 patiënten, behalve voor onderzoeken voor kinderen en interventieprocedures: daarvoor geldt een minimum van 10 patiënten [18]. In Ierland wordt onderscheid gemaakt tussen medianen bepaald met een groot

³ Typische waarde is meestal een mediane dosiswaarde van een type onderzoek binnen een medische instelling

aantal patiënten (gegevens verzameld via een DMS) en medianen bepaald met een kleiner aantal patiënten (handmatige gegevensverzameling)[19]. Voor medianen van een kleiner aantal patiënten wordt een gestandaardiseerd patiëntgewicht gebruikt bij de dataselectie. Bij medianen afkomstig van een groot aantal patiënten gelden geen criteria voor de morfologie van patiënten. In de richtlijn over DRN's in Ierland staat een stappenplan voor het vaststellen van de typische waarden [19].

De verzamelde gegevens – -praktijkvoorbeelden

De gegevens die op nationaal niveau worden verzameld voor het vaststellen van een DRN verschillen per land. Zo worden in Zweden en Frankrijk individuele dosiswaarden van onderzoeken of procedures verzameld, waarna een mediaan wordt berekend [18, 20]. Zweden doet dit eens per drie jaar. Frankrijk verzamelt gegevens over een periode van drie jaar en bepaalt, afhankelijk van de hoeveelheid beschikbare data voor een specifiek onderzoek of procedure, een mediaan over de gehele periode of op basis van het meest recente jaar [18]. België en Ierland verzamelen enkel de mediaan van de dosiswaarden en het aantal onderzoeken waarop deze is gebaseerd [19, 23, 25, 26]. In België worden de gegevens voor CT onderzoeken jaarlijks verzameld en voor de overige onderzoeken eens per drie jaar [25, 26]. In Ierland is dit eens in de vijf jaar [19]. Naast de informatie over de dosis en het aantal onderzoeken verzamelen de landen ook aanvullende informatie zoals gegevens over apparatuur en de gebruikte nucliden [18, 20, 22-24] en instellingen van toestellen voor een onderzoek of procedure [18, 20]. Frankrijk verzamelt ook lichaamsgewicht en lengte [18].

Controle en verificatie van de verzamelde gegevens – praktijkvoorbeelden

In België en Frankrijk vindt controle plaats op de aangeleverde data [18, 29]. Voor Zweden en Ierland is in de geraadpleegde documenten niet duidelijk of een dergelijke controle ook daar wordt uitgevoerd. In België wordt de aangeleverde data gecontroleerd op combinaties van code, onderzoeksprotocol, modaliteit en radiofarmacon. Bij een fout wordt de dataset niet geaccepteerd en wordt teruggekoppeld wat de fout is. In Frankrijk moeten aangeleverde gegevens voldoen aan bepaalde criteria van leeftijd of BMI. Ook wordt de data gecontroleerd op consistentie op basis van andere dosismaten en protocolinstellingen. Zo wordt voor CT-onderzoeken de CTDI/DLP_{ratio} vergeleken met de scanlengte. Daarnaast wordt gecontroleerd of de scanlengte correspondeert met de verwachting voor een protocol. Hetzelfde geldt voor de AIR_{kerma} en DOP, waarmee de veldgrootte berekend kan worden. Inconsistente data worden uitgesloten en de mediaan wordt dan opnieuw berekend.

Vergelijken met DRN – praktijkvoorbeelden

Voor het vergelijken van de typische waarden van hun eigen patiënten met de nationale DRN's kunnen medische instellingen in België en Ierland daarvoor de DRN's terugvinden via websites of rapportages[22-26, 28]. In Frankrijk en Zweden ontvangen zorginstellingen directe terugkoppeling na het invoeren van hun data. In Zweden wordt daarbij een vergelijking gemaakt met de dosisgegevens van andere instellingen [20], terwijl in Frankrijk de dosiswaarden worden afgezet tegen de geldende DRN's [18]. Zorginstellingen in Frankrijk hebben ook de mogelijkheid om de historie van de aangeleverde data te bekijken, wat kan bijdragen aan betere monitoring van de gebruikte stralingsdosis. In Ierland worden in de rapportages ook tips gegeven over mogelijke vervolgacties als een DRN wordt overschreden (tabel 5.4 van [19]). In Frankrijk wordt aangegeven dat bij elke verlaging van de toegediende dosis, dit systematisch gepaard moet gaan met een evaluatie van de beeldkwaliteit.

Vaststellen van de populatiedosis

Het schatten van de populatiedosis is bedoeld om inzicht te geven in de relatieve bijdragen van verschillende populaties, modaliteiten en typen onderzoeken aan de totale stralingsbelasting als gevolg van medische diagnostiek en interventieprocedures [2]. Dergelijke schattingen zijn van belang om trends te volgen en het maken van vergelijkingen tussen typen onderzoeken, regio's (zowel nationaal als internationaal) en blootstelling aan andere stralingsbronnen. Deze inzichten helpen bij het identificeren van prioriteiten binnen het generieke rechtvaardigingsproces en het optimalisatieproces, zodat inspanningen en middelen effectiever kunnen worden ingezet [1]. Daarnaast geeft het bepalen van de populatiedosis ook handvatten voor het maken van beleidskeuzes voor medische stralingsblootstelling door het verantwoordelijke ministerie [2].

Methode voor vaststellen populatiedosis

De methode die gebruikt wordt voor het vaststellen van de populatiedosis moet passen bij het beoogde doel [1]. Voor het vergelijken van de medische stralingsblootstelling met die van andere stralingsbronnen, is een andere methode nodig dan voor het inzichtelijk maken van de leeftijdsverdeling van de blootgestelde populatie per type medisch onderzoek. Bij het vaststellen van de methode moeten keuzes gemaakt worden over welke populaties, tijdsbestek, modaliteiten en welk type onderzoeken de stralingsbelasting wordt vastgesteld.

De populatie

Populaties kunnen op verschillende niveaus worden gekozen. Zo kan worden gekeken op land- of regionaal niveau, maar ook naar verschillende leeftijdscategorieën of geslacht [3], [1]. In Frankrijk worden leeftijdscategorieën gehanteerd met een interval van 5 jaar [30]. In Zweden wordt bij het verzamelen van gegevens onderscheid gemaakt tussen volwassenen (16 jaar en ouder) en kinderen (0-15 jaar) en geslacht [20]. Een populatiedosis kan worden berekend voor een gehele bevolking in een land, maar ook voor specifieke patiëntengroepen [1]. Daarnaast kan de focus worden gelegd op specifieke groepen, zoals: 1) patiënten die herhaaldelijk blootstaan aan onderzoeken of procedures ondergaan en daardoor blootstaan aan een hoge cumulatieve dosis [31], 2) kinderen, vanwege verhoogde stralingsgevoeligheid [1-3], 3) zwangere vrouwen vanwege de gevoeligheid van het ongeboren kind [1], 4) stralingsgevoelige patiënten, zoals patiënten met de ziekte van Crohn [2].

Het tijdsbestek

Zowel het IAEA als het rapport RP-154 adviseren om de populatiedosis te schatten over een periode van één jaar. Maar hun aanbevelingen met betrekking tot de frequentie van gegevensverzameling verschillen. Het IAEA raadt aan om jaarlijks gegevens te verzamelen, terwijl RP-154 adviseert om de frequentie en dosisgegevens eens in de vijf jaar te verzamelen [3]. In België en Zweden rapporteren zorginstellingen jaarlijks het aantal uitgevoerde onderzoeken [20, 32]. In Zweden worden daarbij ook gegevens over de ontvangen dosis gerapporteerd [20].

De typen onderzoeken

Een goede definitie van ieder uit te vragen onderzoek is cruciaal, voor een consistente methode van dataverzameling [3]. In RP154 wordt een radiologisch onderzoek of interventie procedure gedefinieerd als één of een reeks röntgenopnamen van één anatomische regio/orgaan/orgaansysteem, met behulp van één beeldvormende modaliteit (d.w.z. radiografie/fluoroscopie of CT), die nodig zijn om een specifiek diagnostisch probleem of klinische vraag te beantwoorden, tijdens één bezoek aan de

afdeling radiologie, het ziekenhuis of de kliniek [3]. Het gebruik van deze definitie is ook een aanbevolen definitie door het IAEA [1]. Recent onderzoek van het RIVM bevestigt eveneens dat duidelijke definities en consistent gehanteerde terminologie van groot belang zijn voor de betrouwbaarheid van de populatiedosis per type onderzoek [8].

Type onderzoeken en categorisering

Er is een grote variatie in het aantal type onderzoeken, zowel binnen verschillende zorginstellingen als op internationaal niveau tussen verschillende landen [1, 3]. In RP-154 zijn in 10 landen 225 typen onderzoeken geïdentificeerd op basis van klinische indicaties. Deze onderzoeken zijn ingedeeld in 72 categorieën. In een UNSCEAR-studie zijn resultaten gepresenteerd voor ongeveer 30 categorieën van radiologische onderzoeken en interventieprocedures [12]. Een overzicht van alle type onderzoeken en categorieën is te vinden in tabellen 2 tot met 5 van RP-154 [3]. Daarnaast is in RP-154 een top 20 samengesteld van onderzoeken die de grootste procentuele bijdrage leveren aan de populatiedosis. Deze top 20 beslaat 70-90% van de totale collectieve effectieve dosis (exclusief mondzorg) en 50-70% van het totale aantal uitgevoerde onderzoeken [2]. Voor nucleaire diagnostiek wordt geadviseerd om een top 7 te hanteren.

Praktijk in andere landen

In Frankrijk, België, Zweden en Ierland zijn type onderzoeken opgenomen voor de modaliteiten computertomografie, radiologische interventies, doorlichting, mammografie, conventionele radiologie, mondzorg en nucleaire geneeskunde. In Nederland zijn alle modaliteiten meegenomen, met uitzondering van mondzorg [7]. In Nederland en België zijn het type onderzoeken gebaseerd op de beschikbare declaratiecodes voor beeldvormende diagnostiek [7, 32]. In Nederland zijn jaarlijks kleine veranderingen in de declaratiecodes of omschrijvingen. De Franse lijst met uit te vragen onderzoeken is gebaseerd op onderzoeken genoemd in [2, 3]. In de loop der tijd zijn aanpassingen gedaan om aan te blijven sluiten bij de klinische praktijk [30]. In Zweden heeft de autoriteit vastgesteld voor welke onderzoeken gegevens moeten worden verzameld [20].

Gegevensverzameling

Als de populatie, typen onderzoeken, tijdsperiode en categorieën zijn bepaald, kan worden bekeken welke gegevens nodig zijn. Voor het vaststellen van de populatiedosis zijn minimaal gegevens nodig over:

- het aantal uitgevoerde onderzoeken per type onderzoek in een gedefinieerd tijdsbestek binnen een gedefinieerde populatie;
- de effectieve dosis per uitgevoerd onderzoek, per type onderzoek.

Verzamelen van het aantal uitgevoerde onderzoeken

Het IAEA adviseert om jaarlijks onderzoeksgegevens automatisch te verzamelen via een patiënt-dosismonitoringssysteem dat gekoppeld is aan een nationaal registratiesysteem [1]. Ook het Radiologie Informatie Systeem (RIS) kan hiervoor worden gebruikt [3]. Vaak zijn de RIS-codes echter gebaseerd op declaratiecodes van het nationale zorgverzekeringssysteem [1, 3], en bieden deze onvoldoende detail. Dat bleek ook uit een RIVM-pilotstudie [8]. In Nederland wordt het aantal uitgevoerde onderzoeken verzameld met de jaarlijkse enquête beeldvormende diagnostiek in de Jaarverantwoording zorg. Hierin geven medische instellingen op hoe vaak een Zorg Activiteit-code⁴ (ZA-code) is toegepast. De omschrijvingen van deze ZA-codes bieden onvoldoende detail voor een gedetailleerde schatting van de populatiedosis [8].

⁴ Een code voor het structureren van zorgactiviteiten. Een zorgactiviteit is een onderdeel van de behandeling van een patiënt, zoals een operatie, consult of MRI-scan.

Praktijk in andere landen

In Zweden worden jaarlijks gegevens verzameld per type onderzoek via het web-based platform DosReg [20]. Instellingen registreren hier de bijpassende declaratiecode en het aantal onderzoeken, uitgesplitst naar leeftijdscategorie en geslacht. In Frankrijk worden gegevens verzameld via een representatief steekproefpanel: per panellid worden de onderzoeken die zij in één of meer jaren ondergaan bijgehouden. De onderzoekslijst is gebaseerd op sociale-zekerheidscodes, gesorteerd op modaliteit en anatomische of functionele systemen [30]. In België zijn zorgdeclaratiecodes de basis waarop het jaarlijkse aantal onderzoeken bepaald wordt. Veranderingen in detaillering van de codes kunnen de geschatte populatiedosis beïnvloeden, is daar de ervaring. Onderzoeken zijn ingedeeld in de categorieën CT, nucleaire geneeskunde, dentale opnames en overige modaliteiten per orgaanstelsel [32].

Effectieve dosis per type onderzoek

Internationaal wordt voor de populatiedosis de effectieve dosis gebruikt om populatiedosis weer te geven [1-3]. De effectieve dosis maakt het risico inzichtelijk in één getal, wat de communicatie naar het publiek en vergelijking tussen modaliteiten en onderzoeken vergemakkelijkt. Ook biedt het een basis voor evaluatie van optimalisatiemaatregelen [1].

Er zijn verschillende methoden om de effectieve dosis per type onderzoek in de radiologie te bepalen, waaronder de drie methoden genoemd in [1]: 1) Vermenigvuldigen van de gemeten dosis met een onderzoek-generieke conversiefactor; 2) Algemene berekening via een gewogen som van equivalente doses en weefselweegfactoren, op basis van een eenvoudig fantoom en computersimulaties (PCXMC, CTExpo of ImpactDose); 3) Patiënt-specifieke berekening met een representatief model en computersimulatie (Monte Carlo). Methode 3 is het meest nauwkeurig, maar tijdrovend. Doorgaans worden methode 1 en/of 2 gebruikt, een pragmatische aanpak die voldoet aan de gestelde doelen. Voor het bepalen van een effectieve dosis voor nucleair geneeskundige onderzoeken wordt in de Dose Datamed studie een onderzoek-generieke conversiefactor uit ICRP 53, 80 en 106 gebruikt [2], deze methode staat ook beschreven in [1].

In Nederland zijn de dosisconversiefactoren voor CT bepaald aan de hand van een dosisstudie waar gemeten doses zijn verzameld [33]. Daarmee is met andere specifieke gegevens, zoals type scanner, scan regio, scanlengte, et cetera een effectieve dosis gesimuleerd voor een standaard patiënt. Met deze gegevens is een dosisconversiefactor bepaald. Voor de overige modaliteiten worden dosisconversiefactoren uit de literatuur gebruikt die het meest passend zijn bij de Nederlandse praktijk. Het is onduidelijk of deze conversiefactoren nog aansluiten bij de huidige praktijk [8]. In Frankrijk worden conversiefactoren uit de literatuur gebruikt, of worden effectieve doses bepaald met simulatiesoftware.

Gemeten dosis per onderzoek

De dosisgegevens die gebruikt worden voor het vaststellen van DRNs zijn ook bruikbaar voor het bepalen van een populatiedosis. Net als bij DRNs moeten de waarden nationaal worden verzameld bij een representatief aantal instellingen voor de verschillende type onderzoeken [3]. RP-154 spreekt van gemiddelde waarde per type onderzoek per zorginstelling, voor DRN's worden mediane dosiswaarden gebruikt. De dosispilot toont aan dat de mediane dosiswaarde geschikt is voor het bepalen van een populatiedosis [8].

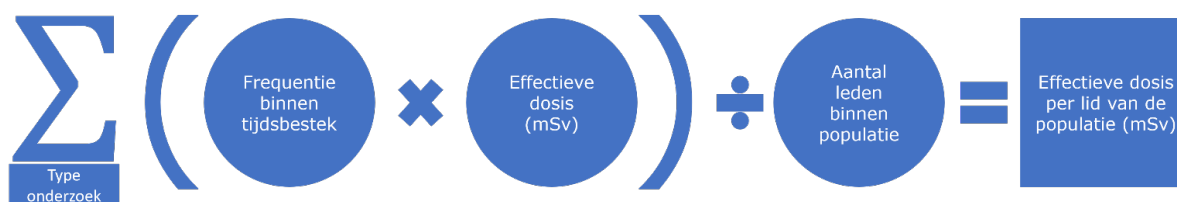
In Nederland zijn in 2002 en 2010 gemiddelde gemeten doses verzameld bij enkele ziekenhuizen en gekoppeld aan ZA-codes voor de aantallen uitgevoerde onderzoeken

[33, 34]. In de pilotstudie 2021-2023 is nieuwe dosisdata verzameld met 16 ziekenhuizen. Deze dosisdata zijn onvoldoende representatief voor het bepalen van een Nederlandse populatiedosis. De studie leverde wel waardevolle informatie op voor een landelijke uitvraag [8]. In Frankrijk is de effectieve dosis per onderzoek gebaseerd op (DRN) studies naar mediane dosiswaarden [30]. Deze zijn gekoppeld aan sociale zekerheidscodes, voor het vaststellen van het aantal behandelingen per type onderzoek en gelden voor een standaard volwassen morfologie. In België werden de gemiddelde gemeten waarden verzameld in verschillende studies, waaronder ook de dosisverzameling van DRN's [32]. Er is geen onderscheid gemaakt in leeftijd en geslacht. In Zweden worden jaarlijks voor statistisch onderzoek gemiddelde dosiswaarden per type onderzoek per zorginstelling verzameld in DosReg [20]. Voor Nucleaire Geneeskunde worden ook gegevens verzameld over het radionuclide, farmacon en de toedieningswijze. In DosReg is per ziekenhuis weergegeven op welke codes en op hoeveel uitgevoerde onderzoeken de gemiddelde gemeten dosis is gebaseerd.

Rekenmethode

Wanneer blootstellingsgegevens van een populatie beschikbaar zijn, kan het jaarlijks aantal onderzoeken van een gedefinieerde populatie worden gesommeerd. Deze sommatie omvat alle relevante typen onderzoeken die passend zijn voor het specifieke doel. Ook kan de collectieve effectieve dosis voor de populatie worden berekend door het aantal uitgevoerde onderzoeken per onderzoektype te vermenigvuldigen met de effectieve dosis van dat specifieke type onderzoek en de resultaten te sommeren. Als laatste stap kan de collectieve effectieve dosis worden gedeeld door het aantal individuen binnen de populatie om de effectieve dosis per persoon in de populatie te bepalen. Een schematische weergave van een mogelijke rekenmethode voor het vaststellen van een populatiedosis is weergegeven in Figuur 1 [1, 3, 7, 30].

Figuur 1. Schematische weergave van de methode voor het vaststellen van een populatiedosis per lid van een populatie.



Literatuur

1. IAEA, *Patient Radiation Exposure Monitoring in Medical Imaging*. SRS-112, Vienna: International Atomic Energy Agency, 2023.
2. European Commission, *Medical Radiation Exposure of the European Population - Part I*. RP-180, Luxembourg: 2015.
3. European Commission, *European guidance on estimating population doses from medical x-ray procedures*. RP-154, Luxembourg: 2008.
4. ICRP, *Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging*. ICRP Publication ICRP-135. Ann. 46(1), 2017.
5. *Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming*. Beschikbaar via <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040179/2025-01-01>, geraadpleegd 30-04-2025.
6. EURATOM. *Richtlijn 2013/59/Euratom van de Raad van 5 december 2013 tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming tegen de gevaren verbonden aan de blootstelling aan ioniserende straling*. Beschikbaar via <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/59/oj>, geraadpleegd 29-04-2025.
7. RIVM. *IMS (Informatiesysteem Medische stralingstoepassingen)*. Beschikbaar via <https://www.rivm.nl/medische-stralingstoepassingen>, geraadpleegd 30-04-2025.
8. L. Boudewijns, et al., *Verzamelen van dosisgegevens van radiodiagnostiek en radiologische interventies: pilotstudie 2021-2023*. RIVM-rapport 2024-0190, RIVM, 2025.
9. W.J.H. Veldkamp, et al., *Diagnostische referentieniveaus in Nederland*, Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie, Rapport 21, 2012.
10. Federatie Medisch Specialisten, *Kinder Diagnostische Referentieniveaus (DRN's)*. Richtlijn laatste geautoriseerd 08-07-2024, 2024.
11. RIVM. *Effecten van straling op de gezondheid*. Beschikbaar via <https://www.rivm.nl/straling-en-radioactiviteit/effecten-straling-gezondheid>, geraadpleegd 30-04-2025.
12. UNSCEAR, *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation - UNSCEAR 2020/2021 Report*. Volume I, Scientific Annex A, New York: United Nations, 2022.
13. IAEA, *Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Mission to the Netherlands 5-16 June 2023*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2023.
14. Steering Group on Quality and Safety (SGQS), *Position paper on Diagnostic Reference Levels - SAMIRA Action Plan*, 2025.
15. European Commission, *Medical Radiation Exposure of the European Population- Part II*. RP-180 (chapter 9 Annexes), Luxembourg: 2015.
16. European Commission, *European Study on Clinical Diagnostic Reference Levels for X-ray Medical Imaging*. RP-195, Luxembourg: 2021.
17. European Commission, *European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging*. RP-185, Luxembourg: 2018.
18. IRSN, *Analysis of data for updating diagnostic reference levels in radiology and nuclear medicine 2019-2021 report*. IRSN 2023-00577, Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, 2023.
19. HIQA, *Diagnostic Reference Levels - Guidance on the establishment, use and review of diagnostic reference levels for medical exposure to ionising radiation*. December 2023, Dublin: Health Information and Quality Authority (HIQA), 2023.
20. SSM (Stral Sakerhetsmyndigheten Zweden). *DosReg (Dosis Registratie Management Systeem van Zweden)*. Beschikbaar via <https://dosreg.ssm.se/>, geraadpleegd 01-05-2025.

21. FANC (Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle België). 20/10/22 *Diagnostische referentieniveaus in radiodiagnose met röntgenstraling. Technisch reglement van 20 oktober 2022 houdende diagnostische referentieniveaus in radiodiagnose met röntgenstraling*. Beschikbaar via <https://www.jurion.fanc.fgov.be/jurdb-consult/consultatieLink?wettekstId=32528&appLang=nl&wettekstLang=nl>, geraadpleegd 01-05-2025.
22. HIQA, *National Diagnostic Reference Levels (DRLs) for general Radiography, Mammography and DXA scanning*. July 2021, Dublin: Health Information and Quality Authority (HIQA), 2021.
23. HIQA, *National Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Fluoroscopy and Fluoroscopically Guided Interventions*. October 2022, Dublin: Health Information and Quality Authority (HIQA), 2022.
24. HIQA, *National diagnostic reference levels (DRLs) for nuclear medicine procedures*. November 2023, Dublin: Health Information and Quality Authority (HIQA), 2023.
25. A. Dedulle, et al., *Nationale diagnostische referentieniveaus in de radiologie - De elfde iteratie voor CT onderzoeken (2021)*. Brussel: Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), 2021.
26. T. Vanaudenhove, et al., *Nationale diagnostische referentieniveaus in de radiologie - Vierde iteratie voor onderzoeken in de conventionele radiologie, mammografie en interventionele radiologie (01/11/2017 - 31/10/2020)*. 23/06/2021, Brussel: Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), 2021.
27. Persoonlijke communicatie. *Informatie o.b.v. persoonlijk contact RIVM/VLH/SKB met Stral Sakerhetsmyndigheten (SSM), Zweden op 3 november 2024 met presentatie SSM over nationaal dose management system DosReg; regelgeving Zweden staat op website SSM*. Beschikbaar via <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer/foreskrifter/ssmfs-2018/ssmfs-20185/>, geraadpleegd 01-05-2025.
28. FANC (Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle België). *Diagnostische referentieniveaus in de radiologie*. Beschikbaar via <https://fanc.fgov.be/nl/professionelen/medische-professionelen/radiologische-toepassingen/drn>, geraadpleegd 01-05-2025.
29. Persoonlijke communicatie, *Informatie o.b.v. persoonlijk contact RIVM/VLH/SKB met FANC op 7/11/2023*. 2024.
30. IRSN, *Exposure of the population to ionising radiation from diagnostic medical imaging procedures in France in 2017*. ExPRI study 2017, Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, 2017.
31. IAEA. *Joint Position Statement and Call for Action for Strengthening Radiation Protection of Patients Undergoing Recurrent Radiological Imaging Procedures*. Beschikbaar via https://www.iaea.org/sites/default/files/position_statement_final_endorsed.pdf, geraadpleegd 01-05-2025.
32. P. Willems, Vanaudenhove, T. , *Berekening van de jaarlijkse gemiddelde blootstelling aan ioniserende straling in België: Methodologie en Evolutie.*, Brussel: Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), 2018.
33. A.J. Van der Molen, et al., *A national survey on radiation dose in CT in The Netherlands*. Insights Imaging, 2013. **4**(3): p. 383-90.
34. W. Teeuwisse, et al., *An inter-hospital comparison of patient dose based on clinical indications*. European Radiology, 2007. **17**: p. 1795-1805.

Bijlage I DRN's in Europa.

Bij de EUCLID studie is met een workshop in 2019 een uitvraag gedaan bij Europese landen over het aantal DRN's, wanneer voor het laatst vastgesteld en of ze op basis van klinische indicatie zijn. In RP-195 [16] staan de resultaten van deze uitvraag voor computertomografie (CT) in tabel 6, voor interventie radiologie (IR) in tabel 7, voor interventie cardiologie in tabel 8, voor conventionele radiologie in tabel 9, voor kinderen in tabel 13 en voor Nucleair geneeskunde (NG) in tabel 14. Een vergelijking van het aantal DRN's en wanneer deze voor het laatste zijn vastgesteld tussen de verschillende Europese landen is hieronder samengevat in Tabel 2.

Tabel 1 toont de kleurenschaal die in tabel 2 wordt gebruikt om het jaar aan te geven waarin de DRN's voor het laatst is vastgesteld of herzien. De schaal loopt van rood^a voor jaren vóór 2010, via oranje^b voor 2010 tot en met 2014, via geel^c voor 2015 en 2016, tot groen^d voor 2017 tot en met 2019. Indien de kleur grijs^e is, is het publicatiejaar afwezig/onbekend en bij wit^f zijn de DRN's in afwachting van publicaties.

<2009	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Afwezig/ onbekend	In afwachting van goedkeuring voor publicatie
a	a	a	b	b	b	b	c	c	d	d	d	e	f

Tabel 2. Samenvatting van de vergelijking tussen de leeftijd en het aantal DRN's van verschillende Europese landen, gebaseerd op resultaten uit RP-195. De cijfers in de tabel geven per modaliteit het aantal onderzoeken waarvoor DRN's zijn vastgesteld per Europese lidstaat weer. Als er geen cijfer wordt vermeld, is het aantal DRN's in dat land in RP-195 onbekend of zijn er geen DRN's aanwezig. (*) In Nederland zijn in 2024 (nieuwe) diagnostische referentieniveaus voor kinderen vastgesteld [10]. Deze vervangen de 4 DRN's voor kinderen uit 2012.

	België	Bulgarije	Cyprus	Denemarken	Duitsland	Estland	Finland	Frankrijk	Griekenland	Hongarije	Ierland	IJsland	Italië	Kroatië	Letland	Litouwen	Luxemburg	Malta	Nederland	Noorwegen	Oostenrijk	Polen	Portugal	Roemenië	Slovenië	Slowakije	Spanje	Tsjechië	V.K.	Zweden	Zwitserland
CT	10 ^d	12 ^d		7 ^c	20 ^c		13 ^b	11 ^d	7 ^b		13 ^d		4 ^d	7 ^d	3 ^d	11 ^d	9 ^d		4 ^b	11 ^d	7 ^d	9 ^b		7 ^f	6 ^d	6 ^d	6 ^c	6 ^c	13 ^d	10 ^d	15 ^d
Cardiologie		2 ^d			4 ^d		5 ^c	2 ^d	4 ^b		3 ^d		d	1 ^d	c	3 ^d	3 ^d			4 ^d	2 ^d	2 ^b		2 ^f	2 ^d	10 ^d	2 ^c	2 ^c	2 ^a	1 ^d	14 ^c
IR					16 ^d			10 ^d			11 ^d		d		c		4 ^d			1 ^d	6 ^d	5 ^b			4 ^d	20 ^d			24 ^a	d	22 ^c
X-opname	6 ^d	17 ^d		5 ^b	8 ^d	2 ^d	9 ^d	12 ^d	12 ^b		19 ^d		20 ^d	15 ^d	12 ^d	27 ^d	10 ^d		7 ^b	7 ^d	8 ^d	24 ^b		18 ^f	17 ^d	12 ^d	3 ^c	21 ^c	20 ^a	7 ^d	7 ^b
Kinderen	7 ^d				8 ^c		8 ^d	16 ^d			10 ^e				27 ^e		41 ^d		4 [*]		6 ^d					88 ^d	8 ^c		18		45 ^d
NG	8 ^d	5 ^d		20 ^c	18 ^b		15 ^b	12 ^d	12 ^a		14 ^d		50 ^a	64 ^a	36 ^a	72 ^d	38 ^d				28 ^a	32 ^b		5 ^f	26 ^b	70 ^d		83 ^c	82 ^d	12 ^d	17 ^d