



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

Grenswaarden voor generieke vrijstelling en vrijgave van radioactief materiaal

Onderzoek voor de implementatie van richtlijn
2013/59/Euratom

RIVM Briefrapport 2017-0046
M. van der Schaaf | E. Folkertsma | T. van Dillen



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

Grenswaarden voor generieke vrijstelling en vrijgave van radioactief materiaal

Onderzoek voor de implementatie van richtlijn
2013/59/Euratom

RIVM Briefrapport 2017-0046
M. van der Schaaf | E. Folkertsma | T. van Dillen

Colofon

© RIVM 2017

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.

DOI 10.21945/RIVM-2017-0046

M. van der Schaaf (auteur), RIVM
E. Folkertsma (auteur), RIVM
T. van Dillen (auteur), RIVM

Contact:

Martijn van der Schaaf
Centrum Veiligheid
martijn.van.der.schaaf@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming, in het kader van het programma stralingsbescherming 2017

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Grenswaarden voor generieke vrijstelling en vrijgave van radioactief materiaal

Onderzoek voor de implementatie van richtlijn 2013/59/Euratom

Door het gebruik van radioactieve materialen kunnen mensen worden blootgesteld aan ioniserende straling. Aangezien deze blootstelling risico's voor de gezondheid met zich meebrengt, zijn voor deze handelingen regels en voorschriften opgesteld. De grootte van het risico is afhankelijk van de blootstelling. Bij een geringe blootstelling kan vrijstelling van deze regels en voorschriften worden verleend ('generieke vrijstelling en vrijgave'). Nieuwe Europese voorschriften hiervoor worden momenteel met zo weinig mogelijk aanpassingen ('beleidsarm') overgenomen in de Nederlandse regelgeving.

Als gevolg van de beleidsarme implementatie van deze vernieuwde regelgeving wordt het aantal nucliden waarvoor grenswaarden voor vrijstelling en vrijgave bestaan, in de Nederlandse regelgeving teruggebracht van circa 800 naar circa 300. Dit komt doordat Nederland in de huidige regelgeving - op verzoek van stakeholders - in het verleden grenswaarden voor een groot aantal nucliden heeft toegevoegd. Stakeholders willen graag dat de voor de door de implementatie vervallende nucliden grenswaarden blijven bestaan. Het RIVM heeft daarom op verzoek van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) gezocht naar grenswaarden die de huidige kunnen vervangen en tegelijkertijd voldoen aan de nieuwe Europese voorschriften. Deze grenswaarden kunnen door de minister van Infrastructuur en Milieu worden opgenomen in een ministeriële regeling.

Kernwoorden: vrijstelling, vrijgave, grenswaarden, 2013/59/Euratom

Synopsis

Generic exemption and clearance levels for radioactive materials

Research to support the implementation of Directive 2013/59/Euratom.

The use of radioactive materials can lead to exposure of individuals to ionising radiation. Due to the fact that exposure results in health risks, these practices are subject to rules and regulations. The degree of risk depends upon the level of exposure. Materials that cause very low radiological risks can be exempted from these rules and regulations ('generic exemption and clearance'). At present, new European regulations on this subject are being implemented into Dutch legislation, according to a "minimum additional national requirements approach" ('minimal implementation').

As a result of this 'minimal implementation' of these updated regulations, the number of nuclides for which exemption and clearance levels exist will be reduced from approximately 800 to approximately 300. This is a consequence of the fact that the Netherlands - as requested by stakeholders - in the past introduced exemption and clearance levels for a large number of additional nuclides in current legislation. Stakeholders have indicated that these levels should be maintained for the nuclides that are not covered under the new regulations. Accordingly, at the request of the Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS), RIVM has investigated exemption and clearance levels that can replace the present ones and comply with the new European regulations. These exemption and clearance levels can be included in a ministerial decree by the minister for Infrastructure and the Environment.

Keywords: exemption, clearance, threshold limit values, 2013/59/Euratom

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Aanleiding voor dit briefrapport — 13

2 Inleiding — 15

- 2.1 Huidig Nederlands beleid inzake vrijstelling en vrijgave — 15
- 2.2 Nieuwe voorschriften richtlijn 2013/59/Euratom — 16
- 2.3 Implementatie nieuwe voorschriften in Nederlands beleid — 16
- 2.4 Afbakening — 17
- 2.5 Radionucliden van natuurlijke oorsprong — 17
- 2.6 Leeswijzer — 18

3 Grenswaarden voor de activiteit — 19

- 3.1 Vigerende grenswaarden — 19
- 3.2 Grenswaarden in richtlijn 2013/59/Euratom — 19
 - 3.2.1 Algemeen — 19
 - 3.2.2 Dosiscriteria — 19
 - 3.2.3 Berekeningen — 20
- 3.3 Implementatie richtlijn 2013/59/Euratom in Nederlandse regelgeving — 20
- 3.4 Grenswaarden voor aanvullende nucliden — 20
- 3.5 Appreciatie — 21

4 Grenswaarden voor de activiteitsconcentratie — 23

- 4.1 Vigerende grenswaarden — 23
- 4.2 Grenswaarden in richtlijn 2013/59/Euratom — 23
 - 4.2.1 Algemeen — 23
 - 4.2.2 Dosiscriteria — 23
 - 4.2.2.1 Nucliden van kunstmatige oorsprong — 23
 - 4.2.2.2 Nucliden van natuurlijke oorsprong — 24
 - 4.2.3 Berekeningen — 24
 - 4.2.3.1 Radionucliden van kunstmatige oorsprong — 24
 - 4.2.3.2 Radionucliden van natuurlijke oorsprong — 25
 - 4.3 Implementatie richtlijn — 25
 - 4.4 Grenswaarden voor aanvullende nucliden — 25
 - 4.4.1 Nucliden van kunstmatige oorsprong — 25
 - 4.4.2 Nucliden van natuurlijke oorsprong — 26
 - 4.5 Appreciatie — 27
 - 4.5.1 Nucliden van kunstmatige oorsprong — 27
 - 4.5.2 Nucliden van natuurlijke oorsprong — 28
 - 4.5.3 Nucliden van natuurlijke oorsprong die worden toegepast vanwege radioactieve, kweek- of splijteigenschappen — 29

5 Vloeistoffen en gassen — 31

- 5.1 Vrijstelling van vloeistoffen en gassen — 31
- 5.2 Vrijgave van vloeistoffen en gassen — 32

6 Radionucliden van natuurlijke en kunstmatige oorsprong — 33

7 Conclusies — 35

- 7.1 Symmetrie — 35
- 7.2 Weegfactoren — 36

Bijlage 1: Grenswaarden voor de activiteit, aanvullend aan Tabel B — 37

Bijlage 2: Grenswaarden voor de activiteitsconcentratie voor nucliden van kunstmatige oorsprong, aanvullend aan Tabel A, deel 1 — 49

Bijlage 3: Grenswaarden voor de activiteitsconcentratie voor nucliden van natuurlijke oorsprong, aanvullend aan Tabel A, deel 2 — 59

Bijlage 4: Grenswaarden voor de activiteitsconcentratie voor nucliden van natuurlijke oorsprong die worden toegepast vanwege de radioactieve, kweek- of splijteigenschappen — 60

Referenties — 62

Samenvatting

In richtlijn 2013/59/Euratom (hierna: de richtlijn) zijn geactualiseerde voorschriften vastgesteld voor het beleid inzake vrijstelling en vrijgave van radioactieve stoffen. Deze voorschriften dienen voor 6 februari 2018 te zijn geïmplementeerd in de Nederlandse regelgeving. Als onderdeel van deze voorschriften kent de richtlijn voor circa 300 nucliden grenswaarden voor "generieke" vrijstelling en vrijgave van onbeperkte hoeveelheden radioactieve materialen. Deze grenswaarden zijn één-op-één overgenomen in het ontwerpBesluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming¹ (hierna: ontwerpBbs).

In vergelijking met de vigerende regelgeving betekent het voorgaande dat op het moment van inwerkingtreding van de nieuwe regelgeving voor een groot aantal nucliden de grenswaarden voor generieke vrijstelling en vrijgave zullen vervallen. Uit een consultatie van stakeholders is echter duidelijk geworden dat aan deze grenswaarden wel degelijk behoefte bestaat. De reden daarvoor is dat bij gebrek aan deze grenswaarden materialen met geringe concentraties van deze radionucliden niet meer zouden kunnen worden vrijgegeven van het controlestelsel. Ook zouden bepaalde handelingen met slechts een gering blootstellingsrisico niet meer kunnen worden vrijgesteld. In beide gevallen zou dit leiden tot een toename van de administratieve- en nalevingslasten, waarvan het de vraag is of deze gerechtvaardigd kan worden op basis van het blootstellingsrisico.

In verband hiermee heeft de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) het RIVM verzocht onderzoek te doen naar mogelijke grenswaarden voor generieke vrijstelling en vrijgave van materialen met radionucliden die niet zijn opgenomen in de richtlijn. In dit briefrapport wordt een voorstel gedaan voor dergelijke grenswaarden. Uitgangspunt bij dit voorstel is dat wordt voldaan aan de "Algemene vrijstellingscriteria" in de richtlijn. Samengevat komt het voorstel neer op het volgende:

Grenswaarden voor de activiteit

De grenswaarden voor de activiteit (d.w.z. in Bq), die momenteel zijn opgenomen in de huidige Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ (hierna: Uitvoeringsregeling), kunnen bij implementatie van de nieuwe richtlijn worden gehandhaafd, onder de voorwaarde dat de toepassing daarvan beperkt blijft tot vrijstelling van gerechtvaardigde handelingen. Dat betekent dat deze grenswaarden niet kunnen worden gebruikt voor vrijgave, zoals het geval is in het huidige beleid.

Het betreft grenswaarden voor 788 nucliden van zowel kunstmatige als natuurlijke oorsprong, waarvan er 297 zijn opgenomen in Tabel B in Bijlage 3, onderdeel B, bij het ontwerpBbs. De grenswaarden voor de overige 491 nucliden kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling.

¹ De auteurs baseren zich op versie zoals gepubliceerd in de Staatscourant 2017, nr. 16500, 27 maart 2017

Een beperking tot matige hoeveelheden materiaal^{2,3} is voor toepassing van de grenswaarden voor de activiteit niet nodig. De grenswaarden kunnen worden gebruikt voor elk type materiaal. Daarmee wordt bedoeld dat deze toepasbaar zijn op materialen in vaste, vloeibare of gasvormige vorm.

Grenswaarden voor de activiteitsconcentratie

De grenswaarden voor de activiteitsconcentratie (d.w.z. in Bq/g), die momenteel zijn opgenomen in de huidige Uitvoeringsregeling kunnen voor een groot deel niet worden gehandhaafd. Voor 257 nucliden van kunstmatige oorsprong zijn grenswaarden opgenomen in Tabel A in Bijlage 3, onderdeel B, bij het ontwerpBbs. Deze grenswaarden zijn rechtsstreeks afkomstig uit de richtlijn. Hetzelfde geldt voor de nucliden van natuurlijke oorsprong uit de U-238- en Th-232-reeksen en het nuclide K-40. Voor de resterende circa 500 nucliden, waarvoor momenteel in de huidige Uitvoeringsregeling grenswaarden zijn opgenomen voor de activiteitsconcentratie, geldt:

- Voor 100 nucliden van kunstmatige oorsprong (alle met een halfwaardetijd korter dan een dag, en waarvoor in BRENK Systemplanung (2012) geen grenswaarde is afgeleid) kunnen de vigerende grenswaarden⁴ in de Uitvoeringsregeling worden gehandhaafd. Deze grenswaarden kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling, als aanvulling op deel 1 van Tabel A in Bijlage 3 van het ontwerpBbs.
- Voor 367 nucliden van kunstmatige oorsprong kunnen de vigerende grenswaarden worden vervangen door de grenswaarden, zoals afgeleid in BRENK Systemplanung (2012), in opdracht van de Zwitserse overheid. Het betreft deels grenswaarden voor nucliden die ook kunnen voorkomen als natuurlijk nuclide. Ook deze grenswaarden kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling, als aanvulling op deel 1 van Tabel A in Bijlage 3 van het ontwerpBbs.
- Voor 9 (primordiale) nucliden van natuurlijke oorsprong geldt dat de grenswaarden uit BRENK Systemplanung (2012) in enigszins aangepaste vorm kunnen worden overgenomen. Deze grenswaarden kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling, als aanvulling op deel 2 van Tabel A in Bijlage 3 van het ontwerpBbs.
- Voor de nucliden van natuurlijke oorsprong uit de U-235-reeks geldt dat de grenswaarden uit IAEA (2004) kunnen worden overgenomen. Ook deze grenswaarden kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling, als aanvulling op deel 2 van Tabel A in Bijlage 3 van het ontwerpBbs.
- Voor 21 nucliden van natuurlijke oorsprong uit de U-235-, U-238- en Th-232-reeksen en 9 primordiale nucliden zijn grenswaarden afgeleid in BRENK Systemplanung (2012), welke zijn bedoeld voor toepassing op (materialen afkomstig van) handelingen vanwege hun radioactieve, kweek- of splijteigenschappen. Afhankelijk van beleidskeuzes door de ANVS, zouden deze

² Bedoeld wordt een beperking in termen van massa.

³ In het ontwerpBbs wordt niet toegelicht wat wordt verstaan onder "matige hoeveelheden". In EC (1993) wordt dit begrip ingevuld als "maximaal in de orde van 1 ton".

⁴ Deze grenswaarden zijn gebaseerd op Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999).

grenswaarden – eventueel in een aparte tabel - kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling.

De bovenstaande grenswaarden zijn te gebruiken voor zowel vrijstelling als vrijgave van onbeperkte hoeveelheden vast materiaal.

Voor 41 nucliden (of specifieke chemische verbindingen), waarvoor momenteel in de Uitvoeringsregeling een grenswaarde is opgenomen voor de activiteits-concentratie, is binnen de scope van dit onderzoek geen nieuwe grenswaarde gevonden die voldoet aan de Algemene vrijstellingscriteria. Verder is van belang dat de hierboven beschreven grenswaarden voor de activiteitsconcentratie niet toepasbaar zijn op vloeibare en gasvormige materialen. Voor deze materialen, en voor materialen met nucliden die niet generiek kunnen worden vrijgesteld of vrijgegeven op basis van de hierboven beschreven grenswaarden, resteert de optie van specifieke vrijstelling en/of vrijgave op grond van artikel 3.19 en/of 3.21 van het ontwerpBbs.

Alle aanvullende grenswaarden zijn opgenomen in Bijlage 1 tot en met 4 bij dit briefrapport.

1 Aanleiding voor dit briefrapport

In december 2013 is door de Raad van Ministers richtlijn 2013/59/Euratom gepubliceerd, waarin geactualiseerde Europese basisnormen zijn vastgelegd voor de bescherming tegen de gevaren verbonden aan de blootstelling aan ioniserende straling. Deze basisnormen vormen het kader voor nationale regelgeving van de Lidstaten, en dienen uiterlijk op 6 februari 2018 te zijn geïmplementeerd. De richtlijn kent onder meer geactualiseerde voorschriften voor het controlestelsel van gerechtvaardigde handelingen die leiden tot blootstelling aan ioniserende straling, en de wijze waarop daarvan vrijstelling kan worden verleend.

In eerder onderzoek (o.a. Schaaf, van der, M. (2015)) is de impact onderzocht van een "beleidsarme" implementatie van deze voorschriften in de Nederlandse regelgeving. Onder andere is gesignaleerd dat een dergelijke implementatie met zich meebrengt dat voor een groot aantal nucliden de grenswaarden voor vrijstelling en vrijgave vervallen.

Vanuit diverse sectoren is aangegeven dat behoefte bestaat aan het opnieuw introduceren van grenswaarden voor de nucliden waarvoor deze in de richtlijn (en het ontwerpBbs) zijn vervallen. De reden hiervoor is met name dat voor (rest)materiaalstromen met deze nucliden bepaalde beheerroutes niet meer beschikbaar zijn. Ter illustratie is door onder andere de medische sectoren een lijst met "probleemnucliden" vastgesteld, waarvoor de hiervoor genoemde problemen te verwachten zijn.

Gezien het voorgaande heeft de ANVS het RIVM verzocht onderzoek te doen naar grenswaarden voor nucliden die niet zijn opgenomen in (de richtlijn en) het ontwerpBbs, en voldoen aan de "Algemene vrijstellingscriteria" in de richtlijn. In dit briefrapport wordt een voorstel gedaan voor dergelijke aanvullende grenswaarden.

2 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt, bij wijze van inleiding op het onderwerp vrijstelling en vrijgave van radioactieve materialen, achtereenvolgens kort ingegaan op het huidige Nederlandse beleid, de nieuwe voorschriften in richtlijn 2013/59/Euratom, en de voorgenomen implementatie van deze nieuwe voorschriften in het Nederlandse beleid.

2.1 Huidig Nederlands beleid inzake vrijstelling en vrijgave

Voor gerechtvaardigde handelingen met radionucliden van kunstmatige oorsprong geldt momenteel op grond van artikel 25, eerste lid, van het Besluit stralingsbescherming (hierna: Bs) een vergunningplicht. Op grond van artikel 103, eerste lid, of artikel 107, eerste lid, van dit besluit geldt voor werkzaamheden met natuurlijke bronnen een melding- of vergunningplicht. Het systeem van melding- en vergunningplicht (en toezicht) wordt ook wel het "controlestelsel" genoemd. In aanvulling hierop geldt een aantal aanvullende verplichtingen, welke zijn gekoppeld aan deze melding- en/of vergunningplicht.

Voor handelingen met materialen die radionucliden bevatten geldt dat vrijstelling van het controlestelsel kan worden verleend indien de activiteit (Bq) of de activiteitsconcentratie (Bq/g) in het materiaal lager is dan de grenswaarden die zijn vastgelegd in Tabel 1 in Bijlage 1.1 van de Uitvoeringsregeling. Vrijstelling van het controlestelsel houdt in dat een handeling met het materiaal kan worden aangevangen zonder dat daarvoor een vergunning of melding nodig is. Het betreft nuclidespecifieke grenswaarden voor activiteit en activiteitsconcentratie, waarbij geldt dat vrijstelling kan worden verleend indien één van beide grenswaarden wordt onderschreden.

Verder geldt, op grond van artikel 37, tweede lid, van het Bs, dat (rest)materialen die radionucliden bevatten na afloop van een gerechtvaardigde handeling kunnen worden vrijgegeven indien de activiteit of de activiteitsconcentratie in het materiaal lager is dan de hierboven genoemde grenswaarden. Vrijgave houdt in dat materialen kunnen worden (her)gebruikt, zonder dat de regelgeving op grond van de Kernenergiewet nog van toepassing is. Vrijgave is, net als vrijstelling, in het huidige systeem mogelijk op basis van overschrijding van slechts één van de twee grenswaarden.

Toepassing van de instrumenten vrijstelling en vrijgave voorkomt het onnodig reguleren van handelingen en werkzaamheden waarvan het radiologische risico zeer beperkt is (geworden).

De hiervoor genoemde grenswaarden voor vrijstelling en vrijgave zijn deels afkomstig uit richtlijn 96/29/Euratom, deels uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999), en deels (voor de nucliden uit de natuurlijke reeksen en K-40) uit een serie rapporten (Timmermans, C.W.M. (1997), Timmermans, C.W.M. (1998), Weers, van, A.W. et al (2000)) geschreven in opdracht van de Nederlandse overheid.

2.2 Nieuwe voorschriften richtlijn 2013/59/Euratom

Richtlijn 2013/59/Euratom stelt herziene voorschriften vast voor vrijstelling en vrijgave van radioactieve materialen, welke uiterlijk op 6 februari 2018 moeten zijn geïmplementeerd in nationale regelgeving. In dat kader zijn in Tabel A (activiteitsconcentratie) en in Tabel B, kolom 3 (activiteit), in Bijlage VII bij deze richtlijn nuclidespecifieke grenswaarden vastgesteld. Deze grenswaarden gelden voor "generieke" vrijstelling en vrijgave respectievelijk (alleen) voor vrijstelling van onbeperkte hoeveelheden radioactieve materialen. Ook zijn in deze bijlage zogenoemde "Algemene vrijstellingscriteria" vastgesteld, die gelden als kader voor eventuele specifieke vrijstelling en/of vrijgave.

De voorschriften in de nieuwe richtlijn verschillen op enkele punten van de vigerende Nederlandse regelgeving. Ten eerste zijn slechts voor circa 300 nucliden grenswaarden vastgesteld, waar de huidige Nederlandse regelgeving voor circa 800 nucliden grenswaarden kent. Verder geldt dat voor een groot aantal nucliden de grenswaarde voor de activiteitsconcentratie (fors) is aangescherpt ten opzichte van de vigerende grenswaarden. Een derde verschil is dat voor vrijgave enkel nog wordt getoetst aan de grenswaarde(n) voor de activiteitsconcentratie. Ten slotte gelden de grenswaarden voor vrijgave in de nieuwe richtlijn enkel voor vaste stoffen, waar de huidige grenswaarden voor vrijgave gelden voor elk type materiaal.

Voor de goede orde wordt verder nog opgemerkt dat de richtlijn de mogelijkheid biedt voor de bevoegde autoriteit om grenswaarden voor vrijstelling en vrijgave vast te stellen voor nucliden die niet zijn opgenomen in de richtlijn. Daarnaast kunnen voor specifieke toepassingen hogere grenswaarden worden vastgesteld voor vrijstelling en/of vrijgave, op voorwaarde dat wordt voldaan aan de hierboven genoemde Algemene vrijstellings- en vrijgavecriteria. Dit laatste wordt ook wel "specifieke vrijstelling" of "specifieke vrijgave" genoemd.

2.3 Implementatie nieuwe voorschriften in Nederlands beleid

De voorschriften in richtlijn 2013/59/Euratom worden momenteel onder leiding van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) geïmplementeerd in de Nederlandse regelgeving. Daarbij is er voor gekozen de hierboven genoemde tabellen A en B integraal over te nemen in (Bijlage 3 van) het ontwerpBbs, en tegelijkertijd Tabel 1 in Bijlage 1.1 van de Uitvoeringsregeling - met daarin grenswaarden voor circa 800 radionucliden - te laten vervallen. Samen zou dit onder meer tot gevolg hebben dat de Nederlandse regelgeving voor circa 500 radionucliden geen grenswaarde voor vrijstelling en vrijgave meer kent.

Het ontbreken van een grenswaarde voor een bepaald nuclide betekent dat het voor (handelingen met) dat nuclide niet mogelijk is om gebruik te maken van de instrumenten vrijstelling of vrijgave. Voor ondernemers kan dit leiden tot hogere administratieve lasten, en/of hogere kosten voor het beheer van radioactief afval. Als flankerende maatregel is daarom in artikel 3.17, vijfde lid, onder a, en artikel 3.20, vierde lid, van het ontwerpBbs voor de Minister van Infrastructuur en Milieu de bevoegdheid gecreëerd om bij ministeriële regeling grenswaarden vast te stellen voor vrijstelling respectievelijk vrijgave van radioactieve

stoffen met nucliden die niet zijn opgenomen in het ontwerpBbs. Als voorwaarde hiervoor geldt dat wordt voldaan aan de criteria, zoals geformuleerd in Bijlage 3 bij het ontwerpBbs. Dit laatste betekent onder meer dat moet worden voldaan aan een dosiscriterium van 10 $\mu\text{Sv/a}$ voor kunstmatige nucliden, en maximaal 1 mSv/a voor nucliden van natuurlijke oorsprong. Voor natuurlijke nucliden is door de ANVS een dosiscriterium van 0,3 mSv/a vastgesteld.

2.4 Afbakening

Dit onderzoek is beperkt tot een studie van beschikbare literatuur. Een toets op de praktische toepasbaarheid van de in dit rapport vermelde grenswaarden valt buiten de scope van dit onderzoek.

2.5 Radionucliden van natuurlijke oorsprong

Radionucliden zijn in te delen in "radionucliden van kunstmatige oorsprong" en "radionucliden van natuurlijke oorsprong". Radionucliden van kunstmatige oorsprong zijn nucliden die zijn ontstaan als product of als bijproduct als gevolg van processen die door de mens zijn geïnitieerd. Naast radionucliden van kunstmatige oorsprong kennen we ook radionucliden van natuurlijke oorsprong. Radionucliden van natuurlijke oorsprong omvatten "primordiale" nucliden, eventuele vervalproducten daarvan, en kosmogene nucliden. Met primordiale nucliden wordt bedoeld op nucliden die - als gevolg van een zeer lange halfwaardetijd - in de natuur aanwezig zijn sinds het ontstaan van het universum. Primordiale nucliden en hun vervalproducten worden overal in de natuur in geringe concentraties aangetroffen. Dit geldt ook voor kosmogene nucliden, die continu worden gegenereerd als gevolg van kernreacties in de atmosfeer, en vervolgens vervallen naar stabiele vervalproducten. De primordiale nucliden zijn, vanwege de mate waarin deze voorkomen in grondstoffen, halfproducten en producten, het meest van belang wanneer het gaat om vrijstelling en vrijgave van materialen.

Voor bepaalde radionucliden geldt dat deze zowel door de mens (kunnen) worden geproduceerd als dat deze van nature voorkomen. Een voorbeeld is het nuclide H-3, dat "kunstmatig" wordt geproduceerd in bijvoorbeeld de nucleaire industrie, en tegelijkertijd ook van nature aanwezig is in het milieu. Hetzelfde geldt ook voor bijvoorbeeld Ra-223, dat in versnellers wordt gegenereerd ten behoeve van nucleair geneeskundige toepassingen. De oorsprong (natuurlijk/ kunstmatig) is in een dergelijk geval onderscheidend.

In het ontwerpBbs wordt geen onderscheid meer gemaakt op grond van de oorsprong van het nuclide⁵. In plaats daarvan is een onderscheid gemaakt op basis van het feit of een nuclide wel of niet "van nature voorkomt". Dit maakt het in sommige gevallen niet helder welke voorschriften van toepassing zijn. In dit briefrapport wordt omwille van de duidelijkheid vastgehouden aan de referentie naar de oorsprong van het nuclide, en wordt om praktische redenen het begrip "radionuclide van natuurlijke oorsprong" afgebakend tot primordiale radionucliden en hun vervalproducten. In hoofdstuk 6 wordt hier verder op ingegaan.

⁵ In het Besluit stralingsbescherming wordt dit onderscheid in definities van "natuurlijke bron" en "kunstmatige bron" wel gemaakt.

2.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 3 wordt een voorstel voor generieke grenswaarden voor de activiteit voor nucliden die niet zijn opgenomen in het ontwerpBbs. In hoofdstuk 4 wordt een vergelijkbaar voorstel gedaan voor grenswaarden voor de activiteitsconcentratie. Hoofdstuk 5 gaat kort in op de toepassing van de grenswaarden op vloeistoffen, oplossingen, suspensies en gassen, en in hoofdstuk 6 wordt nader ingegaan op het onderscheid tussen radionucliden van kunstmatige en natuurlijke oorsprong. De conclusies zijn samengevat in hoofdstuk 7.

Bijlagen 1 en 2 bevatten samenvattende overzichten van grenswaarden voor respectievelijk de activiteit en de activiteitsconcentratie voor nucliden die niet zijn opgenomen in het ontwerpBbs.

3 Grenswaarden voor de activiteit

3.1 Vigerende grenswaarden

Momenteel zijn in kolom 3 van Tabel 1 in Bijlage 1.1 van de Uitvoeringsregeling grenswaarden voor de activiteit opgenomen voor 788 nucliden, die van toepassing zijn verklaard voor zowel vrijstelling als vrijgave van radioactief materiaal. Er zijn in de Uitvoeringsregeling geen beperking opgenomen ten aanzien van de hoeveelheid vrij te stellen of vrij te geven materiaal.

Van deze grenswaarden zijn 299 oorspronkelijk afkomstig uit Tabel A in Bijlage I bij richtlijn 96/29/Euratom. De grenswaarden voor de overige 489 nucliden zijn afgeleid door de Engelse *National Radiological Protection Board* (NRPB) in Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999).

3.2 Grenswaarden in richtlijn 2013/59/Euratom

3.2.1 Algemeen

Tabel B van richtlijn 2013/59/Euratom bevat voor 297 nucliden van kunstmatige en natuurlijke oorsprong grenswaarden voor de activiteit. Deze tabel is vrijwel identiek aan Tabel A in Bijlage I bij richtlijn 96/29/Euratom, met als enige verschil dat in richtlijn 2013/59/Euratom de grenswaarden voor de activiteit voor de nucliden U-238sec en Th-232 zijn geschrapt.

De 297 grenswaarden voor de activiteit in richtlijn 2013/59/Euratom zijn momenteel ook opgenomen in de Uitvoeringsregeling. De grenswaarden zijn bedoeld voor de vrijstelling van handelingen met elk type materiaal, en er zijn geen beperkingen gesteld ten aanzien van de hoeveelheid vrij te stellen materiaal⁶.

De achtergrond van de bovengenoemde grenswaarden voor de activiteit is beschreven in EC (1993). Hieruit valt op te maken dat deze grenswaarden (enkel) zijn bedoeld voor vrijstelling, en niet voor vrijgave. Hieronder wordt verder ingegaan op de achtergrond van de grenswaarden.

3.2.2 Dosiscriteria

Bij de afleiding van de nuclidespecifieke grenswaarden voor de activiteit in EC (1993) zijn de volgende dosiscriteria zijn toegepast, als begrenzing voor de dosisberekeningen.

- Effectieve dosis van 10 $\mu\text{Sv/a}$ voor een individu ten gevolge van een regulier scenario;
- Effectieve dosis van 1 mSv voor een individu ten gevolge van een incident scenario;
- (lokale) equivalente huiddosis van 50 mSv/a per cm^2 ten gevolge van zowel reguliere als incident-scenario's, ter voorkoming van deterministische effecten.

⁶ Met "hoeveelheid" wordt hier bedoeld op massa.

3.2.3 *Berekeningen*

De basis voor de berekening van de grenswaarden in EC (1993) is een set van drie blootstellingsscenario's: Eén voor blootstelling van (niet-blootgestelde) werknemers ten gevolge van normaal gebruik, één voor blootstelling van (niet-blootgestelde) werknemers ten gevolge een incident, en één voor blootstelling van leden van bevolking na stort van materiaal op een deponie. Van belang is dat de scenario's geen betrekking hebben op situaties die te zijn associëren met vrijgave.

De scenario's hebben betrekking op vaste stoffen, vloeistoffen/oplossingen en gassen.

Voor elk scenario zijn zowel de totale effectieve jaardosis als de jaarlijkse equivalente huiddosis bepaald ten gevolge van de aanwezigheid van 1 Bq van het betreffende nuclide. Bij de bepaling van de effectieve jaardosis zijn per scenario de bijdragen van de diverse blootstellingspaden gesommeerd. De equivalente huiddosis is ook apart berekend en getoetst. Hierbij is gebruik gemaakt van dosisconversiefactoren voor huidbesmetting en externe straling uit wetenschappelijke literatuur uit de jaren '80, en de dosisconversiefactoren voor ingestie en inhalatie zoals vastgelegd in ICRP (1979). De bijdrage van eventuele dochternucliden is in de berekeningen meegenomen.

Voor elk scenario zijn voor alle beschouwde nucliden de hoeveelheden activiteit bepaald die in het betreffende scenario leiden tot doses gelijk aan de dosiscriteria (zie paragraaf 3.2.1). Per nuclide is vervolgens de laagste (meest conservatieve) van deze hoeveelheden activiteit geselecteerd, en uiteindelijk volgens een "logaritmische" afrondingsregel afgerond naar een macht van 10. Met dat laatste wordt bedoeld dat getallen tussen de 3×10^x en $3 \times 10^{x+1}$ worden afgerond naar 10^{x+1} . De op deze manier afgeronde waarde is uiteindelijk vastgesteld als grenswaarde voor het betreffende nuclide.

3.3 **Implementatie richtlijn 2013/59/Euratom in Nederlandse regelgeving**

Tabel B in Bijlage VII bij richtlijn 2013/59/Euratom is één-op-één overgenomen in het ontwerpBbs. Zoals eerder aangegeven komt tegelijkertijd Tabel 1 in Bijlage 1.1 van de Uitvoeringsregeling te vervallen, wat zou betekenen dat voor 491 nucliden geen grenswaarde voor de activiteit meer geldt.

Lidstaten hebben de mogelijkheid om grenswaarden vast te stellen voor aanvullende nucliden, op voorwaarde dat wordt voldaan aan de "Algemene vrijstellingscriteria" in Bijlage VII bij de richtlijn. In verband met de door de ANVS gewenste "beleidsarme" implementatie ligt het voor de hand om als eerste stap te verkennen of en in hoeverre dit het geval is voor de activiteits-grenswaarden die momenteel voor deze nucliden zijn vastgelegd in de vigerende Uitvoeringsregeling.

3.4 **Grenswaarden voor aanvullende nucliden**

Zoals aangegeven in paragraaf 3.1 zijn in het verleden voor 489 aanvullende nucliden grenswaarden vastgesteld. Deze zijn afgeleid op

basis van exact dezelfde uitgangspunten als die waren gehanteerd bij het afleiden van de grenswaarden uit richtlijn 96/29/Euratom. Voor de goede orde wordt opgemerkt dat dit logischerwijs ook geldt voor de grenswaarden voor de nucliden Th-232 en U-238sec, welke in richtlijn 2013/59/Euratom zijn vervallen, maar momenteel zijn opgenomen in de Uitvoeringsregeling. Deze grenswaarden zijn afgeleid in EC (1993) op basis van dezelfde uitgangspunten.

3.5 Appreciatie

Omdat de gehanteerde uitgangspunten overeenkomen met de Algemene vrijstellingscriteria in richtlijn 2013/59/Euratom kunnen de grenswaarden voor deze nucliden bij implementatie van richtlijn 2013/59/Euratom in de Nederlandse regelgeving worden gehandhaafd. Van belang is wel dat de toepassing van deze grenswaarden wordt beperkt tot vrijstelling. Dit laatste omdat, zoals benoemd in paragraaf 3.2, in Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) alleen is gerekend met scenario's die betrekking hebben op vrijstelling.

Samengevat betekent het bovenstaande dat alle grenswaarden voor de activiteit in de Uitvoeringsregeling in beginsel gehandhaafd kunnen blijven, en dat de toepassing van deze grenswaarden beperkt is tot vrijstelling. Een overzicht van de grenswaarden die op basis hiervan ter aanvulling op Tabel B in Bijlage 3 van het ontwerpBbs kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling is weergegeven in Bijlage 1 bij dit briefrapport.

4 Grenswaarden voor de activiteitsconcentratie

4.1 Vigerende grenswaarden

Momenteel zijn in kolom 2 van Tabel 1 in Bijlage 1.1 van de Uitvoeringsregeling grenswaarden voor de activiteitsconcentratie opgenomen voor 788 nucliden, die - voorzien van enkele kleine aanpassingen - van toepassing zijn verklaard voor zowel vrijstelling als vrijgave van radioactief materiaal. Er zijn in de Uitvoeringsregeling geen beperking opgenomen ten aanzien van de hoeveelheid vrij te stellen of vrij te geven materiaal.

Van deze grenswaarden zijn 299 oorspronkelijk afkomstig uit Tabel A in Bijlage I bij richtlijn 96/29/Euratom. De grenswaarden voor de overige 489 nucliden zijn afgeleid door de Engelse *National Radiological Protection Board* (NRPB) in Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999).

In Schaaf, van der, M., et al. (2016) is betoogd dat deze grenswaarden zijn afgeleid voor (enkel) vrijstelling van beperkte hoeveelheden, en daarom in zijn algemeenheid niet zijn te gebruiken voor vrijgave van onbeperkte hoeveelheden radioactieve materialen.

4.2 Grenswaarden in richtlijn 2013/59/Euratom

4.2.1 Algemeen

Tabel A in Bijlage VII bij richtlijn 2013/59/Euratom bevat voor circa 300 nucliden⁷ grenswaarden voor de activiteitsconcentratie. De tabel is onderverdeeld in een deeltabel 1 met grenswaarden voor 257 nucliden van kunstmatige oorsprong, en een deeltabel 2 met grenswaarden voor nucliden van natuurlijke oorsprong. De grenswaarden zijn van toepassing op zowel vrijstelling als vrijgave van materialen in vaste vorm, maar niet bedoeld voor toepassing op vloeistoffen en gassen. Er zijn geen beperkingen gesteld ten aanzien van de hoeveelheid vrij te stellen of vrij te geven materiaal.

De grenswaarden uit de bovengenoemde Tabel A zijn overgenomen uit IAEA (2004). De achtergrond van deze grenswaarden in Tabel A is beschreven in IAEA (2005) en EC (2010), en hieronder kort samengevat.

4.2.2 Dosiscriteria

4.2.2.1 Nucliden van kunstmatige oorsprong

De grenswaarden voor radionucliden van kunstmatige oorsprong in deel 1 van Tabel A in Bijlage VII bij richtlijn 2013/59/Euratom zijn afgeleid op basis van scenarioberekeningen, waarbij de volgende dosiscriteria zijn toegepast:

- Effectieve dosis van 10 $\mu\text{Sv/a}$ voor een individu ten gevolge van een regulier scenario;

⁷ Deel 1 van Tabel A bevat grenswaarden voor 257 nucliden, welke doorgaans als kunstmatig worden beschouwd. Deel 2 van Tabel A bevat één grenswaarde voor alle nucliden uit de U-238 en de Th-232-reeksen, onder de aanname van evenwicht met hun dochters, en een grenswaarde voor K-40. Uitgaande van de vervalreeksen betreft dit in totaal 29 nucliden.

- Effectieve dosis van 1 mSv voor een individu ten gevolge van een conservatief scenario;
- (lokale) equivalente huiddosis van 50 mSv/a per cm² ten gevolge van zowel reguliere als conservatieve scenario's, ter voorkoming van deterministische effecten.

Merk op dat de bovenstaande dosiscriteria identiek zijn aan die in paragraaf 3.2.2.

4.2.2.2 Nucliden van natuurlijke oorsprong

De grenswaarden voor radionucliden van natuurlijke oorsprong in deel 2 van Tabel A in Bijlage VII bij richtlijn 2013/59/Euratom zijn niet bepaald op basis van een dosis criterium. In IAEA (2004) wordt opgemerkt dat het onwaarschijnlijk is dat individuele doses ten gevolge van werkzaamheden met deze activiteitsconcentraties een waarde van ongeveer 1 mSv/a (exclusief de bijdrage van radon) zullen overschrijden. Dit is waarschijnlijk de reden dat deze waarde in de Algemene vrijstellingscriteria in de richtlijn als "dosis criterium" wordt genoemd voor (specifieke) vrijstelling en vrijgave van materialen met radionucliden van natuurlijke oorsprong.

4.2.3 *Berekeningen*

4.2.3.1 Radionucliden van kunstmatige oorsprong

Bij de afleiding van de grenswaarden in deel 1 van Tabel A is een set van acht realistische en conservatieve blootstellingsscenario's doorgerekend. Deze scenario's omvatten de blootstellingspaden externe bestraling, inhalatie van besmet stof, ingestie van besmet water en voedsel, en besmetting van de huid. De scenario's beschrijven de blootstelling van leden van de bevolking, inclusief kinderen en niet-blootgestelde werknemers, en hebben betrekking op vaste stoffen. In tegenstelling tot Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) hebben de scenario's betrekking op zowel vrijstelling als vrijgave. Van belang is verder dat het gebruik van radioactief materiaal in de beschouwde scenario's niet is beperkt in termen van hoeveelheid materiaal.

De aanpak van de scenarioberekeningen in IAEA (2005) is in grote lijnen dezelfde als beschreven in EC (1993). Voor elk scenario zijn de totale effectieve jaardosis en de jaarlijkse equivalente huiddosis bepaald ten gevolge van de aanwezigheid van 1 Bq/g van het betreffende nuclide. Bij de bepaling van de effectieve dosis zijn per scenario de bijdragen van de diverse blootstellingspaden gesommeerd, exclusief de bijdrage van huidbesmetting. De equivalente huiddosis is apart berekend en getoetst, en niet geconverteerd naar effectieve dosis. Hierbij is gebruik gemaakt van dosisconversiefactoren voor huidbesmetting en externe straling uit wetenschappelijke literatuur uit de jaren '80, en de dosisconversiefactoren voor ingestie en inhalatie zoals vastgelegd in ICRP (1979). De bijdrage van eventuele dochternucliden is in de berekeningen meegenomen via de introductie van weegfactoren.

Voor elk scenario zijn voor alle beschouwde nucliden de activiteitsconcentraties bepaald die in de betreffende scenario's leiden tot doses gelijk aan de dosis criteria. Per nuclide is vervolgens de laagste van deze berekende activiteits-concentraties geselecteerd, en afgerond naar een macht van 10. Deze afronding is net als in EC (1993) uitgevoerd met een "logaritmische" afrondingsregel (zie paragraaf

3.2.2). De op deze manier verkregen waarde is uiteindelijk vastgesteld als grenswaarde voor het betreffende nuclide.

4.2.3.2 Radionucliden van natuurlijke oorsprong

De grenswaarden in deel 2 van Tabel 1, welke gelden voor K-40 en de nucliden uit de Th-232- en de U-238-reeks, zijn afkomstig uit IAEA (2004). Deze grenswaarden zijn gebaseerd op een beschouwing van wereldwijd waargenomen activiteitsconcentraties in de onverstoorde bodem, en de activiteitsconcentraties die worden aangetroffen in ertsen, minerale zanden en industriële residuen. De uiteindelijk vastgestelde waarden zijn ongeveer een factor 20 hoger dan het wereldwijd (naar aantal inwoners) gewogen gemiddelde van de activiteitsconcentraties in de onverstoorde bodem. Opmerkelijk is dat in de tabel in de richtlijn geen grenswaarden zijn opgenomen voor de nucliden uit de U-235-reeks, die wel zijn opgenomen in IAEA (2004).

De grenswaarden kunnen zowel op de individuele nucliden als op de moeders van deelreeksen (onder de aanname van evenwicht in de (deel)reeks) worden toegepast. In Bijlage VII bij richtlijn 2013/59/Euratom wordt hier nog aan toegevoegd dat voor bepaalde trajecten van de vervalcyclus die niet in evenwicht zijn met het moedernuclide hogere waarden kunnen worden toegepast.

Van belang is vast te stellen dat er geen scenariostudies ten grondslag liggen aan de grenswaarden voor K-40 en de nucliden uit de Th-232- en de U-238-reeks.

4.3 Implementatie richtlijn

Zoals eerder aangegeven betekent een "beleidsarme" implementatie van de voorschriften inzake vrijstelling en vrijgave uit richtlijn 2013/59/Euratom in het Nederlandse beleid een aantal wijzigingen ten opzichte van het vigerende beleid. Zo worden de 788 grenswaarden voor de activiteitsconcentratie in Tabel 1 in Bijlage 1.1 van de Uitvoeringsregeling vervangen door grenswaarden in Tabel A deel 1 (257 nucliden) en deel 2 in Bijlage VII bij richtlijn 2013/59/Euratom. Dat zou betekenen dat voor een groot aantal nucliden geen grenswaarde voor de activiteitsconcentratie meer geldt, en dat materialen met deze nucliden niet meer kunnen worden vrijgegeven. Daarnaast geldt dat generieke vrijgave enkel nog mogelijk is voor vaste materialen, op basis van een toetsing aan (enkel) grenswaarden voor de activiteitsconcentratie.

Net als voor de grenswaarden voor de activiteit geldt dat Lidstaten grenswaarden kunnen vaststellen voor de activiteitsconcentratie voor aanvullende nucliden, op voorwaarde dat wordt voldaan aan de "Algemene vrijstellingscriteria" in Bijlage VII bij de richtlijn. In de volgende paragrafen worden twee documenten beschouwd waarin grenswaarden voor aanvullende nucliden zijn opgenomen.

4.4 Grenswaarden voor aanvullende nucliden

4.4.1 Nucliden van kunstmatige oorsprong

In opdracht van de Zwitserse overheid zijn in BRENK Systemplanung (2012) grenswaarden voor de activiteitsconcentratie berekend voor 724

nucliden van kunstmatige oorsprong. Deze grenswaarden kunnen worden gebruikt voor zowel vrijstelling als vrijgave van onbeperkte hoeveelheden radioactieve materialen. Van deze 724 nucliden van kunstmatige oorsprong zijn er 467 aanvullend op bovengenoemde Tabel A, deel 1, en daarvan zijn er 29 momenteel niet opgenomen in de vigerende Uitvoeringsregeling.

Voor 100 van de in totaal 467 aanvullende nucliden van kunstmatige oorsprong zijn in BRENK Systemplanung (2012) geen betekenisvolle resultaten afgeleid. Het betreft nucliden met een halfwaardetijd korter dan 1 dag, waarvoor de gehanteerde methodiek, waarin met name vrijgavescenario's worden beschouwd, extreem hoge (niet realistische) waarden oplevert. Hiervoor is een vrij willekeurige "afkapwaarde" van 10^{10} Bq/g gehanteerd, als maximale waarde voor een grenswaarde voor generieke vrijstelling en vrijgave. Merk op dat voor 7 nucliden deze afkapwaarde per abuis niet is toegepast. Het RIVM heeft hiervoor gecorrigeerd. In BRENK Systemplanung (2012) wordt geadviseerd voor deze nucliden een keuze te maken tussen het vaststellen van een grenswaarde van 10^{10} Bq/g, of terug te vallen op de grenswaarden die in 1998 zijn afgeleid in Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999), en welke momenteel zijn opgenomen in de Uitvoeringsregeling.

Opgemerkt wordt nog dat BRENK Systemplanung (2012) voor 41 nucliden van kunstmatige oorsprong uit de huidige Uitvoeringsregeling geen grenswaarde biedt. Het betreft onder meer edelgassen en nucliden in enkele specifieke chemische verbindingen. Deze nucliden zijn weergegeven in Tabel 1. Niet is onderzocht of het ontbreken van grenswaarden voor deze nucliden in de praktijk tot problemen leidt.

Tabel 1: Nucliden uit de Uitvoeringsregeling waarvoor in BRENK Systemplanung (2012) geen grenswaarden zijn opgenomen

Groep	Nucliden
Specifieke verbindingen	H-3 (getritieerd), C-11 (monoxide), C-11 (dioxide), C-14 (monoxide), C-14 (dioxide), S-35 (organisch), S-35 (damp), Hg-195m+ (organisch), Hg-197m (organisch)
Edelgassen	Ne-19, Ar-37, Ar-39, Ar-41, Kr-74, Kr-76, Kr-77, Kr-79, Kr-81, Kr-81m, Kr-83m, Kr-85, Kr-85m, Kr-87, Kr-88, Xe-120, Xe-121, Xe-122+, Xe-123, Xe-125, Xe-127, Xe-129m, Xe-131m, Xe-133m, Xe-133, Xe-135m, Xe-135, Xe-138
Overige nucliden	Ba-137m, Eu-150 (12.6 h), Tb-156m (5 h), U-240+

4.4.2 Nucliden van natuurlijke oorsprong

Ter aanvulling van Tabel A, deel 2, van Bijlage 3 bij het ontwerpBbs komen grenswaarden uit BRENK Systemplanung (2012) en IAEA (2004)

in aanmerking. In BRENK Systemplanung (2012) zijn grenswaarden opgenomen voor 9 aanvullende enkelvoudige primordiale nucliden. Van belang hierbij is op te merken dat deze grenswaarden zijn bepaald op basis van scenarioberekeningen en een dosiscriterium van 10 $\mu\text{Sv/a}$. De onafgeronde waarden zijn door het RIVM herberekend aan de hand van het door de ANVS gegeven dosiscriterium van 0,3 mSv/a voor grenswaarden voor van natuurlijke oorsprong, en vervolgens afgerond conform de afrondingsmethodiek zoals beschreven in paragraaf 3.2.3.

Daarnaast is in IAEA (2004) één enkele grenswaarde opgenomen voor de U-235-reeks, die van toepassing is op zowel de individuele nucliden uit deze reeks als op de moeders van deelreeksen (onder de aanname van evenwicht in de (deel)reeks). Zoals eerder opgemerkt liggen er geen scenariostudies ten grondslag aan deze grenswaarden.

Ten slotte is relevant dat in BRENK Systemplanung (2012) betekenisvolle grenswaarden voor generieke vrijstelling en vrijgave zijn afgeleid voor 21 radionucliden van natuurlijke oorsprong uit de Th-232, U-235 en U-238-reeksen. Belangrijk is om te signaleren dat het hierbij gaat om (materiaal met) nucliden van natuurlijke oorsprong, afkomstig van toepassingen vanwege de radioactieve, kweek- of splijteigenschappen van deze nucliden. Ook deze grenswaarden zijn bepaald op basis van scenarioberekeningen en een dosiscriterium van 10 $\mu\text{Sv/a}$.

4.5 **Appreciatie**

4.5.1 *Nucliden van kunstmatige oorsprong*

Alle in BRENK Systemplanung (2012) afgeleide grenswaarden zijn gebaseerd op scenarioberekeningen en een dosiscriterium van 10 $\mu\text{Sv/a}$. De technische uitgangspunten en dosiscriteria die zijn gehanteerd bij de scenarioberekeningen zijn conform hetgeen is beschreven in paragraaf 4.2, echter zonder dat een afronding naar machten van 10 is uitgevoerd.

Het voorgaande betekent dat de grenswaarden die zijn afgeleid in BRENK Systemplanung (2012) voldoen aan de "Algemene vrijstellingscriteria" in Bijlage VII van richtlijn 2013/59/Euratom. Dat is overigens niet verrassend, omdat BRENK in beide gevallen de berekeningen heeft uitgevoerd.

De in BRENK Systemplanung (2012) afgeleide grenswaarden voor aanvullende nucliden zijn door het RIVM afgerond naar machten van 10, volgens de "logaritmische" methode in paragraaf 3.2.3, en vervolgens vergeleken met de vigerende grenswaarden in de Uitvoeringsregeling. Hieruit blijkt dat de in BRENK Systemplanung (2012) afgeleide grenswaarden voor een groot aantal nucliden strenger (lager) zijn dan de grenswaarden in de vigerende Uitvoeringsregeling⁸. Voor enkele andere nucliden zijn de grenswaarden hoger dan de vigerende.

⁸ In RIVM-rapport 2015-0141 was al eerder gesignaleerd dat met de introductie van Tabel A uit de richtlijn de grenswaarden voor circa 140 van de circa 300 nucliden zijn aangescherpt, in vergelijking met de vigerende Uitvoeringsregeling.

Voor de grenswaarden in Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) - waarnaar wordt verwezen voor de nucliden waarvoor in BRENK Systemplanung (2012) geen zinvolle grenswaarden werd afgeleid - geldt dat deze eveneens zijn berekend op basis van scenarioberekeningen en een dosiscriterium van 10 $\mu\text{Sv/a}$. Voor beide geldt dat de technische uitgangspunten conform zijn hetgeen is beschreven in paragraaf 4.2.1 en 4.2.2, met als belangrijk verschil dat in Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) vrijwel geen vrijgavescenario's zijn beschouwd. Dit laatste is echter wat betreft de toepassing van deze grenswaarden op nucliden met korte halfwaardetijden van weinig belang. Om deze reden is het verdedigbaar om deze waarden te hanteren voor de 100 nucliden waarvoor in BRENK Systemplanung (2012) een waarde van 10^{10} Bq/g of meer is gerapporteerd.

Samengevat betekent dit dat BRENK Systemplanung (2012) voor uiteindelijk 367 aanvullende nucliden van kunstmatige oorsprong een grenswaarde biedt, en dat voor 100 nucliden aanvullende nucliden van kunstmatige oorsprong een grenswaarde kan worden gevonden in Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999). Deze grenswaarden kunnen worden toegepast voor generieke vrijstelling en vrijgave van onbeperkte hoeveelheden vaste materialen. Een overzicht van de grenswaarden die op basis hiervan ter aanvulling op Tabel A, deel 1, in Bijlage 3 van het ontwerpBbs, kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling is weergegeven in Bijlage 2 bij dit briefrapport.

4.5.2 *Nucliden van natuurlijke oorsprong*

Zoals aangegeven zijn de grenswaarden voor de nucliden uit de U-235-reeks in IAEA (2004), net als die voor de nucliden uit de U-238 en Th-232-reeks, gebaseerd op waargenomen concentraties in de onverstoorde aardkorst, ertsen, etc. De grenswaarden in IAEA (2004) zijn daarmee in overeenstemming met de benadering in de richtlijn. Verder geldt dat, afgaande op overweging 37 in de preambule bij de richtlijn, een verwijzing naar dit document een toegestane optie is. Deze grenswaarden kunnen worden toegepast voor generieke vrijstelling en vrijgave van onbeperkte hoeveelheden vaste materialen. Voor de grenswaarden voor de 9 aanvullende enkelvoudige primordiale nucliden in BRENK Systemplanung (2012) geldt dat de gehanteerde berekeningswijze - net als die voor kunstmatige radionucliden - in overeenstemming is met de richtlijn. Om de grenswaarden in overeenstemming te brengen met het dosiscriterium van 0,3 mSv/a (zie paragraaf 2.3), zijn deze waarden vermenigvuldigd met een factor 30. Ten slotte zijn de waarden afgerond conform de afrondingsprocedure in paragraaf 3.2.3. De op deze manier bepaalde grenswaarden kunnen worden toegepast voor generieke vrijstelling en vrijgave van onbeperkte hoeveelheden vaste materialen.

Een overzicht van de grenswaarden die op basis van het voorgaande ter aanvulling op Tabel A, deel 2, in Bijlage 3 van het ontwerpBbs, kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling is weergegeven in Bijlage 3 bij dit briefrapport.

4.5.3 *Nucliden van natuurlijke oorsprong die worden toegepast vanwege radioactieve, kweek- of splijteigenschappen*

De grenswaarden in BRENK Systemplanung (2012) voor 21 radionucliden van natuurlijke oorsprong uit de Th-232, U-235 en U-238-reeksen en 9 primordiale nucliden zijn op grond van het voorgaande in overeenstemming met de Algemene vrijstellingscriteria in de richtlijn, zoals die gelden voor kunstmatige radionucliden. Dat betekent dat deze waarden, afhankelijk van beleidskeuzes van de ANVS, zouden kunnen worden als grenswaarden voor vrijstelling en vrijgave van materialen met nucliden van natuurlijke oorsprong, die worden toegepast vanwege radioactieve, kweek- of splijteigenschappen.

Een overzicht van deze grenswaarden is weergegeven in Bijlage 4 bij dit briefrapport.

5 Vloeistoffen en gassen

In de vorige hoofdstukken is ingegaan op de grenswaarden voor vrijstelling en vrijgave in de nieuwe voorgenomen regelgeving, en de beperkingen met betrekking tot de toepassing daarvan. Samengevat geldt:

- De grenswaarden voor de activiteit kunnen worden gebruikt voor (generieke) vrijstelling van elk type materiaal, en
- De grenswaarden voor de activiteitsconcentratie kunnen gebruikt worden voor (generieke) vrijstelling én vrijgave, maar zijn alleen van toepassing op vast materiaal.

Het is in de praktijk echter niet ondenkbaar dat een ondernemer vloeibaar (zuivere vloeistoffen, oplossingen of suspensies) of gasvormig materiaal voorhanden heeft, waarvan de activiteitsconcentratie zodanig laag is (geworden) dat het radiologisch risico een (voortzetting van het) regime van het controlestelsel niet rechtvaardigt. Hieronder wordt verkend hoe de instrumenten vrijstelling en vrijgave kunnen worden toegepast op vloeistoffen en gassen.

5.1 Vrijstelling van vloeistoffen en gassen

Zoals eerder aangegeven, kan voor generieke vrijstelling van gassen en vloeistoffen worden getoetst aan de grenswaarde(n) voor de activiteit. De grenswaarde(n) voor de activiteitsconcentratie zijn niet van toepassing op gassen en vloeistoffen. Voor grote hoeveelheden gasvormig of vloeibaar materiaal met geringe concentraties radioactiviteit geldt dat de grenswaarde voor de activiteit kan worden overschreden. Omdat niet kan worden getoetst aan de grenswaarde(n) voor de activiteitsconcentratie kunnen handelingen met het materiaal in een dergelijk geval niet generiek worden vrijgesteld. Dit geldt ook voor handelingen waarvan het radiologisch risico zeer beperkt is.

Dit is bijvoorbeeld aan de orde voor het Nederlandse aardgasnetwerk. Gezien de hoeveelheden aardgas en de activiteitsconcentraties radon in dit gas is het niet onwaarschijnlijk dat de grenswaarde voor de activiteit wordt overschreden. Vanwege het gasvormige karakter kan niet worden getoetst aan de grenswaarde voor de activiteitsconcentratie. Dit betekent dat het voorhanden hebben van dit materiaal niet (generiek) kan worden vrijgesteld van het controlestelsel op grond van artikel 3.17 van het ontwerpBbs. Het is, gezien het vermoedelijk zeer beperkte radiologische risico, de vraag of dit wenselijk is. Het voorgaande geldt eveneens voor het voorhanden hebben van gecomprimeerd vloeibaar aardgas.

Een optie is om gebruik te maken van het instrument specifieke vrijstelling, op grond van artikel 3.19 van het ontwerpBbs. Dit komt neer op het vaststellen van een grenswaarde die specifiek geldt voor het vrijstellen van het voorhanden hebben van aardgas met vastgestelde concentraties radon. Afhankelijk van de precieze invulling van deze beleidsoptie zullen hier mogelijk voorwaarden aan moeten worden

verbonden, om te borgen dat wordt voldaan aan de Algemene vrijstellingscriteria in de richtlijn.

5.2 Vrijgave van vloeistoffen en gassen

Op vergelijkbare wijze geldt dat het vervallen van grenswaarden voor generieke vrijgave die toepasbaar zijn op vloeibaar of gasvormig restmateriaal betekent dat handelingen met dergelijk materiaal niet meer (generiek) kunnen worden vrijgegeven van het controlestelsel op grond van artikel 3.20 van het ontwerpBbs. Dit geldt ook voor handelingen waarvan het radiologisch risico zeer beperkt is.

Voorbeelden hiervan zijn natte sludges uit de olie- en gasindustrie met daarin radioactiviteit van natuurlijke oorsprong, en vloeistoffen en gassen met radioactiviteit van kunstmatige oorsprong afkomstig van de nucleaire of de medische sector. In sommige gevallen biedt in de praktijk lozing⁹ van het materiaal naar de lucht, het riool of oppervlaktewater een uitkomst, op voorwaarde dat "conventionele" milieuvorschriften zich hier niet tegen verzetten. In andere gevallen is dit niet mogelijk, vanwege de chemische of biologische eigenschappen van het materiaal, en/of vanwege de aanzienlijke hoeveelheden.

Een optie is om gebruik te maken van het instrument specifieke vrijgave, op grond van artikel 3.21 van het ontwerpBbs. Dit komt neer op het vaststellen van een grenswaarde die specifiek geldt voor het vrijgeven van het specifieke vloeibare of gasvormige materiaal, met vastgestelde concentraties radionucliden. Afhankelijk van de precieze invulling van deze beleidsoptie zullen hier mogelijk voorwaarden aan moeten worden verbonden, om te borgen dat wordt voldaan aan de Algemene vrijstellingscriteria in de richtlijn.

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat in sommige gevallen tevens een chemische bewerking van het materiaal noodzakelijk is, om te kunnen voldoen aan de regelgeving op grond van de Wet milieubeheer. Dit is bijvoorbeeld het geval voor het zich ontdoen van natte sludges uit de olie- en gasindustrie.

⁹ Op grond van artikel 10.3 (nucliden van kunstmatige oorsprong) of 10.4 (nucliden van natuurlijke oorsprong) van het ontwerpBbs is lozing naar lucht, water of het openbare riool vrijgesteld van het controlestelsel indien deze kleiner is dan de in deze voorschriften opgenomen waarden. Het betreft feitelijk grenswaarden voor de jaarlijkse hoeveelheden te lozen radioactiviteit. Ter illustratie: Bij het enkel lozen van I-131 naar het riool gaat het om maximaal $4,5 \times 10^8$ Bq per jaar.

6 Radionucliden van natuurlijke en kunstmatige oorsprong

In de vigerende regelgeving wordt onderscheid gemaakt tussen handelingen en werkzaamheden. Op basis van dit onderscheid kan bij werkzaamheden met een radioactieve stof van "natuurlijke oorsprong" met een activiteitsconcentratie tussen de één en de tienmaal de grenswaarde worden volstaan met een melding, waarbij voor handelingen met dezelfde concentraties een vergunning nodig is. Dit onderscheid is gebaseerd op de intentie van de ondernemer (bewust gebruik van radioactieve, splijt- of kweekeigenschappen versus onbedoelde blootstelling aan straling als bijeffect).

In de nieuwe richtlijn en het ontwerpBbs is het onderscheid tussen handelingen en werkzaamheden verlaten. Ook wordt in de definities geen verwijzing meer gemaakt naar de oorsprong van de bron, maar is van belang of het nuclide wel of niet van nature voorkomt. Dit onderscheid tussen "kunstmatige radionucliden" en "van nature voorkomende radionucliden" is om drie redenen van belang:

1. Voor toepassing van de instrumenten vrijstelling en vrijgave moet duidelijk zijn aan welke grenswaarde(n) moet worden getoetst. Dit is vastgelegd in artikel 3.17, eerste lid, onder b (vrijstelling), en artikel 3.20, eerste lid, onder a (vrijgave), van het ontwerpBbs. Deze voorschriften komen er op neer dat voor kunstmatige radionucliden moet worden getoetst aan de grenswaarden in tabel A, deel 1, en voor van nature voorkomende radionucliden aan de grenswaarden in deel 2 van die tabel;
2. Verder moet duidelijk zijn welke dosiscriteria in acht moeten worden genomen bij het vaststellen van grenswaarden voor nucliden die niet zijn opgenomen in de richtlijn (en het ontwerpBbs). Aan zowel deel 1 als deel 2 van Tabel A kunnen grenswaarden voor aanvullende nucliden worden toegevoegd, op voorwaarde dat wordt voldaan aan de Algemene vrijstellingscriteria in Bijlage 3. Bij de toepassing van deze vrijstellingscriteria wordt een onderscheid gemaakt tussen kunstmatige radionucliden en van nature voorkomende radionucliden, waarbij het te hanteren dosiscriterium voor van nature voorkomende radionucliden maximaal 30 keer zo hoog is als dat voor kunstmatige nucliden, tenzij deze materialen het resultaat zijn van een handeling waarbij natuurlijke radionucliden worden verwerkt vanwege hun eigenschappen als splijt- of kweekstof;
3. Het bepalen van het toepasselijke niveau van het controlestelsel voor handelingen met open radioactieve stoffen is (mede) afhankelijk van het type nuclide: Voor handelingen met materialen met daarin van nature voorkomende nucliden in concentraties hoger dan de vrijstellingsgrenswaarden geldt in een aantal gevallen een registratieplicht, waar voor handelingen met kunstmatige nucliden in vergelijkbare gevallen altijd een vergunningplicht geldt.

Opgemerkt wordt dat een aantal nucliden zowel kunstmatig kunnen worden geproduceerd als van nature kunnen voorkomen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de nucliden H-3 en C-14, die "kunstmatig" worden gegenereerd in o.a. de nucleaire industrie, maar ook van nature aanwezig zijn in de atmosfeer. Verder wordt het nuclide Ra-223 kunstmatig geproduceerd voor toediening aan patiënten, maar is het tevens van nature als vervalproduct van U-235 aanwezig in de bodem en in grondstoffen. Voor deze gevallen is het onderscheid tussen "kunstmatige radionucliden" en "van nature voorkomende radionucliden" dus niet altijd bijzonder duidelijk, met als gevolg dat onzekerheid kan bestaan welke voorschriften van toepassing zijn.

Het bovenstaande is niet slechts een theoretisch probleem. Voor dit onderzoek moet het duidelijk zijn aan welke dosiscriteria dient te worden getoetst bij het vaststellen van grenswaarden voor nucliden die niet zijn opgenomen in het ontwerpBbs. Daarnaast is het voorstelbaar dat voor nucliden die zowel als "kunstmatig" als "van nature voorkomend" kunnen worden geclassificeerd twee grenswaarden moeten worden vastgesteld.

Het ligt daarom voor de hand om het in het ontwerpBbs gehanteerde onderscheid in een deel 1 (kunstmatig) en deel 2 (van nature voorkomend) te handhaven bij het opstellen van tabellen met grenswaarden voor aanvullende nucliden bij ministeriële regeling. Gezien het voorgaande kan het daarbij voorkomen dat voor een nuclide in zowel deel 1 als deel 2 een (naar verwachting niet identieke) grenswaarde moet worden opgenomen.

7 Conclusies

In dit onderzoek is verkend welke grenswaarden voor generieke vrijstelling en vrijgave zouden kunnen worden gehanteerd voor nucliden die niet zijn opgenomen in het ontwerpBbs. Het gaat daarbij om grenswaarden voor de activiteit (vrijstelling) en voor de activiteitsconcentratie (vrijstelling en vrijgave).

Op basis van de analyses in dit briefrapport komen de grenswaarden zoals berekend in Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999), BRENK Systemplanung (2012) en IAEA (2004) hiervoor in aanmerking. Deze grenswaarden voor aanvullende nucliden kunnen worden opgenomen in een ministeriële regeling, waarbij wordt aanbevolen aparte tabellen te hanteren voor kunstmatige nucliden en voor nucliden van natuurlijke oorsprong, conform de benadering in het ontwerpBbs. Daarnaast wordt in overweging gegeven om (eventueel in een aparte tabel) grenswaarden op nemen voor grenswaarden voor vrijstelling en vrijgave van materialen met radionucliden van natuurlijke oorsprong, welke worden toegepast vanwege het radioactieve, kweek- of splijteigenschappen. In Bijlage 1 tot en met 4 zijn overzichten opgenomen van deze grenswaarden.

De grenswaarden voor de activiteit zijn van toepassing op elk type materiaal. De toepassing van de grenswaarden voor de activiteitsconcentratie is beperkt tot vaste stoffen. In beide gevallen geldt dat geen voorwaarden nodig zijn met betrekking tot de hoeveelheden vrij te stellen of vrij te geven materiaal.

Het vaststellen van de hierboven genoemde grenswaarden betekent dat voor alle geïdentificeerde "probleemnucliden" (zie hoofdstuk 1) een grenswaarde beschikbaar komt. Wel is een groot aantal grenswaarden voor de activiteitsconcentratie strenger (d.w.z. lager) dan de vigerende grenswaarden.

In de rest van dit hoofdstuk wordt nog een aantal opmerkingen gemaakt bij de achtergrond en toepassing van deze grenswaarden.

7.1 Symmetrie

Opgemerkt wordt dat met het opnemen van de in de bijlagen beschreven grenswaarden voor aanvullende nucliden de in de vigerende regelgeving bestaande symmetrie tussen vrijstelling en vrijgave niet volledig wordt gehandhaafd. Dit is deels een direct gevolg van een gebrek aan symmetrie in de richtlijn. Met symmetrie wordt bedoeld dat voor elk nuclide zowel een grenswaarde voor de activiteit als voor de activiteitsconcentratie beschikbaar is. Het voorgaande manifesteert zich op twee manieren:

Voor een aantal nucliden waarvoor in Tabel B in de richtlijn een grenswaarde voor de activiteit is vastgesteld is in dezelfde richtlijn geen grenswaarde voor de activiteitsconcentratie vastgesteld in Tabel A. Dit zou in theorie tot gevolg kunnen hebben dat materiaal waarvan de

activiteit de grenswaarde overschrijdt niet meer kan worden vrijgesteld op basis van een toetsing aan een grenswaarde voor de activiteitsconcentratie, waar dat momenteel wel het geval is. Een ander gevolg is dat materialen met deze nucliden niet meer kunnen worden vrijgegeven. Dit kan in de praktijk een probleem vormen voor handelingen met argon, krypton en xenon. Een oplossingsrichting is het vaststellen van aanvullende grenswaarden voor (eventueel specifieke) vrijstelling en/of vrijgave.

Tegelijkertijd zijn er ook 15 nucliden waarvoor in Tabel A in de richtlijn een grenswaarde voor de activiteitsconcentratie is vastgesteld, en waarvoor in dezelfde richtlijn geen grenswaarde voor de activiteit is vastgesteld in Tabel B. Voor deze nucliden bestaat in de praktijk altijd de mogelijkheid van vrijstelling of vrijgave op basis van een toetsing aan de grenswaarde voor de activiteitsconcentratie.

7.2 Weegfactoren

De berekeningen in IAEA (2005) en BRENK Systemplanung (2012) liggen ten grondslag aan de grenswaarden in de richtlijn respectievelijk de voorgestelde grenswaarden voor aanvullende nucliden. In deze berekeningen is voor een aantal nucliden van kunstmatige oorsprong de bijdrage van dochternucliden verdisconteerd. Dit is gedaan door middel van het hanteren van "weegfactoren", die de verhouding van dosisconversiefactoren van moeder- en dochternuclide representeren.

Het RIVM heeft onderzoek gedaan naar de wijze waarop deze weegfactoren zijn afgeleid, en naar de waarde van deze factoren. De conclusie is dat de afleiding in beginsel incorrect is, en dat het toepassen van deze factoren in een aantal gevallen kan leiden tot een onderschatting van de dosis. Het gevolg hiervan is dat de op deze wijze afgeleide grenswaarden in IAEA (2005) en BRENK Systemplanung (2012) voor een aantal nucliden mogelijk te hoog is om te kunnen voldoen aan de gewenste dosiscriteria. Het RIVM werkt momenteel aan een wetenschappelijke publicatie over dit onderwerp.

Bijlage 1: Grenswaarden voor de activiteit, aanvullend aan
Tabel B

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
H-3 (getritieerd, OBT)	1.E+09
Be-10	1.E+06
C-11	1.E+06
C-11 monoxide	1.E+09
C-11 dioxide	1.E+09
C-14 monoxide	1.E+11
C-14 dioxide	1.E+11
N-13	1.E+09
Ne-19	1.E+09
Mg-28+	1.E+05
Al-26	1.E+05
Si-32	1.E+06
S-35 (organisch)	1.E+08
S-35 (damp)	1.E+09
Cl-39	1.E+05
Ar-39	1.E+04
K-44	1.E+05
K-45	1.E+05
Ca-41	1.E+07
Sc-43	1.E+06
Sc-44	1.E+05
Sc-44m	1.E+07
Sc-49	1.E+05
Ti-44+	1.E+05
Ti-45	1.E+06
V-47	1.E+05
V-49	1.E+07
Cr-48	1.E+06
Cr-49	1.E+06
Fe-60+	1.E+05
Ni-56	1.E+06
Ni-57	1.E+06
Ni-66	1.E+07
Cu-60	1.E+05
Cu-61	1.E+06
Cu-67	1.E+06
Zn-62	1.E+06
Zn-63	1.E+05
Zn-71m	1.E+06
Zn-72	1.E+06
Ga-65	1.E+05
Ga-66	1.E+05
Ga-67	1.E+06

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
Ga-68	1.E+05
Ga-70	1.E+06
Ga-73	1.E+06
Ge-66	1.E+06
Ge-67	1.E+05
Ge-68+	1.E+05
Ge-69	1.E+06
Ge-75	1.E+06
Ge-77	1.E+05
Ge-78	1.E+06
As-69	1.E+05
As-70	1.E+05
As-71	1.E+06
As-72	1.E+05
As-78	1.E+05
Se-70	1.E+06
Se-73	1.E+06
Se-73m	1.E+06
Se-79	1.E+07
Se-81	1.E+06
Se-81m	1.E+07
Se-83	1.E+05
Br-74	1.E+05
Br-74m	1.E+05
Br-75	1.E+06
Br-76	1.E+05
Br-77	1.E+06
Br-80	1.E+05
Br-80m	1.E+07
Br-83	1.E+06
Br-84	1.E+05
Kr-81m	1.E+10
Rb-79	1.E+05
Rb-81	1.E+06
Rb-81m	1.E+07
Rb-82m	1.E+06
Rb-83+	1.E+06
Rb-84	1.E+06
Rb-87	1.E+07
Rb-88	1.E+05
Rb-89	1.E+05
Sr-80	1.E+07
Sr-81	1.E+05
Sr-82+	1.E+05
Sr-83	1.E+06
Y-86	1.E+05
Y-86m	1.E+07
Y-87+	1.E+06

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
Y-88	1.E+06
Y-90m	1.E+06
Y-94	1.E+05
Y-95	1.E+05
Zr-86	1.E+07
Zr-88	1.E+06
Zr-89	1.E+06
Nb-88	1.E+05
Nb-89 (2.03 h)	1.E+05
Nb-89 (1.01 h)	1.E+05
Nb-90	1.E+05
Nb-95m	1.E+07
Nb-96	1.E+05
Mo-93m	1.E+06
Tc-93	1.E+06
Tc-93m	1.E+06
Tc-94	1.E+06
Tc-94m	1.E+05
Tc-95	1.E+06
Tc-95m+	1.E+06
Tc-98	1.E+06
Tc-101	1.E+06
Tc-104	1.E+05
Ru-94	1.E+06
Rh-99	1.E+06
Rh-99m	1.E+06
Rh-100	1.E+06
Rh-101	1.E+07
Rh-101m	1.E+07
Rh-102	1.E+06
Rh-102m	1.E+06
Rh-106m	1.E+05
Rh-107	1.E+06
Pd-100	1.E+07
Pd-101	1.E+06
Pd-107	1.E+08
Ag-102	1.E+05
Ag-103	1.E+06
Ag-104	1.E+06
Ag-104m	1.E+06
Ag-106	1.E+06
Ag-106m	1.E+06
Ag-112	1.E+05
Ag-115	1.E+05
Cd-104	1.E+07
Cd-107	1.E+07
Cd-113	1.E+06
Cd-113m	1.E+06

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
Cd-117	1.E+06
Cd-117m	1.E+06
In-109	1.E+06
In-110 (4.9 h)	1.E+06
In-110 (69.1 min)	1.E+05
In-112	1.E+06
In-114	1.E+05
In-115	1.E+05
In-116m	1.E+05
In-117	1.E+06
In-117m	1.E+06
In-119m	1.E+05
Sn-110	1.E+07
Sn-111	1.E+06
Sn-117m	1.E+06
Sn-119m	1.E+07
Sn-121	1.E+07
Sn-121m+	1.E+07
Sn-123	1.E+06
Sn-123m	1.E+06
Sn-126+	1.E+05
Sn-127	1.E+06
Sn-128	1.E+06
Sb-115	1.E+06
Sb-116	1.E+06
Sb-116m	1.E+05
Sb-117	1.E+07
Sb-118m	1.E+06
Sb-119	1.E+07
Sb-120 (5.76 d)	1.E+06
Sb-120 (15.89 m)	1.E+06
Sb-124m	1.E+06
Sb-126	1.E+05
Sb-126m	1.E+05
Sb-127	1.E+06
Sb-128 (9.01 h)	1.E+05
Sb-128(10.4 min)	1.E+05
Sb-129	1.E+06
Sb-130	1.E+05
Sb-131	1.E+06
Te-116	1.E+07
Te-121	1.E+06
Te-121m	1.E+06
Te-123	1.E+06
I-120	1.E+05
I-120m	1.E+05
I-121	1.E+06
I-124	1.E+06

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
I-128	1.E+05
I-132m	1.E+06
Xe-120	1.E+09
Xe-121	1.E+09
Xe-122+	1.E+09
Xe-123	1.E+09
Xe-125	1.E+09
Xe-127	1.E+05
Xe-129m	1.E+04
Xe-133m	1.E+04
Xe-135m	1.E+09
Xe-138	1.E+09
Cs-125	1.E+04
Cs-127	1.E+05
Cs-130	1.E+06
Cs-135m	1.E+06
Ba-126	1.E+07
Ba-128	1.E+07
Ba-131m	1.E+07
Ba-133	1.E+06
Ba-133m	1.E+06
Ba-135m	1.E+06
Ba-137m	1.E+06
Ba-139	1.E+05
Ba-141	1.E+05
Ba-142	1.E+06
La-131	1.E+06
La-132	1.E+06
La-135	1.E+07
La-137	1.E+07
La-138	1.E+06
La-141	1.E+05
La-142	1.E+05
La-143	1.E+05
Ce-134	1.E+07
Ce-135	1.E+06
Ce-137	1.E+07
Ce-137m	1.E+06
Pr-136	1.E+05
Pr-137	1.E+06
Pr-138m	1.E+06
Pr-139	1.E+07
Pr-142m	1.E+09
Pr-144	1.E+05
Pr-145	1.E+05
Pr-147	1.E+05
Nd-136	1.E+06
Nd-138	1.E+07

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
Nd-139	1.E+06
Nd-139m	1.E+06
Nd-141	1.E+07
Nd-151	1.E+05
Pm-141	1.E+05
Pm-143	1.E+06
Pm-144	1.E+06
Pm-145	1.E+07
Pm-146	1.E+06
Pm-148	1.E+05
Pm-148m+	1.E+06
Pm-150	1.E+05
Pm-151	1.E+06
Sm-141	1.E+05
Sm-141m	1.E+06
Sm-142	1.E+07
Sm-145	1.E+07
Sm-146	1.E+05
Sm-147	1.E+04
Sm-155	1.E+06
Sm-156	1.E+06
Eu-145	1.E+06
Eu-146	1.E+06
Eu-147	1.E+06
Eu-148	1.E+06
Eu-149	1.E+07
Eu-150 (34.2 a)	1.E+06
Eu-150 (12.6 h)	1.E+06
Eu-156	1.E+06
Eu-157	1.E+06
Eu-158	1.E+05
Gd-145	1.E+05
Gd-146+	1.E+06
Gd-147	1.E+06
Gd-148	1.E+04
Gd-149	1.E+06
Gd-151	1.E+07
Gd-152	1.E+04
Tb-147	1.E+06
Tb-149	1.E+06
Tb-150	1.E+06
Tb-151	1.E+06
Tb-153	1.E+07
Tb-154	1.E+06
Tb-155	1.E+07
Tb-156	1.E+06
Tb-156m (24.4 h)	1.E+07
Tb-156m (5 h)	1.E+07

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
Tb-157	1.E+07
Tb-158	1.E+06
Tb-161	1.E+06
Dy-155	1.E+06
Dy-157	1.E+06
Dy-159	1.E+07
Ho-155	1.E+06
Ho-157	1.E+06
Ho-159	1.E+06
Ho-161	1.E+07
Ho-162	1.E+07
Ho-162m	1.E+06
Ho-164	1.E+06
Ho-164m	1.E+07
Ho-166m	1.E+06
Ho-167	1.E+06
Er-161	1.E+06
Er-165	1.E+07
Er-172	1.E+06
Tm-162	1.E+06
Tm-166	1.E+06
Tm-167	1.E+06
Tm-172	1.E+06
Tm-173	1.E+06
Tm-175	1.E+06
Yb-162	1.E+07
Yb-166	1.E+07
Yb-167	1.E+06
Yb-169	1.E+07
Yb-177	1.E+06
Yb-178	1.E+06
Lu-169	1.E+06
Lu-170	1.E+06
Lu-171	1.E+06
Lu-172	1.E+06
Lu-173	1.E+07
Lu-174	1.E+07
Lu-174m	1.E+07
Lu-176	1.E+06
Lu-176m	1.E+06
Lu-177m	1.E+06
Lu-178	1.E+05
Lu-178m	1.E+05
Lu-179	1.E+06
Hf-170	1.E+06
Hf-172+	1.E+06
Hf-173	1.E+06
Hf-175	1.E+06

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
Hf-177m	1.E+05
Hf-178m	1.E+06
Hf-179m	1.E+06
Hf-180m	1.E+06
Hf-182	1.E+06
Hf-182m	1.E+06
Hf-183	1.E+06
Hf-184	1.E+06
Ta-172	1.E+06
Ta-173	1.E+06
Ta-174	1.E+06
Ta-175	1.E+06
Ta-176	1.E+06
Ta-177	1.E+07
Ta-178	1.E+06
Ta-179	1.E+07
Ta-180	1.E+06
Ta-180m	1.E+07
Ta-182m	1.E+06
Ta-183	1.E+06
Ta-184	1.E+06
Ta-185	1.E+05
Ta-186	1.E+05
W-176	1.E+06
W-177	1.E+06
W-178+	1.E+06
W-179	1.E+07
W-188+	1.E+05
Re-177	1.E+06
Re-178	1.E+06
Re-181	1.E+06
Re-182 (64 h)	1.E+06
Re-182 (12.7 h)	1.E+06
Re-184	1.E+06
Re-184m	1.E+06
Re-186m	1.E+07
Re-187	1.E+09
Re-188m	1.E+07
Re-189+	1.E+06
Os-180	1.E+07
Os-181	1.E+06
Os-182	1.E+06
Os-189m	1.E+07
Os-194+	1.E+05
Ir-182	1.E+05
Ir-184	1.E+06
Ir-185	1.E+06
Ir-186 (15.8 h)	1.E+06

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
Ir-186 (1.75 h)	1.E+06
Ir-187	1.E+06
Ir-188	1.E+06
Ir-189+	1.E+07
Ir-190m(3.10 h)	1.E+06
Ir-190m (1.2 h)	1.E+07
Ir-192m	1.E+07
Ir-193m	1.E+07
Ir-194m	1.E+06
Ir-195	1.E+06
Ir-195m	1.E+06
Pt-186	1.E+06
Pt-188+	1.E+06
Pt-189	1.E+06
Pt-193	1.E+07
Pt-195m	1.E+06
Pt-199	1.E+06
Pt-200	1.E+06
Au-193	1.E+07
Au-194	1.E+06
Au-195	1.E+07
Au-198m	1.E+06
Au-200	1.E+05
Au-200m	1.E+06
Au-201	1.E+06
Hg-193	1.E+06
Hg-193m	1.E+06
Hg-194+	1.E+06
Hg-195	1.E+06
Hg-195m+ (organisch)	1.E+06
Hg-195m+ (anorganisch)	1.E+06
Hg-197m (organisch)	1.E+06
Hg-197m (anorganisch)	1.E+06
Hg-199m	1.E+06
Tl-194	1.E+06
Tl-194m	1.E+06
Tl-195	1.E+06
Tl-197	1.E+06
Tl-198	1.E+06
Tl-198m	1.E+06
Tl-199	1.E+06
Pb-195m	1.E+06
Pb-198	1.E+06
Pb-199	1.E+06
Pb-200	1.E+06
Pb-201	1.E+06
Pb-202	1.E+06
Pb-202m	1.E+06

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
Pb-205	1.E+07
Pb-209	1.E+06
Pb-211	1.E+06
Pb-214	1.E+06
Bi-200	1.E+06
Bi-201	1.E+06
Bi-202	1.E+06
Bi-203	1.E+06
Bi-205	1.E+06
Bi-210m+	1.E+05
Bi-213	1.E+06
Bi-214	1.E+05
Po-206	1.E+06
Po-208	1.E+04
Po-209	1.E+04
At-207	1.E+06
Fr-222	1.E+05
Fr-223	1.E+06
Ac-224	1.E+06
Ac-225+	1.E+04
Ac-226	1.E+05
Ac-227+	1.E+03
Th-232	1.E+04
Th-232sec	1.E+03
Pa-227	1.E+06
Pa-228	1.E+06
Pa-232	1.E+06
Pa-234	1.E+06
U-238 sec	1.E+03
Np-232	1.E+06
Np-233	1.E+07
Np-234	1.E+06
Np-235	1.E+07
Np-236 (1.15 10 ⁵ a)	1.E+05
Np-236 (22.5 h)	1.E+07
Np-238	1.E+06
Pu-245	1.E+06
Pu-246	1.E+06
Am-237	1.E+06
Am-238	1.E+06
Am-239	1.E+06
Am-240	1.E+06
Am-244	1.E+06
Am-244m	1.E+07
Am-245	1.E+06
Am-246	1.E+05
Am-246m	1.E+06
Cm-238	1.E+07

Nuclide	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq)
Cm-240	1.E+05
Cm-241	1.E+06
Cm-249	1.E+06
Cm-250	1.E+03
Bk-245	1.E+06
Bk-246	1.E+06
Bk-247	1.E+04
Bk-250	1.E+06
Cf-244	1.E+07
Es-250	1.E+06
Es-251	1.E+07
Fm-252	1.E+06
Fm-253	1.E+06
Fm-257	1.E+05
Md-257	1.E+07
Md-258	1.E+05

Bijlage 2: Grenswaarden voor de activiteitsconcentratie voor nucliden van kunstmatige oorsprong, aanvullend aan Tabel A, deel 1

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
Be-10	1.E+02	
C-11	1.E+03	
N-13		1.E+02
O-15		1.E+02
Mg-28+	1.E+01	
Al-26	1.E-01	
Si-32	1.E+02	
Cl-39	1.E+08	
K-44		1.E+01
K-45		1.E+01
Ca-41	1.E+02	
Sc-43	1.E+03	
Sc-44	1.E+02	
Sc-44m	1.E+01	
Sc-49		1.E+03
Ti-44+	1.E-01	
Ti-45	1.E+03	
V-47		1.E+01
V-49	1.E+04	
Cr-48	1.E+01	
Cr-49		1.E+01
Fe-60+	1.E+01	
Ni-56	1.E+01	
Ni-57	1.E+01	
Ni-66	1.E+03	
Cu-60		1.E+01
Cu-61	1.E+03	
Cu-67	1.E+02	
Zn-62	1.E+02	
Zn-63		1.E+01
Zn-71m	1.E+02	
Zn-72	1.E+00	
Ga-65		1.E+01
Ga-66	1.E+01	
Ga-67	1.E+02	
Ga-68	1.E+03	
Ga-70		1.E+03
Ga-73	1.E+03	
Ge-66	1.E+03	
Ge-67		1.E+01
Ge-68+	1.E+01	

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
Ge-69	1.E+01	
Ge-75	1.E+03	
Ge-77	1.E+01	
Ge-78	1.E+03	
As-69		1.E+01
As-70	1.E+08	
As-71	1.E+01	
As-72	1.E+01	
As-78	1.E+02	
Se-70		1.E+01
Se-73	1.E+02	
Se-73m	1.E+03	
Se-79	1.E-01	
Se-81		1.E+03
Se-81m		1.E+03
Se-83		1.E+01
Br-74		1.E+01
Br-74m	1.E+10	
Br-75	1.E+03	
Br-76	1.E+01	
Br-77	1.E+01	
Br-80		1.E+02
Br-80m	1.E+03	
Br-83	1.E+03	
Br-84	1.E+02	
Rb-79		1.E+01
Rb-81	1.E+03	
Rb-81m		1.E+03
Rb-82m	1.E+01	
Rb-83+	1.E+00	
Rb-84	1.E+01	
Rb-88	1.E+03	
Rb-89		1.E+01
Sr-80	1.E+03	
Sr-81		1.E+01
Sr-82+	1.E+03	
Sr-83	1.E+01	
Y-86	1.E+01	
Y-86m		1.E+02
Y-87+	1.E+01	
Y-88	1.E-01	
Y-90m	1.E+03	
Y-94		1.E+01
Y-95		1.E+01
Zr-86	1.E+01	
Zr-88	1.E+00	
Zr-89	1.E+02	
Nb-88	1.E+01	

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
Nb-89 (2.03 h)	1.E+01	
Nb-89 (1.01 h)	1.E+01	
Nb-90	1.E+01	
Nb-91	1.E+02	
Nb-91m	1.E+01	
Nb-92m	1.E+01	
Nb-95m	1.E+02	
Nb-96	1.E+00	
Nb-97m	1.E+04	
Mo-93m	1.E+01	
Tc-93	1.E+03	
Tc-93m	1.E+03	
Tc-94	1.E+02	
Tc-94m	1.E+09	
Tc-95	1.E+01	
Tc-95m+	1.E+00	
Tc-98	1.E-01	
Tc-101		1.E+02
Tc-104		1.E+01
Ru-94	1.E+09	
Rh-99	1.E+03	
Rh-99m	1.E+03	
Rh-100	1.E+02	
Rh-101	1.E+00	
Rh-101m	1.E+01	
Rh-102	1.E-01	
Rh-102m	1.E+00	
Rh-106	1.E+03	
Rh-106m	1.E+03	
Rh-107		1.E+02
Pd-100	1.E+00	
Pd-101	1.E+02	
Pd-107	1.E+03	
Ag-102	1.E+03	
Ag-103	1.E+03	
Ag-104	1.E+02	
Ag-104m		1.E+01
Ag-106	1.E+03	
Ag-106m	1.E+00	
Ag-108	1.E+03	
Ag-108m+	1.E-01	
Ag-110	1.E+03	
Ag-112	1.E+02	
Ag-115		1.E+01
Cd-104		1.E+02
Cd-107	1.E+04	
Cd-113m	1.E-01	
Cd-117	1.E+03	

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
Cd-117m	1.E+02	
In-109	1.E+03	
In-110 (4.9 h)	1.E+02	
In-110 (69.1 min)	1.E+03	
In-112		1.E+02
In-114		1.E+03
In-116m	1.E+08	
In-117		1.E+01
In-117m	1.E+03	
In-119m		1.E+02
Sn-110	1.E+02	
Sn-111		1.E+02
Sn-117m	1.E+02	
Sn-119m	1.E+01	
Sn-121	1.E+03	
Sn-121m+	1.E+00	
Sn-123	1.E+02	
Sn-123m		1.E+02
Sn-126+	1.E-01	
Sn-127	1.E+03	
Sn-128	1.E+08	
Sb-115		1.E+01
Sb-116		1.E+01
Sb-116m	1.E+03	
Sb-117	1.E+04	
Sb-118m	1.E+02	
Sb-119	1.E+05	
Sb-120 (5.76 d)		1.E+02
Sb-120 (15.89 m)	1.E+00	
Sb-124m		1.E+02
Sb-126	1.E+00	
Sb-126m	1.E+03	
Sb-127	1.E+01	
Sb-128 (9.01 h)	1.E+01	
Sb-128(10.4 min)		1.E+01
Sb-129	1.E+02	
Sb-130		1.E+01
Sb-131		1.E+01
Te-116	1.E+03	
Te-119m	1.E+00	
Te-121	1.E+01	
Te-121m	1.E+00	
Te-123	1.E-01	
I-120	1.E+03	
I-120m	1.E+02	
I-121	1.E+03	
I-124	1.E+01	
I-128		1.E+02

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
I-132m	1.E+02	
Cs-125		1.E+01
Cs-127	1.E+02	
Cs-130		1.E+02
Cs-135m	1.E+09	
Ba-126	1.E+05	
Ba-128	1.E+02	
Ba-131m		1.E+02
Ba-133	1.E-01	
Ba-133m	1.E+02	
Ba-135m	1.E+02	
Ba-139	1.E+03	
Ba-141		1.E+01
Ba-142		1.E+01
La-131	1.E+08	
La-132	1.E+02	
La-135	1.E+03	
La-137	1.E+02	
La-141	1.E+03	
La-142	1.E+03	
La-143		1.E+02
Ce-134	1.E+03	
Ce-135	1.E+01	
Ce-137	1.E+03	
Ce-137m	1.E+02	
Pr-136		1.E+01
Pr-137	1.E+03	
Pr-138m	1.E+03	
Pr-139	1.E+03	
Pr-142m		1.E+07
Pr-144	1.E+03	
Pr-144m	1.E+04	
Pr-145	1.E+03	
Pr-147		1.E+01
Nd-136	1.E+09	
Nd-138	1.E+03	
Nd-139		1.E+02
Nd-139m	1.E+03	
Nd-140+	1.E+04	
Nd-141	1.E+06	
Nd-151		1.E+01
Pm-141		1.E+01
Pm-143	1.E+00	
Pm-144	1.E-01	
Pm-145	1.E+01	
Pm-146	1.E-01	
Pm-148	1.E+01	
Pm-148m+	1.E+00	

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
Pm-150	1.E+03	
Pm-151	1.E+01	
Sm-141	1.E+03	
Sm-141m		1.E+01
Sm-142	1.E+03	
Sm-145	1.E+02	
Sm-146	1.E+00	
Sm-155		1.E+02
Sm-156	1.E+02	
Eu-145	1.E+00	
Eu-146	1.E+00	
Eu-147	1.E+01	
Eu-148	1.E+00	
Eu-149	1.E+01	
Eu-150 (34.2 a)	1.E-01	
Eu-156	1.E+00	
Eu-157	1.E+02	
Eu-158		1.E+01
Gd-145	1.E+03	
Gd-146+	1.E+00	
Gd-147	1.E+02	
Gd-148	1.E+00	
Gd-149	1.E+01	
Gd-151	1.E+01	
Tb-147	1.E+03	
Tb-149	1.E-01	
Tb-150	1.E+02	
Tb-151	1.E+01	
Tb-153	1.E+01	
Tb-154	1.E+02	
Tb-155	1.E+02	
Tb-156	1.E+00	
Tb-156m (24.4 h)	1.E+01	
Tb-157	1.E+02	
Tb-158	1.E-01	
Tb-161	1.E+03	
Dy-155	1.E+02	
Dy-157	1.E+02	
Dy-159	1.E+03	
Ho-155		1.E+02
Ho-157		1.E+02
Ho-159		1.E+02
Ho-161	1.E+03	
Ho-162		1.E+02
Ho-162m	1.E+03	
Ho-164		1.E+03
Ho-164m		1.E+03
Ho-166m	1.E-01	

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
Ho-167	1.E+03	
Er-161	1.E+03	
Er-165	1.E+04	
Er-172	1.E+01	
Tm-162		1.E+01
Tm-166	1.E+01	
Tm-167	1.E+03	
Tm-172	1.E+01	
Tm-173	1.E+02	
Tm-175		1.E+01
Yb-162		1.E+02
Yb-166	1.E+04	
Yb-167		1.E+02
Yb-169	1.E+01	
Yb-177	1.E+03	
Yb-178	1.E+03	
Lu-169	1.E+03	
Lu-170	1.E+03	
Lu-171	1.E+01	
Lu-172	1.E+00	
Lu-173	1.E+00	
Lu-174	1.E+00	
Lu-174m	1.E+01	
Lu-176m	1.E+03	
Lu-177m	1.E-01	
Lu-178		1.E+02
Lu-178m		1.E+01
Lu-179	1.E+03	
Hf-170	1.E+03	
Hf-172+	1.E+01	
Hf-173	1.E+01	
Hf-175	1.E+00	
Hf-177m		1.E+01
Hf-178m		1.E+01
Hf-179m		1.E+01
Hf-180m	1.E+02	
Hf-182	1.E-01	
Hf-182m	1.E+03	
Hf-183	1.E+03	
Hf-184	1.E+03	
Ta-172		1.E+01
Ta-173	1.E+03	
Ta-174	1.E+03	
Ta-175	1.E+03	
Ta-176	1.E+01	
Ta-177	1.E+03	
Ta-178		1.E+01
Ta-179	1.E+01	

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
Ta-180	1.E+03	
Ta-180m	1.E+03	
Ta-182m		1.E+02
Ta-183	1.E+01	
Ta-184	1.E+03	
Ta-185		1.E+02
Ta-186		1.E+01
W-176	1.E+03	
W-177	1.E+03	
W-178+	1.E+02	
W-179		1.E+02
W-188+	1.E+01	
Re-177	1.E+03	
Re-178		1.E+01
Re-181	1.E+01	
Re-182 (64 h)	1.E+00	
Re-182 (12.7 h)	1.E+01	
Re-183	1.E+01	
Re-184	1.E+00	
Re-184m	1.E-01	
Re-186m	1.E+00	
Re-188m		1.E+02
Re-189+	1.E+02	
Os-180		1.E+02
Os-181	1.E+03	
Os-182	1.E+01	
Os-189m	1.E+07	
Os-194+	1.E+00	
Ir-182		1.E+01
Ir-184	1.E+02	
Ir-185	1.E+03	
Ir-186 (15.8 h)	1.E+02	
Ir-186 (1.75 h)	1.E+03	
Ir-187	1.E+02	
Ir-188	1.E+03	
Ir-189+	1.E+02	
Ir-190m (1.12 h)	1.E+09	
Ir-192m	1.E+03	
Ir-193m	1.E+04	
Ir-194m	1.E+01	
Ir-195	1.E+03	
Ir-195m	1.E+03	
Pt-186	1.E+03	
Pt-188+	1.E+02	
Pt-189	1.E+02	
Pt-193	1.E+01	
Pt-195m	1.E+03	
Pt-199		1.E+02

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
Pt-200	1.E+02	
Au-193	1.E+02	
Au-194	1.E+01	
Au-195	1.E+01	
Au-196	1.E+01	
Au-198m	1.E+01	
Au-200		1.E+02
Au-200m	1.E+02	
Au-201		1.E+02
Hg-193	1.E+03	
Hg-193m	1.E+03	
Hg-194+	1.E-01	
Hg-195	1.E+02	
Hg-195m+	1.E+02	
Hg-199m		1.E+02
Tl-194		1.E+01
Tl-194m		1.E+01
Tl-195	1.E+03	
Tl-197	1.E+03	
Tl-198	1.E+02	
Tl-198m	1.E+03	
Tl-199	1.E+02	
Pb-195m		1.E+01
Pb-198	1.E+03	
Pb-199	1.E+03	
Pb-200	1.E+02	
Pb-201	1.E+01	
Pb-202	1.E-01	
Pb-202m	1.E+02	
Pb-205	1.E+01	
Pb-209	1.E+03	
Bi-200		1.E+01
Bi-201	1.E+02	
Bi-202	1.E+02	
Bi-203	1.E+03	
Bi-205	1.E+03	
Bi-208	1.E-01	
Bi-210m+	1.E-01	
Bi-211	1.E+04	
Bi-213	1.E+03	
Po-206	1.E+00	
Po-208	1.E+00	
Po-209	1.E+00	
At-207	1.E+02	
Fr-221+	1.E+04	
Fr-222	1.E+03	
Ac-224	1.E+03	
Ac-225+	1.E+01	

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)	Grenswaarde uit Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999) (Bq/g)
Ac-226	1.E+02	
Th-227	1.E+01	
Th-231	1.E+03	
Pa-227		1.E+03
Pa-228	1.E+01	
Pa-232	1.E+01	
Np-232	1.E+03	
Np-233		1.E+02
Np-234	1.E+01	
Np-235	1.E+03	
Np-236 (1.52E5 a)	1.E+00	
Np-236 (22.5 h)	1.E+02	
Np-238	1.E+01	
Np-240m	1.E+03	
Pu-245	1.E+02	
Pu-246	1.E+01	
Am-237	1.E+03	
Am-238	1.E+05	
Am-239	1.E+03	
Am-240	1.E+01	
Am-244	1.E+01	
Am-244m		1.E+04
Am-245	1.E+03	
Am-246		1.E+01
Am-246m		1.E+01
Cm-238	1.E+03	
Cm-240	1.E+02	
Cm-241	1.E+01	
Cm-249	1.E+03	
Cm-250	1.E-02	
Bk-245	1.E+02	
Bk-246	1.E+03	
Bk-247	1.E-01	
Bk-250	1.E+03	
Cf-244		1.E+04
Es-250	1.E+03	
Es-251	1.E+05	
Fm-252	1.E+03	
Fm-253	1.E+02	
Fm-257	1.E+01	
Md-257	1.E+05	
Md-258	1.E+01	

Bijlage 3: Grenswaarden voor de activiteitsconcentratie voor nucliden van natuurlijke oorsprong, aanvullend aan Tabel A, deel 2

Nuclide	Grenswaarde uit IAEA (2004) (Bq/g)	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)
Rb-87		1.E+02
Cd-113		1.E+00
In-115		1.E+03
La-138		1.E+00
Sm-147		1.E+01
Gd-152		1.E+03
Lu-176		1.E+01
Re-187		1.E+04
Pt-190		1.E+02
U-235 en vervalproducten	1.E+00	

Bijlage 4: Grenswaarden voor de activiteitsconcentratie voor nucliden van natuurlijke oorsprong die worden toegepast vanwege de radioactieve, kweek- of splijteigenschappen

Nuclide	Grenswaarde uit BRENK Systemplanung (2012) (Bq/g)
Rb-87	1.E+01
Cd-113	1.E-01
In-115	1.E+01
La-138	1.E-01
Sm-147	1.E+00
Gd-152	1.E+02
Lu-176	1.E-01
Re-187	1.E+03
Pt-190	1.E+00
Pb-210+	1.E-01
Pb-212+	1.E+01
Bi-212+	1.E+03
Po-210	1.E+00
Fr-223	1.E+03
Ra-223+	1.E+01
Ra-224	1.E+01
Ra-226	1.E-01
Ra-228	1.E-01
Ac-227+	1.E-02
Ac-228	1.E+02
Th-228+	1.E-01
Th-230	1.E-01
Th-232+	1.E-01
Th-234+	1.E+02
Pa-231	1.E-02
Pa-234	1.E+01
Pa-234m	1.E+03
U-234	1.E+00
U-235+	1.E+00
U-238+	1.E+00

Definitie radionucliden in Bijlage 4

Nuclide	Dochters
Pb-210+	Bi-210, Po-210
Pb-212+	Bi-212, Po-212, Tl-208
Bi-212+	Po-212, Tl-208
Ra-223+	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Po-211, Tl-207
Ac-227+	Th-227, Fr-223, Ra-223, At-219, Rn-219, Bi-215, Po-215, Pb-211, Bi-211
Th-232+	Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Po-212, Tl-208
Th-234+	Pa-234m, Pa-234
U-235+	Th-231
U-238+	Th-234, Pa-234m, Pa-234

Referenties

BRENK Systemplanning (2012). Berechnung von Freigrenzen und Freigabewerten für Nuklide, für die keine Werte in den IAEA-BSS vorliegen – Endbericht. Referenz / Aktenz. 434.0000-101/11.007303/7918731. Aachen.

EC (1993). Radiation Protection 65. Principles and Methods for Establishing Concentrations and Quantities (exemption values) Below which Reporting is not Required in the European Directive. Commission of the European Communities, XI-028/93

EC (2010) Radiation Protection 157. Comparative Study of EC and IAEA Guidance on Exemption and Clearance Levels. European Commission. Luxembourg.

ICRP (1979). Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Elsevier, Annals of the ICRP, 2 (3-4)

IAEA (2004). Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. Radiation Safety Guide 1.7. International Atomic Energy Agency. Vienna.

IAEA (2005). Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance. Safety Report Series No. 44. International Atomic Energy Agency. Vienna.

Mobbs, S.F. and Harvey, M.P. (1999). Exempt concentrations and quantities for radionuclides not included in the Basic safety standards directive. National Radiation Protection Board. NRPB-R306

Schaaf, van der, M. (2015). Impactanalyse vrijgave en vrijstelling. Notitie voor ANVS. 7 oktober 2015. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Bilthoven.

Schaaf, van der, M., et al. (2016). Toepassing grenswaarden voor vrijstelling uit Richtlijn 2013/59/Euratom voor vrijgave. Notitie voor ANVS. 9 mei 2016. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Bilthoven.

Timmermans, C.W.M. (1997). Scenarios and reference levels for the disposal and reuse of large quantities of residues from the non-nuclear industry. Rapportnummer 22727-NUC 97-9002. 30 oktober 1997. KEMA Nucleair. Arnhem.

Timmermans, C.W.M. (1998). Conditionele vrijgavegrenzen voor toepassing van bouw materiaal van reststoffen van de niet-nucleaire industrie. Rapportnummer 22892-NUC 98-5308. KEMA Nucleair. 26 juni 1998. Arnhem. 1998

Weers, van, A.W. et al (2000). Evaluatie van de onderbouwing van voorgenomen vrijstellingsgrenzen uit BS2000. Rapportnummer 20293/00.31670/C. 20 juli 2000. Nuclear Research and Consultancy Group. Petten.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag