



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

**Contra-expertise op bepalingen van  
radioactiviteit in afvalwater en  
ventilatielucht van NRG**

Periode 2016

RIVM Briefrapport 2017-0165  
P.J.M. Kwakman





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

**Contra-expertise op bepalingen van  
radioactiviteit in afvalwater en  
ventilatielucht van NRG**

Periode 2016

RIVM Briefrapport 2017-0165

P.J.M. Kwakman

## Colofon

© RIVM 2018

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-2017-0165

P.J.M. Kwakman (auteur), RIVM

Contact:

P.J.M. Kwakman, RIVM  
pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS), in het kader van project 390020/16/SM, Site Monitoring Straling

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit in afvalwater en ventilatielucht van NRG.**

Periode 2016.

Het nucleair bedrijf NRG te Petten meet hoeveel radioactiviteit in afvalwater en ventilatielucht wordt geloosd. Het RIVM controleert deze metingen acht keer per jaar. Met deze 'contra-expertise' wordt gecontroleerd of de analyses die NRG zelf uitvoert, betrouwbaar zijn. De te analyseren monsters worden verspreid over het jaar door NRG genomen.

Net als in voorgaande jaren komen de totaal-alfa resultaten en de gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2016 (zeer) goed overeen. De matige overeenstemming in de totaal-beta resultaten kan aanzienlijk verbeterd worden. Dit wordt deels verklaard doordat er veel kortlevende beta-stralers in het afvalwater aanwezig zijn, en deels door verschillen in de meetmethoden die NRG en het RIVM toepassen. De vergelijking in de  $^3\text{H}$  resultaten in afvalwater is goed.

De ventilatieluchresultaten geven geen reden voor discussie. In vijf monsters heeft RIVM een zeer lage activiteitsconcentratie aan  $^{131}\text{I}$  gevonden, in zes monsters  $^{133}\text{Xe}$ , in acht monsters  $^{137}\text{Cs}$ , in zeven monsters  $^{191}\text{Os}$ , en in een monster een zeer lage activiteitsconcentratie aan  $^{203}\text{Hg}$ . Al deze waarden vallen ruim onder de detectiegrens van NRG.

De meetwaarden voor totaal-alfa en totaal- $\beta$  in ventilatielucht liggen, op enkele uitzonderingen na, onder de detectiegrens. De activiteitsconcentraties in enkele monsters liggen in de range van wat er in buitenlucht wordt aangetroffen en hebben waarschijnlijk een natuurlijke oorsprong.

Het RIVM heeft de contra-expertises in 2016 uitgevoerd in opdracht van van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS).

Kernwoorden: NRG, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht



## Synopsis

### **Contra-expertise on the determination of radioactivity of waste water and ventilation air of NRG.**

Period 2016

The Nuclear Research Group at Petten (NRG) measures the release of radioactivity into the waste water and atmosphere. The RIVM performs eight times per year a counter expertise on these measurements. This form of counter-expertise is aimed at verifying and supporting the reliability of the analyses carried out by NRG. The samples of waste water and ventilation air are taken by NRG at various time points dispersed throughout the year.

The two different sets of measurements are generally in (very) good agreement for gamma spectrometry and gross-alpha, as is also the case in 2016. The agreement in the data for gross beta emitters in waste water is poor and can be improved further; RIVM always reports lower values than NRG. This is partly explained by the presence of short-lived beta-emitters in waste water of NRG, and partly because of differences in the analytical methods applied by NRG and RIVM.

The results obtained by RIVM and NRG in ventilation air samples compare well. RIVM detected a very low gamma activity for  $^{131}\text{I}$  in five samples, for  $^{133}\text{Xe}$  in six samples, for  $^{137}\text{Cs}$  in eight samples, for  $^{191}\text{Os}$  in seven samples, and for  $^{203}\text{Hg}$  in one sample. All these values are well below the NRG detection limit.

Gross alpha and gross beta results are all close to the detection limit. There is no significant difference between these results and the results obtained in outside air in Bilthoven.

RIVM carried out this counter-expertise on behalf of the Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS).

Keywords: NRG, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 11**

#### **2 Monsters en analyse — 13**

#### **3 Analysemethoden — 15**

3.1 Tweevoudbepalingen — 15

3.2 Bepaling van de totaal-alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater — 15

3.3 Bepaling van de totaal bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater — 16

3.4 Bepaling van de activiteitsconcentratie aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater — 16

3.5 Bepaling van de <sup>3</sup>H-activiteitsconcentratie in afvalwater — 17

3.6 Bepaling van de totaal-alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht — 17

3.7 Bepaling van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht — 17

3.8 Foutenberekeningen — 17

3.9 Kwaliteitsborging — 18

3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking — 19

#### **4 Resultaten en discussie — 21**

4.1 Meetresultaten — 21

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie — 21

4.2.1 Afvalwater gammaspectrometrie — 21

4.2.2 Ventilatielucht HFR — 23

4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise resultaten — 24

#### **5 Bijlage A Meetresultaten NRG afvalwater — 25**

#### **6 Bijlage B Bemonstering en meting door NRG in 2016 — 31**

#### **7 Referenties — 33**



## Samenvatting

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM heeft in 2016 in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uitgevoerd van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2016.

De contra-expertisemonsters waarvoor het voorliggende rapport over gaat, zijn afvalwatermonsters en ventilatieluchtmonsters afkomstig van de Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) te Petten. RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, totaal-beta, tritium in afvalwater, en gammastralers, totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht. De mate van overeenstemming van de resultaten van RIVM met die van de nucleaire installaties wordt ingedeeld in vier categorieën, in afnemende volgorde A1, A2, B en C.

In 2016 is een steekproef van acht monsters afvalwater en ventilatielucht geanalyseerd. De analyses in de gammaspectrometrie-resultaten en de totaal-alfa resultaten in afvalwater stemmen (zeer) goed overeen. De overeenstemming in de totaal-beta resultaten kan aanzienlijk verbeterd worden. Dit wordt deels verklaard doordat er veel kortlevende beta-stralers in het afvalwater aanwezig zijn, en deels door verschillen in de meetmethoden die NRG en het RIVM toepassen. De analyses in de  $^3\text{H}$  resultaten in afvalwater komen goed overeen.

De ventilatieluchresultaten geven geen reden voor discussie. In vijf monsters heeft RIVM een zeer lage activiteitsconcentratie aan  $^{131}\text{I}$  gevonden, in zes monsters  $^{133}\text{Xe}$ , in acht monsters  $^{137}\text{Cs}$ , in zeven monsters  $^{191}\text{Os}$ , en in een monster een zeer lage activiteitsconcentratie aan  $^{203}\text{Hg}$ . Al deze waarden vallen ruim onder de detectiegrens van NRG.

De meetwaarden voor totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht liggen, op enkele uitzonderingen na, onder de detectiegrens. De activiteitsconcentraties in enkele monsters liggen in de range van wat er in buitenlucht wordt aangetroffen en hebben waarschijnlijk een natuurlijke oorsprong.



## 1 Inleiding

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM voert in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2016.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afvalwatermonsters en ventilatieluchtmonsters afkomstig van de Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) te Petten.

De indeling van dit rapport is als volgt. Na deze inleiding volgt hoofdstuk 2 met een beschrijving van de voor de contra-expertise gebruikte monsters en de hiervan bepaalde radioactieve eigenschappen. In hoofdstuk 3 staat een beschrijving van de door RIVM toegepaste analysemethoden en de wijze waarop de resultaten van RIVM met die van het onderzochte bedrijf zijn vergeleken. Hoofdstuk 4 bevat een korte bespreking van de resultaten van het contra-expertiseonderzoek. De meetresultaten zelf zijn – naast de resultaten van het onderzochte bedrijf – opgenomen in Bijlage A. De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door het onderzochte bedrijf, zijn gereproduceerd in Bijlage B.



## 2 Monsters en analyse

RIVM haalt periodiek ongegeleerde afvalwatermonsters en ventilatieluchtfilters van HFR op bij NRG. Tabel 1 bevat een overzicht van het, vooraf met de ANVS overeengekomen, aantal monsters en de te verrichten analyses [1].

*Tabel 1 Overzicht van vooraf afgesproken aantal monsters en analyses*

Monsters	Aantal	Analyses (Q*)
Afvalwater	8	Q: Totaal-alfa**, totaal-bèta**, gammastralers** en <sup>3</sup> H*
Ventilatielucht HFR (pakket : aerosolfilter, koolfilter, koolkorrels)	8	Q: gamma-emitters*; alleen aerosolfilter: totaal-alfa*, totaal-bèta*

Q De aanduiding Q betekent dat de betreffende verrichting valt onder de lijst van geaccrediteerde verrichtingen volgens NEN-EN-ISO-17025 (registratienummer L153).

\* Analyse in enkelvoud

\*\* Analyse in tweevoud

In 2016 zijn acht water- en ventilatieluchtmonsters opgehaald; NRG is daarvoor zesmaal bezocht. Gegevens van de monsters staan in Tabel 2 en Tabel 3.

*Tabel 2 Lozingsdatum, ophaaldatum en meetdatum afvalwater in 2016*

Nr.	Lozingsdatum	Ophaaldatum	Data gammaspectrometrie
1	01-februari	10-februari	11-februari
2	29-februari	16-maart	23-maart
3	13-juni	22-juni	28-juni
4	20-juni	13-juli	13-juli
5	27-juni	13-juli	18-juli
6	12-september	28-september	29-september
7	19-september	28-september	03-oktober
8	14-november	23-november	23-november

\* Bepaling met gammaspectrometrie is uitgevoerd in tweevoud; vermelding wegens afspraak om de meting te verrichten binnen 2 weken na ontvangst monsters (analyse gereed binnen 3 weken).

*Tabel 3 Lozingsperiode, ophaaldatum en meetdatum van HFR ventilatielucht in 2016*

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Datum gammaspectrometrie
1	31 jan – 7 feb	10 februari	16 februari
2	6-13 maart	16 maart	23 maart
3	12-19 juni	22 juni	29 juni
4	26 juni – 3 juli	13 juli	19 juli
5	3-10 juli	13 juli	29 juli
6	11-18 september	28 september	4 oktober
7	18-25 september	28 september	5 oktober
8	13-20 november	22 november	24 november



### 3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast op afvalwater door NRG in 2016, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Voor de bemonstering en analyse van ventilatielucht van HFR (gedurende 2016) zijn de beschrijvingen (nog) niet door RIVM ontvangen.

In opdracht van de ANVS worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503 [2] en KTA-1504 [3]) voor de uitvoering van de analyses aangehouden. Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die behaald moeten kunnen worden.

Indien mogelijk hanteert RIVM/VLH de Nederlandse NEN-normen. Voor gamma-spectrometrie wordt gewerkt conform NEN 5623 [4]; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636 [9]. Waar er geen Nederlandse norm voorhanden is wordt zoveel mogelijk volgens internationaal aanvaarde standaarden gewerkt. Dit geldt voor totaal alfa en totaal bèta in afvalwater (ISO 10704 [5]), en voor de bepaling van  $^3\text{H}$  in afvalwater (ISO 9698 [6]).

#### 3.1 Tweevoudbepalingen

VLH voert sommige analyses in tweevoud uit. Wanneer het verschil tussen de twee meetwaarden van een tweevoudbepaling groter is dan  $4s$  (waarbij  $s$  de totale fout van de grootste van de twee meetwaarden is) wordt een tweevoudbepaling afgekeurd. In zo'n geval volgt een aanvullende controle, bijvoorbeeld een controle van de berekeningen, een herhaling van een meting of een nieuwe analyse met achtergehouden monstermateriaal. Het laatste gebeurt indien mogelijk bij afkeuring van een analyse op  $^{60}\text{Co}$  of  $^{137}\text{Cs}$ . Bij andere gammastralers dan  $^{60}\text{Co}$  en  $^{137}\text{Cs}$  worden in geval van een afgekeurde tweevoudbepaling de twee meetresultaten afzonderlijk gerapporteerd. Wordt het resultaat van een tweevoudbepaling niet afgekeurd, dan wordt het gemiddelde van de twee meetwaarden gerapporteerd. De analyses waarvan gedurende een langere periode gebleken is dat er weinig of geen afkeuringen plaatsvinden, worden uit oogpunt van efficiency in enkelvoud uitgevoerd. Welke analyses in enkelvoud en welke in tweevoud worden uitgevoerd, staat in hoofdstuk 2.

#### 3.2 Bepaling van de totaal-alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater

Van het monster wordt, na homogenisatie, in twee verschillende flesjes elk 10,0 mL gepipetteerd. Aan één van de flesjes wordt 0,100 mL van een  $^{241}\text{Am}$ -oplossing met bekende activiteit toegevoegd en vervolgens gemengd. De twee oplossingen worden in gedeelten op twee roestvast stalen telschaaltjes (geschuurd en ontvet) met een diameter van 50 mm overgebracht en drooggedampt in een stoof bij 60-80 °C. De metingen aan beide telschaaltjes worden uitgevoerd met proportionele gasdoorstroomtellers die zijn voorzien van een dun venster ( $< 0,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ). De tellers hebben een lage achtergrond. De telopbrengst wordt berekend uit het verschil in de resultaten van de beide telpreparaten en de toegevoegde activiteit aan  $^{241}\text{Am}$ .

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005: Handboek gasdoorstroomtelling.

### 3.3 Bepaling van de totaal bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater

Van het gehomogeniseerde monster wordt 10,0 mL drooggedampt op een roestvast stalen telschaaltje met een diameter van 50 mm. Het preparaat heeft een geringe laagdikte. De telefficiëntie wordt bepaald met behulp van een standaard, een telschaaltje waarop een bekende hoeveelheid  $^{90}\text{Sr}$  is ingedampt. Hier is afgeweken van de Nederlandse Norm die  $^{40}\text{K}$  als referentienuclide voorschrijft [7]. De metingen worden uitgevoerd met proportionele gasdoorstroomtellers die zijn voorzien van een dun venster ( $< 0,5 \text{ mg. cm}^{-2}$ ). De tellers hebben een lage achtergrond. Bij het droogdampen verdwijnen vluchtige bèta-stralers zoals  $^3\text{H}$  en anorganisch  $^{14}\text{C}$  ( $^{14}\text{CO}_2$ ). Minder vluchtige  $^{14}\text{C}$ -verbindingen dragen waarschijnlijk wel voor een deel bij aan de detectie met gasdoorstroomtellingtelling.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005: Handboek gasdoorstroomtelling.

### 3.4 Bepaling van de activiteitsconcentratie aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater

Van het ongegeleerde monster worden twee monsters van 250 ml afgemeten. Elk van deze monsters wordt in een teldoos gemengd met behangplaksel en geschud tot een homogene stijve massa verkregen is. Dit 'geleren' dient ter voorkoming van het uitzakken van de radioactieve componenten bij gammaspectrometrische analyses met lange teltijden [8]. De monsters worden gemeten op een N-type halfgeleiderdetector gekoppeld aan een pulssorteerder met 8192 kanalen over een energiebereik van 30 keV (of 80 keV: P-type) tot 2 MeV in een meettijd van 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma Genie2000 aan de hand van een nuclidenbibliotheek. De door KTA 1504 [3] voorgeschreven radionucliden zijn in Tabel A2 aangegeven met een '\*'. Het analyseresultaat is de activiteit van de in de nuclidenbibliotheek opgenomen nucliden of de detectielimieten voor alle nucliden uit de nuclidenbibliotheek waarvan de signalen niet boven een bepaalde signaal/ruis-verhouding uitkomen en de som van de activiteiten van alle gedetecteerde nucliden. Daarnaast wordt door het analyseprogramma melding gemaakt van pieken die wel gedetecteerd zijn in het spectrum maar die niet aan één van de nucliden in de bibliotheek zijn toe te wijzen. Is dit het geval dan vindt een nadere analyse van het spectrum plaats. In dit kader heeft RIVM een nuclidespecifieke kalibratie uitgevoerd voor een aantal gammastralers die niet in de door KTA voorgeschreven nuclidenbibliotheek [3] staan, maar regelmatig in afvalwater van NRG voorkomen. Het gaat om  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{181}\text{W}$ ,  $^{186}\text{Re}$ ,  $^{188}\text{W}$  en  $^{203}\text{Pb}$ . RIVM corrigeert net als NRG voor radioactief verval door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar het midden van de monsterperiode.

Indien door RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetoond, wordt tenminste de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  gegeven. De detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  geeft een indicatie van de bereikte meetgevoeligheid volgens KTA 1504<sup>3</sup>. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende

radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  kleiner is dan  $1 \text{ kBq m}^{-3}$ .

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-004 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

### **3.5 Bepaling van de $^3\text{H}$ -activiteitsconcentratie in afvalwater**

Aan 25 ml van het monster wordt 0,2 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  toegevoegd om het alkalisch te maken. Nadat een deel van dit monster is gedestilleerd, wordt door middel van LSC de activiteitsconcentratie van  $^3\text{H}$  bepaald. Per monsterflesje wordt één telling tot een telfout van 1% of tot maximaal 200 min uitgevoerd. Het telpreparaat bestaat uit 10,0 ml destillaat en 10,0 ml scintillatie-vloeistof (Ultima Gold LLT). Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-006: Handboek vloeistofscintillatietelling.

### **3.6 Bepaling van de totaal-alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht**

Uit het aërosolfilter wordt een schijf met een diameter van 46 mm geponst. Met behulp van een proportionele gasdoorstroomteller met een lage achtergrond, die van een dun venster ( $< 0,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) is voorzien, wordt hiervan de alfa- en bèta-telsnelheid gemeten. In overeenstemming met NVN 5636 inzake de analyse van luchtstoffilters wordt voor de bepaling van de totaal bèta-activiteitsconcentratie  $^{90}\text{Sr}$  en voor de bepaling van de totaal-alfa-activiteitsconcentratie  $^{241}\text{Am}$  als referentienuclide toegepast [9]. Aangezien de invloed van de stofbelading op de totaal-alfa efficiëntie aanzienlijk kan zijn en per monster onbekend, is in deze rapportage een onzekerheid van 30 % in de waarde voor de totaal-alfa activiteitsconcentratie opgenomen. Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005: Handboek gasdoorstroomtelling.

### **3.7 Bepaling van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht**

Per analyse wordt van het geponste (46 mm) aërosolfilter, een koolfilter en korrels met actieve kool een gamma-spectrum opgenomen en geanalyseerd op dezelfde wijze als dit bij afvalwater gebeurt. De gevonden activiteiten in de afzonderlijke onderdelen worden gesommeerd tot een waarde voor het gehele pakket. Er wordt gecorrigeerd voor radioactief verval door de activiteit van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar het midden van de monsterperiode.

Voor de meetnauwkeurigheid wordt gerefereerd aan KTA 1503.1 [2].

Deze eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  en  $^{131}\text{I}$  minder dan  $20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$  bedraagt.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-004 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

### **3.8 Foutenberekeningen**

De door RIVM opgegeven fout is het 1s-schattingsinterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 [10](Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114 [11] (Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities). Indien de analyse

in tweevoud is uitgevoerd wordt het gemiddelde en de fout daarin gerapporteerd. Bij het schatten van de totale fout worden telfouten, kalibratiefouten en experimentele fouten meegenomen. Onder experimentele fouten vallen bijvoorbeeld fouten in wegingen en volumebepalingen. Waar van toepassing, is voor de volumebepaling in de hoeveelheid bemonsterde lucht een fout van 1% opgenomen in de experimentele fout. Een correctie voor de achtergrond is in alle gevallen meegenomen in de activiteitsberekening en in de foutenberekening.

*Bepaling van de totaal-alfa- en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater*

Voor de totaal  $\alpha$ -bepaling wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een  $^{241}\text{Am}$ -standaard. De totale fout in de totaal  $\alpha$ -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat zonder standaard, een telfout van het preparaat met standaard, een kalibratiefout en een experimentele fout.

De totale fout in de totaal  $\beta$ -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat, een kalibratiefout en een experimentele fout.

*Gammaspectrometrie*

Voor de  $\gamma$ -stralers vindt rapportage plaats met een fout voortkomend uit telstatistiek, kalibratie, achtergrond, onzekerheid in de yield en monster-voorbehandeling. Indien cascadeverval optreedt, leidt dit tot een extra bijdrage aan de fout.

*Bepaling van de  $^3\text{H}$ -activiteitsconcentratie in afvalwater*

De totale fout is samengesteld uit de telfout, een kalibratiefout en een experimentele fout.

*Bepaling van de totaal-alfa- en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht*

Omdat bij de totaal-alfa-bepaling de invloed van de stoflaag op de telefficiëntie groot kan zijn en per monster verschillend wordt een onzekerheid van 30 % in de berekening van de totale fout verwerkt. De totale fout in de totaal-alfa en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in luchtstof is samengesteld uit een telfout van beide deelpreparaten, een kalibratiefout, een experimentele fout (inclusief de 1% onzekerheid als gevolg van het ponsen van een deel uit het gehele filter), en alleen voor totaal-alfa de stoflaagonzekerheid van 30 %.

### 3.9 Kwaliteitsborging

Het Centrum Veiligheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM/VLH) is voor een aantal verrichtingen geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie volgens NEN-EN-ISO-17025 (registratienummer L153). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties (ANVS) en zijn gemarkeerd met een 'Q'. Zie tabel 1 in Hoofdstuk 2.

In het kader van de bewaking van de kwaliteit van de gebruikte analyse- en meetmethoden neemt RIVM jaarlijks deel aan het

ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [12]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.  
Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

### 3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door NRG bepaalde activiteitsconcentraties worden met de afronding zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047 [10]) overgenomen uit de opgave van NRG [13].

De overeenkomst tussen de meetresultaten van RIVM en die van de onderzochte nucleaire installatie (NI) wordt ingedeeld in één van de categorieën A1, A2, B, of C, die gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Vergelijking vindt alleen plaats als zowel RIVM als het onderzochte bedrijf een activiteit hebben aangetoond en opgegeven.

Het vergelijken van de gemeten waarden  $x_{NI}$  en  $x_{RIVM}$  is ook te verwoorden als het bepalen van het verschil  $\Delta = x_{NI} - x_{RIVM}$ . Het verschil tussen de meetwaarden wordt berekend uit de getallen zoals deze worden weergegeven, dus na afronding van de meetwaarde van RIVM (volgens NEN 1047 [10]). De fout in dit verschil is:  $s\Delta = \sqrt{(s_{NI}^2 + s_{RIVM}^2)}$ . Indien de NI geen opgave doet van de onzekerheid in het analyseresultaat, wordt verondersteld dat de fout in de meetwaarde van de NI,  $s_{NI}$ , gelijk is aan de fout in de meetwaarde van RIVM,  $s_{RIVM}$ .

Het is hierbij in het bijzonder van belang, dat alle partijen (RIVM en NI's) een gedegen foutenberekening uitvoeren. In het ideale geval, bij een voldoende groot aantal metingen van hetzelfde monster, ligt het gemiddelde ten opzichte van de toevallige variaties zeer dicht bij de 'ware waarde' en komt de standaarddeviatie van de meetwaarden overeen met de opgegeven fouten. Als de spreiding benaderd kan worden met de normale verdeling (zie figuur), dan kunnen de volgende frequenties of waarschijnlijkheden van voorkomen van de categorieën verwacht worden:

A1:	$ \Delta  \leq s\Delta$	~68%, ofwel circa 2 uit 3
A2:	$s\Delta <  \Delta  \leq 2 s\Delta$	~27%, ofwel circa 1 uit 4
B:	$2 s\Delta <  \Delta  \leq 3 s\Delta$	~4,3%, ofwel circa 1 uit 20
C:	$3 s\Delta <  \Delta $	~0,26%, ofwel circa 1 uit 400

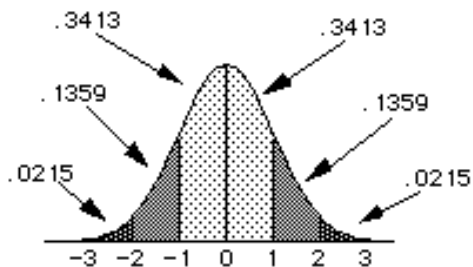


Fig 1 Schematische weergave van een Gausse verdeling

In de praktijk wijkt de verdeling vaak af van de normale verdeling waardoor rekening gehouden moet worden met iets meer voorkomen van de categorie C dan hierboven wordt gesuggereerd. Veel vaker dan verwacht voorkomen van B's en C's is echter een aanwijzing voor niet onderkende, mogelijk systematische, fouten.

De door NRG bepaalde activiteitsconcentraties worden overgenomen uit de lozingsrapportages van NRG [13] en zijn in deze rapportageperiode afgerond met de afrondingsregels zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047 [10]).

## 4 Resultaten en discussie

### 4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door RIVM en NRG zijn te vinden in Bijlage A. In Tabel A1 van deze bijlage zijn alleen die gammastralers opgenomen die zijn aangetoond. Als een gammastraler wel door NRG maar niet door RIVM wordt aangetoond dan wordt de detectielimiet van RIVM voor het betreffende nuclide in deze tabel opgenomen. In de tabellen staan tevens de onzekerheden (fouten) in de meetwaarden (zie paragraaf 3.8).

### 4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie

Het resultaat van de vergelijking zoals beschreven in paragraaf 3.10 is in tabel A1 van Bijlage A vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van NRG met die van het RIVM is samengevat in Tabel 4. In deze tabel is tevens tussen haakjes het volgens een normale verdeling verwachte voorkomen aan categorieën A1-A2-B-C te zien. Zo is af te lezen of er significant meer of minder resultaten in een categorie vallen dan verwacht.

Tabel 4 Vergelijkingsresultaten in NRG afvalwater samengevat

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	$\Sigma B$ *	$\Sigma C$ *
Na-22	A2	A1	A2	A1	A1	A1	A1	A1	6 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Mn-54	A1	A2	A1	A2	A1	A1	A1	A1	6 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-57	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	8 (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-58				A2					0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Co-60	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A1	A1	7 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Zn-65		A1		A2	A1		A1	A1	4 (2-5)	1 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Ru-103		A1							1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Sb-124				A1	A1	A2	A1	A1	5 (2-6)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Sb-125	A1	A2	B	A1	A2	A1	A2	A1	4 (3-7)	3 (0-4)	1 (0-1)	0 (0-0)
I-131				A1					1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Cs-134	A1	A2							1 (0-2)	1 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cs-137	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	<u>8</u> (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
W-181	A2		A1	A1		A1	A1	A1	5 (2-6)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
W-188						A1			1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Totaal									<u>57</u> (42-55)	13 (13-26)	1 (1-6)	0 (0-1)
Totaal-alfa	C	C	A2	A1	C	A2	A1	C	<u>2</u> (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	<u>4</u> (0-0)
Tot./rest-b	B	B	A2	A1	B	C	B	B	<u>1</u> (3-7)	1 (0-4)	<u>5</u> (0-1)	<u>1</u> (0-0)
<sup>3</sup> H	A2	A1	A2	C	A1	A1	A1	A1	5 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)

\* Aantallen beneden of boven de range tussen haakjes zijn onderstreept (beide situaties hebben kans < 2,5%).

#### 4.2.1 Afvalwater gammaspectrometrie

De gammaspectrometrie vergelijkingsresultaten zijn in deze rapportageperiode (zeer) goed; alle categorieën A2, B en C komen binnen de statistische verwachting voor, en de categorie A1 zelfs meer dan de verwachting !

In een aantal gevallen zijn nucliden aangetoond alleen door RIVM of alleen door NRG; zie Tabel 5. Het betreft voor de genoemde gevallen activiteitsconcentraties die vlak boven de detectiegrens liggen of nucliden die betrekkelijk kortlevend zijn.

*Tabel 5 Gammastralers aangetoond in afvalwater, alleen door RIVM of door NRG*

Monsternr	Alleen door RIVM	Alleen door NRG
1	<sup>65</sup> Zn, <sup>103</sup> Ru, <sup>124</sup> Sb, <sup>131</sup> I	<sup>95</sup> Nb
2	<sup>181</sup> W	
3	<sup>58</sup> Co, <sup>65</sup> Zn, <sup>109</sup> Cd,	
4	<sup>109</sup> Cd,	
5	<sup>40</sup> K, <sup>58</sup> Co, <sup>181</sup> W	
6	<sup>58</sup> Co, <sup>65</sup> Zn, <sup>109</sup> Cd,	
7	<sup>58</sup> Co, <sup>109</sup> Cd, <sup>188</sup> W	
8	<sup>58</sup> Co, <sup>109</sup> Cd, <sup>188</sup> W	

#### *totaal-alfa*

In alle acht monsters toonden RIVM en NRG een totaal alfa-activiteit aan. De overeenkomst was redelijk met tweemaal A1, tweemaal A2 en viermaal een C. Opvallend is dat in monster 3, 4, 6 en 7 de lage totaal-alfa activiteitsconcentraties goed overeenstemmen, terwijl de licht verhoogde activiteitsconcentraties in monster 1, 2, 5 en 8 van elkaar afwijken. Het is mogelijk dat de alfa-activiteit niet perfect homogeen verdeeld was op het tijdstip van het splitsen van het watermonster voor submonsters voor NRG en RIVM.

#### *totaal-bèta*

De vergelijking van de totaal-bèta resultaten is schijnbaar redelijk met een A1, een A2, vijfmaal een B en een C. In enkele monsters rapporteert NRG dermate grote onzekerheden dat het vergelijkingscriterium een A1/A2/B geeft waar een C meer terecht zou zijn geweest: in monster 2:  $700 \pm 300$ , in monster 3:  $800 \pm 300$ , in monster 4:  $1400 \pm 1200$ . Feitelijk zou in dit rapportagejaar voor totaal-beta achtmaal een C gegeven moeten worden. De toegevoegde waarde van deze vergelijking is erg gering.

Waarschijnlijk spelen zaken zoals de verschillende meetmethodes een belangrijke rol. NRG meet met LSC alle bèta stralers met een energie boven die van <sup>3</sup>H (> 18 keV), waar RIVM met gasdoorstroomtelling hoofdzakelijk de bèta stralers met een energie boven 150 keV bepaalt. Het is niet duidelijk in hoeverre <sup>14</sup>C wel bijdraagt aan de totaal-beta activiteitsconcentratie van NRG en niet bij de data van RIVM. Dit is mogelijk een verklaring voor de systematische verschillen.

#### *tritium*

Het vergelijken van <sup>3</sup>H-activiteitsconcentraties resulteerde achtereenvolgens in vijfmaal A1, tweemaal A2 en een C. De overeenstemming in de <sup>3</sup>H data is daarmee goed.



#### 4.2.2 *Ventilatielucht HFR* *Werkwijze*

Eerst wordt het gehele filterpakket (aerosolfilter + koolfilter + koolpatroon) gammaspectrometrisch onderzocht. Indien er geen activiteit wordt aangetroffen wordt het pakket niet verder onderzocht. Indien er wel activiteit wordt aangetroffen, worden, zoals beschreven in par. 3.7, de onderdelen van het pakket gemeten. De gesommeerde activiteiten van de drie onderdelen worden vergeleken met de waarden die NRG rapporteert voor het pakket; zie Tabel A3.

*Resultaten van de vergelijking tussen de NRG en RIVM meetwaarden*  
NRG heeft in monster 3 t/m 8 detectiegrenzen gerapporteerd voor het gehele filterpakket. In monsters 1 en 2 hebben zowel NRG als RIVM een zeer lage activiteitsconcentratie aan  $^{137}\text{Cs}$  aangetroffen. Uit de meetwaarden van de voorgaande jaren blijkt dat er in koolmateriaal vaker sporen van  $^{137}\text{Cs}$  worden gevonden. Dit geeft aan dat de (zeer lage)  $^{137}\text{Cs}$  besmetting hoogstwaarschijnlijk in het koolmateriaal zit. De overeenkomst was in beide gevallen een C, waarschijnlijk omdat NRG veel korter meet dan RIVM. Hierdoor is de detectiegrens van NRG een stuk hoger.

De totaal-alfa en totaal-beta waarden van NRG en RIVM leverde geen vergelijkingen op. Het betrof slechts waarden op of vlak boven de detectiegrens.

De waarden van RIVM hebben door een langere teltijd een detectiegrens die een factor 5-10 lager ligt dan de waarden van NRG.

#### *gammaspectrometrie*

RIVM trof in het pakket van het eerste t/m het zevende monster een zeer geringe hoeveelheid van  $^{191}\text{Os}$  aan; dit was ruim onder de detectiegrens van NRG. In de koolkorrels van het zesde monster trof RIVM ook nog enkele minieme sporen van  $^{203}\text{Hg}$  aan; ook dit was ruim onder de detectiegrens van NRG.

In de koolfilters van alle monsters trof RIVM (0,35 – 2,0)  $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$  aan van  $^{191}\text{Os}$  en tevens in monster 1-6 (0,3-0,6)  $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$  van  $^{131}\text{I}$ . De activiteitsconcentratie voor beide nucliden was erg laag en onder de detectiegrens van NRG.

Feitelijk worden hier twee verschillende manieren van meten vergeleken. RIVM gebruikt de pakketmeting als signalering en voert vervolgens een gekalibreerde meting uit voor de drie onderdelen van het pakket. Om daarna tot de waarde voor een heel pakket te komen sommeert RIVM de onderdelen. NRG voert alleen de pakketmeting uit en rapporteert die pakketwaarden.

In tabel 6 staat een overzicht van de nucliden die of door NRG of door RIVM zijn aangetoond.

Tabel 6 Gammastralers aangetoond in ventilatielucht alleen door RIVM of door NRG

Monsternr*	Alleen door RIVM	Alleen door NRG
1 t/m 8 (pakket)	<sup>191</sup> Os	-
1-6 (koolfilter)	<sup>131</sup> I	-
3-8 (pakket)	<sup>137</sup> Cs	

#### *totaal-alfa en totaal-bèta*

RIVM heeft alleen in het zevende monster een zeer geringe alfa-activiteit aangetroffen, evenals NRG, met een C als vergelijking. RIVM treft in het tweede, vierde, vijfde en zevende monster een zeer geringe bèta activiteit aan. NRG alleen in het zevende monster; de vergelijking was een C. De waarden van RIVM liggen doorgaans ruim onder de detectiegrens van NRG.

De RIVM-metwaarden voor totaal-alfa in ventilatielucht verschillen niet significant van de waarden in buitenlucht die door RIVM met een high volume sampler wekelijks wordt aangetoond: het weekgemiddelde voor 2016 voor totaal-alfa bedraagt  $0,023 \pm 0,014$  mBq.m<sup>-3</sup> en voor totaal-bèta  $0,39 \pm 0,24$  mBq.m<sup>-3</sup> ( $\pm 1s$ ) [14]. Dit houdt in dat de totaal-alfa en totaal-bèta activiteit in ventilatielucht van de HFR waarschijnlijk een natuurlijke oorsprong heeft.

### 4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise resultaten

Op basis van de contra-expertise gegevens in deze rapportage wordt de overeenstemming in de gammaspectrometriresultaten en de totaal-alfa resultaten in afvalwater beoordeeld als (zeer) goed. De vergelijking in de <sup>3</sup>H resultaten in afvalwater is goed.

De overeenstemming in de totaal-beta resultaten kan zeker nog verbeterd worden. De monsternamen, de monsterbehandeling en met name de verschillen in de meetmethode zullen bekeken moeten worden.

De ventilatieluchresultaten geven geen reden voor discussie. Er is in een aantal monsters door RIVM een zeer lage activiteitsconcentratie aan <sup>131</sup>I, <sup>133</sup>Xe, <sup>137</sup>Cs, <sup>191</sup>Os, en <sup>203</sup>Hg aangetroffen. Deze waarden vallen ruim onder de detectiegrens van NRG.

De meetwaarden voor totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht liggen in de range van wat er in buitenlucht aangetroffen wordt en hebben waarschijnlijk een natuurlijke oorsprong.

## 5 Bijlage A Meetresultaten NRG afvalwater

Tabel A1 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, totaal-bèta ( $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en  $^3\text{H}$  in afvalwater ( $\text{MBq}\cdot\text{m}^{-3}$ )

Periode Nuclide	periode 1			periode 2		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	5,6 ± 0,3	A2	4,8 ± 0,4	3,9 ± 0,3	A1	4,1 ± 0,4
Mn-54	3,0 ± 0,2	A1	2,7 ± 0,5	1,12 ± 0,19	A2	1,6 ± 0,4
Co-57	8,7 ± 0,3	A1	8,6 ± 0,4	7,3 ± 0,3	A1	7,6 ± 0,3
Co-60	84 ± 3	A1	80,7 ± 1,5	48,4 ± 1,8	A1	47,7 ± 1,3
Zn-65	1,7 ± 0,4			2,3 ± 0,4	A1	1,8 ± 0,4
Nb-95	<0,9		1,1 ± 0,3			
Ru-103	0,89 ± 0,14			0,9 ± 0,3	A1	1,1 ± 0,3
Sb-124	0,7 ± 0,4					
Sb-125	9,1 ± 0,5	A1	10,7 ± 1,9	5,8 ± 0,3	A2	4,6 ± 1,1
I-131	2,8 ± 0,6					
Cs-134	2,56 ± 0,13	A1	2,5 ± 0,3	0,78 ± 0,07	A2	1,00 ± 0,18
Cs-137	216 ± 7	A1	209 ± 3	83 ± 3	A1	82,9 ± 1,9
W-181	1,54 ± 0,12	A2	2,2 ± 0,4	0,89 ± 0,08		
Totaal- $\alpha$	1,34 ± 0,15	C	3,0 ± 0,2	7,4 ± 0,7	C	24,7 ± 0,8
Tot./rest- $\beta$	180 ± 7	B	3600 ± 1500	89 ± 4	B	700 ± 300
H-3	118 ± 4	A2	112 ± 2	17,6 ± 0,6	A1	17,3 ± 0,4

Tabel A1 : Vervolg (2)

Periode Nuclide	periode 3			periode 4		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	16,0 ± 0,8	A2	14,6 ± 0,8	12,1 ± 0,6	A1	13,0 ± 0,7
Mn-54	6,2 ± 0,3	A1	5,6 ± 0,7	7 ± 5	A2	12,6 ± 0,9
Co-57	28,3 ± 1,0	A1	28,4 ± 0,9	38,5 ± 1,3	A1	38,8 ± 0,8
Co-58	1,2 ± 0,2			1,9 ± 0,3	A2	1,2 ± 0,5
Co-60	106 ± 4	A1	105 ± 3	218 ± 8	A1	219 ± 4
Zn-65	2,7 ± 0,4			4,2 ± 0,6	A2	2,4 ± 1,4
Cd-109	16 ± 4			2,2 ± 0,3		
Sb-124	8,7 ± 0,3	A1	7,8 ± 0,9	15,2 ± 0,5	A1	14,8 ± 1,2
Sb-125	15,5 ± 0,6	B	18,9 ± 1,5	32,0 ± 1,1	A1	33,0 ± 1,9
I-131	2,1 ± 1,1	A1	1,6 ± 0,6			
Cs-137	46,2 ± 1,6	A1	46,2 ± 1,7	106 ± 3	A1	109 ± 3
W-181	2,5 ± 0,7	A1	3,2 ± 0,5	9,4 ± 0,4	A1	9,1 ± 1,2
Totaal- $\alpha$	0,31 ± 0,05	A2	0,49 ± 0,09	0,55 ± 0,08	A1	0,67 ± 0,11
Tot./rest- $\beta$	230 ± 9	A2	800 ± 300	324 ± 13	A1	1400 ± 1200
H-3	15,1 ± 0,5	A2	14,2 ± 0,3	73 ± 2	C	85 ± 3

Tabel A1 : Vervolg (3)

Periode Nuclide	periode 5			periode 6		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	14,1 ± 0,7	A1	13,2 ± 0,7	7,1 ± 0,4	A1	7,0 ± 0,5
K-40	6,1 ± 1,9					
Mn-54	13,4 ± 0,6	A1	14,3 ± 1,0	3,7 ± 0,2	A1	4,2 ± 0,5
Co-57	44,0 ± 1,6	A1	44,3 ± 0,9	8,9 ± 0,3	A1	8,7 ± 0,4
Co-58	1,2 ± 0,2			0,73 ± 0,14		
Co-60	182 ± 7	A1	180 ± 4	71 ± 3	A2	75 ± 2
Zn-65	5,7 ± 0,6	A1	4,3 ± 1,4	1,7 ± 0,3		
Cd-109				1,7 ± 0,6		
Sb-124	8,4 ± 0,3	A2	7,4 ± 0,9	14,5 ± 0,5	A1	14,3 ± 1,1
Sb-125	19,3 ± 0,8	A2	22 ± 2	39,9 ± 1,3	A1	41,4 ± 1,9
Cs-134	1,5		1,0 ± 0,2	1,1		1,2 ± 0,2
Cs-137	87 ± 3	A1	88 ± 2	91 ± 3	A1	92 ± 3
W-181	8,3 ± 0,3			59 ± 2	A1	53 ± 7
W-188				8,9 ± 1,0	A1	8,2 ± 1,9
Totaal-α	5,0 ± 0,5	C	7,5 ± 0,4	1,04 ± 0,13	A2	0,70 ± 0,15
Tot./rest-β	319 ± 13	B	2700 ± 800	590 ± 20	C	3400 ± 900
H-3	64 ± 2	A1	61,6 ± 1,2	55,3 ± 1,9	A1	54,7 ± 1,1

Tabel A1 : Vervolg (4)

Periode Nuclide	periode 7			periode 8		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	7,6 ± 0,4	A1	8,1 ± 0,5	19,2 ± 0,9	A1	18,8 ± 1,0
Mn-54	3,3 ± 0,2	A1	3,4 ± 0,3	2,5 ± 0,3	A1	3,0 ± 0,6
Co-57	9,4 ± 0,3	A1	9,2 ± 0,4	23,2 ± 0,8	A1	23,3 ± 0,8
Co-58	0,95 ± 0,15			1,0 ± 0,3		
Co-60	65 ± 2	A1	66,7 ± 1,6	153 ± 6	A1	157 ± 4
Zn-65	4,3 ± 0,4	A1	3,9 ± 1,0	15,1 ± 0,8	A1	15,5 ± 1,9
Cd-109	4 ± 2			1,3 ± 0,5		
Sb-124	16,0 ± 1,5	A1	16,1 ± 1,2	10,3 ± 0,4	A1	10,8 ± 0,9
Sb-125	45,9 ± 1,5	A2	49,4 ± 1,8	66 ± 2	A1	67 ± 2
Cs-137	87 ± 3	A1	88 ± 2	119 ± 4	A1	123 ± 4
W-181	29 ± 3	A1	29 ± 4	71 ± 2	A1	64 ± 8
W-188	5 ± 3			7,0 ± 1,0		
Totaal-α	1,15 ± 0,14	A1	1,23 ± 0,16	8,2 ± 0,8	C	13,4 ± 0,5
Tot./rest-β	420 ± 17	B	2100 ± 700	1050 ± 40	B	5500 ± 1500
H-3	47,3 ± 1,6	A1	48,4 ± 1,0	115 ± 4	A1	113 ± 2

*Tabel A2 : De nucliden in de bibliotheek voor analyse van gammaspectra van monsters afvalwater en ventilatielucht*

<sup>7</sup> Be	<sup>60</sup> Co*	<sup>110m</sup> Ag*	<sup>132</sup> Te
<sup>22</sup> Na	<sup>65</sup> Zn*	<sup>113</sup> Sn	<sup>134</sup> Cs*
<sup>24</sup> Na	<sup>75</sup> Se	<sup>115</sup> Cd	<sup>136</sup> Cs
<sup>40</sup> K	<sup>95</sup> Nb*	<sup>115m</sup> Cd	<sup>137</sup> Cs*
<sup>51</sup> Cr*	<sup>95</sup> Zr*	<sup>123m</sup> Te <sup>†</sup>	<sup>140</sup> Ba*
<sup>54</sup> Mn*	<sup>99</sup> Mo	<sup>124</sup> Sb*	<sup>140</sup> La*
<sup>57</sup> Co*	<sup>103</sup> Ru*	<sup>125</sup> Sb <sup>†</sup>	<sup>141</sup> Ce*
<sup>58</sup> Co*	<sup>106</sup> Ru*	<sup>129m</sup> Te	<sup>144</sup> Ce*
<sup>59</sup> Fe*	<sup>109</sup> Cd	<sup>131</sup> I*	<sup>202</sup> Tl

\* Volgens KTA 1503.1 en KTA 1504 te onderzoeken nucliden<sup>2,3</sup>

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden<sup>3</sup>

Naast de bovengenoemde nucliden wordt ook gekeken naar afwijkende nucliden die incidenteel bij NRG in het afvalwater aangetroffen worden. Voorbeelden daarvan zijn <sup>67</sup>Ga, <sup>111</sup>In, <sup>181</sup>W, <sup>191</sup>Os, <sup>203</sup>Pb, <sup>95m</sup>Tc, <sup>121</sup>Te, <sup>185</sup>W, <sup>83</sup>Rb.

**NRG ventilatielucht**Tabel A3 : Meetresultaten gammaspectrometrie in ventilatielucht HFR in 2016 (mBq m<sup>-3</sup>)

Monsternr Periode 2016	Nuclide	Aërosolfilter RIVM	Koolfilter RIVM
1 31 jan - 07 feb	<sup>131</sup> I	< 0,2	0,330 ± 0,019
	<sup>133</sup> Xe	< 0,3	< 0,3
	<sup>137</sup> Cs	< 0,1	< 0,1
	<sup>191</sup> Os	< 0,2	1,65 ± 0,16
2 06 mrt - 13 mrt	<sup>131</sup> I	< 0,4	0,30 ± 0,05
	<sup>133</sup> Xe	< 0,7	< 0,6
	<sup>137</sup> Cs	< 0,1	< 0,1
	<sup>191</sup> Os	< 0,1	1,56 ± 0,16
3 12 jun - 19 jun	<sup>131</sup> I	< 0,4	0,36 ± 0,08
	<sup>133</sup> Xe	< 0,7	< 0,5
	<sup>137</sup> Cs	< 0,1	< 0,1
	<sup>191</sup> Os	< 0,2	1,85 ± 0,18
4 26 jun - 03 jul	<sup>131</sup> I	< 0,7	0,50 ± 0,04
	<sup>133</sup> Xe	< 1,6	< 0,8
	<sup>137</sup> Cs	< 0,2	< 0,1
	<sup>191</sup> Os	< 0,5	1,62 ± 0,18
5 03 jul - 10 jul	<sup>131</sup> I	< 0,3	0,62 ± 0,11
	<sup>133</sup> Xe	< 0,4	< 0,7
	<sup>137</sup> Cs	< 0,1	< 0,2
	<sup>191</sup> Os	< 0,2	1,96 ± 0,19
6 11 sep - 18 sep	<sup>131</sup> I	< 0,4	0,37 ± 0,15
	<sup>133</sup> Xe	< 2,0	< 1,4
	<sup>137</sup> Cs	< 0,2	< 0,1
	<sup>191</sup> Os	< 0,7	1,65 ± 0,19
	<sup>203</sup> Hg	< 0,2	< 0,1
7 18 sep - 25 sep	<sup>131</sup> I	< 0,5	< 0,3
	<sup>133</sup> Xe	< 1,0	< 0,6
	<sup>137</sup> Cs	< 0,1	< 0,1
	<sup>191</sup> Os	< 0,5	0,94 ± 0,09
8 13 nov - 20 nov	<sup>131</sup> I	< 0,3	< 0,2
	<sup>133</sup> Xe	< 0,8	< 0,2
	<sup>137</sup> Cs	< 0,3	< 0,1
	<sup>191</sup> Os	< 0,6	0,35 ± 0,08

\* NRG heeft slechts detectiegrenzen gerapporteerd voor het gehele filterpakket.

Tabel A3 (vervolg)

Monsternr. Periode 2016	Nuclide	Koolkorrels RIVM	Pakket	
			RIVM	NRG
1 31 jan - 07 feb	<sup>131</sup> I	0,3 ± 0,2	0,34 ± 0,05	
	<sup>133</sup> Xe	7,2 ± 0,4	1,6 ± 0,2	
	<sup>137</sup> Cs	0,39 ± 0,08	0,41 ± 0,05	C 6 ± 1,6
	<sup>191</sup> Os	< 0,5	1,08 ± 0,16	
2 06 mrt - 13 mrt	<sup>131</sup> I	0,31 ± 0,12	< 0,6	
	<sup>133</sup> Xe	7,0 ± 0,5	1,9 ± 0,3	C 11 ± 3
	<sup>137</sup> Cs	0,34 ± 0,05	0,49 ± 0,10	
	<sup>191</sup> Os	< 0,4	1,30 ± 0,19	
3 12 jun - 19 jun	<sup>131</sup> I	0,35 ± 0,13	0,50 ± 0,06	
	<sup>133</sup> Xe	2,9 ± 0,4	0,96 ± 0,15	
	<sup>137</sup> Cs	0,19 ± 0,07	0,46 ± 0,07	
	<sup>191</sup> Os	< 0,5	1,31 ± 0,18	
4 26 jun - 03 jul	<sup>131</sup> I	0,75 ± 0,15	0,33 ± 0,13	
	<sup>133</sup> Xe	< 4,0	0,69 ± 0,15	
	<sup>137</sup> Cs	0,39 ± 0,08	0,45 ± 0,06	
	<sup>191</sup> Os	< 1,0	1,02 ± 0,14	
5 03 jul - 10 jul	<sup>131</sup> I	< 0,9	0,61 ± 0,10	
	<sup>133</sup> Xe	2,5 ± 0,3	0,87 ± 0,14	
	<sup>137</sup> Cs	< 0,7	0,40 ± 0,07	
	<sup>191</sup> Os	< 0,6	1,50 ± 0,19	
6 11 sep - 18 sep	<sup>131</sup> I	< 0,8	0,38 ± 0,11	
	<sup>133</sup> Xe	< 1,8	0,6 ± 0,2	
	<sup>137</sup> Cs	0,39 ± 0,06	0,48 ± 0,06	
	<sup>191</sup> Os	0,8 ± 0,2	0,98 ± 0,17	
	<sup>203</sup> Hg	0,15 ± 0,06	< 0,2	
7 18 sep - 25 sep	<sup>131</sup> I	< 0,5	< 0,3	
	<sup>133</sup> Xe	< 0,9	< 0,2	
	<sup>137</sup> Cs	< 0,5	0,44 ± 0,06	
	<sup>191</sup> Os	< 0,5	0,78 ± 0,10	
8 13 nov - 20 nov	<sup>131</sup> I	< 0,7	< 0,4	
	<sup>133</sup> Xe	< 1,1	< 0,5	
	<sup>137</sup> Cs	< 0,7	0,78 ± 0,11	
	<sup>191</sup> Os	< 0,8	< 0,6	

*Tabel A4 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie meetresultaten totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht HFR in 2016 (mBq m<sup>-3</sup>); NRG resultaten van glasvezelfilter.*

Nr	2016 Monsterperiode	Totaal-alfa			Totaal-beta		
		RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
1	31 jan - 07 feb	< 0,011		< 0,11	0,082 ± 0,012		< 0,4
2	06 mrt - 13 mrt	< 0,012		< 0,11	0,055 ± 0,012		< 0,4
3	12 jun - 19 jun	< 0,011		< 0,11	< 0,03		< 0,4
4	26 jun - 03 jul	< 0,010		< 0,11	< 0,03		< 0,4
5	03 jul - 10 jul	< 0,013		< 0,13	< 0,04		< 0,5
6	11 sep - 18 sep	< 0,011		< 0,11	< 0,04		< 0,4
7	18 sep - 25 sep	< 0,010		< 0,11	< 0,03		< 0,4
8	13 nov - 20 nov	< 0,016		0,19 ± 0,04	< 0,05		0,73 ± 0,15



## 6 Bijlage B Bemonstering en meting door NRG in 2016

Procedures geldig ten tijde van rapportageperiode 2016. Update van de  $^3\text{H}$  bepaling d.d. 16-3-2018; e-mail van F. Draaisma aan P. Kwakman.

### **Bemonsterings- en meetplan voor radioactieve stoffen in het afvalwater uit de zeeleiding: 2002.**

#### **Monsterneming NRG**

Per week kunnen bij NRG, in "batches" van  $75\text{ m}^3$  een of meer lozingen van afvalwater op de Noordzee plaatsvinden. Bij de lozing voert NRG een automatische debiet proportionele bemonstering uit met het Hobre-systeem (omvat tevens de koeling en conservering), waarbij per batch van  $75\text{ m}^3$  een monster van ca. 4 liter wordt genomen. Het weekmonster wordt opgevangen in een polytheen verzamelvat van 25 liter waarin ter conservering van het monster reeds 400 ml verdund salpeterzuur (1:1) is afgewogen. Gedurende de gehele lozingsweek bevindt het verzamelvat zich in een koelkast. Na verwisseling van het vat aan het begin van een nieuwe lozingsweek wordt uit het verzamelvat onder roeren een deelmonster van 1 liter genomen voor RIVM en een deelmonster van 1 liter voor NRG. Aan beide deelmonsters wordt een evenredige hoeveelheid drageroplossing toegevoegd om het optreden van in homogeniteiten en adsorptie aan de fleswand tegen te gaan<sup>8</sup>. De deelmonsters worden vervolgens tot moment van verwerking opgeslagen in een koelkast.

#### **Analyseprocedure NRG**

Van elk weekmonster worden de volgende concentraties bepaald:

- Gammastralers.  
Voor de bepaling van activiteitconcentratie van de gamma-emitterende radionucliden wordt onder roeren 250 ml van het deelmonster afgewogen in een 500 ml polytheenfles. Om uitzakken van het monster tijdens de meting te voorkomen wordt 10 gram geleermiddel, behangplaksel merk Perfax blauw, aan het monster toegevoegd en goed gemengd. Het aldus gegeleerde monster wordt gedurende 16 uur gemeten op een N-type high-purity germanium detector in lage-achtergrond meetopstelling. De methode is conform NEN 5623. Daarnaast voldoet de meetmethode aan de door de Duitse overheid gehanteerde normen zoals weergegeven in het voorschrift KTA-1504.
- Totaal alfa-bepaling.  
De bepaling van de totaal alfa wordt uitgevoerd met behulp van ZnS-scintillatiemetingen. Van het gehomogeniseerde monster -wordt in twee monstervaatjes elk 5 ml gepipetteerd. Aan een van de monstervaatjes wordt een bekende hoeveelheid  $^{241}\text{Am}$ -oplossing toegevoegd. Vervolgens worden beide monsters ingedampt tot droog op vooraf geprepareerde rvs-plaatjes met een diameter van 35 mm en gedurende 16 uur geteld onder een scintillatieteller met een lage achtergrond. Uit de additie van de  $^{241}\text{Am}$ -oplossing wordt de correctiefactor bepaald voor de

zelfabsorptie in het ingedamppte preparaat ten gevolge van de aanwezige zoutrest. Deze wijze van totaal-alfabepaling is (destijds) goedgekeurd door de VROM inspectie, regio Zuid-West.

- Tritium en totaal bèta-bepaling  
Tritium en totaal bèta's worden bepaald met behulp van vloeistofscintillatie-spectrometrie volgens een methode waarbij gecorrigeerd wordt voor quenching.  
Na homogeniseren van het monster wordt ongeveer 50 ml overgebracht in een bekersglas met daarin een driepoot met een opvangbakje. Vervolgens wordt 250 mg  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  toegevoegd en verwarmd tot kookpunt. Na enige minuten koken wordt het bekersglas afgedekt met een rondbodemkolf gevuld met ijswater en wordt het tritium na condenseren opgevangen in het opvangbakje. Het opvangbakje bevat uiteindelijk 15-20 ml destillaat. Vervolgens wordt 10 ml destillaat gemengd met 10 ml Ultima Gold LLT en m.b.v. de LSC wordt gedurende 5 maal 6 minuten de activiteit in de energieband 0-19 keV bepaald. De methode is conform NEN-EN-ISO 9698, echter er wordt geen natriumthiosulfaat toegevoegd.

Voor het bepalen van de totaal bèta activiteit wordt naast de meting van het gedestilleerde monster tevens een direct meting van het watermonster uitgevoerd. Vanuit deze direct meting wordt, rekeninghoudend met de correctie voor quenching, na aftrek van de tritiumactiviteit de totaal bèta-activiteit berekend.

#### **Referenties van NRG**

- 1 ECN-CX--96-059, C.J.H. van Maurik, A.W. van Weers. *Bemonsterings- en meetplan voor radioactieve stoffen in het afvalwater uit de zeeleiding*. maart 1998.
- 2 ECN-R--97-003, N.D. Engeltjes, C.J.H. van Maurik, T.J.H. de Groot, J. Zwaard, A.W. van Weers. *Testresultaten van het Hobre-systeem voor bemonstering van radioactief afvalwater uit de zeeleiding*. Oktober 1997.
- 3 Weers AW van, Maurik CJH van, Groot TJH de. *Vergelijking Gamma-metingen van zeelozingsmonsters COBRA versus Hobre*. NRG-rapport 25115.20.30/99.22940. Petten, NRG, 16 juni 1999.

## 7 Referenties

- <sup>1</sup> Jaarplan project M/390020/16/SM – Jaarplan 2016; besproken op 16-2-2016 met G. Breas en P. Arends (ANVS). Brief met bijlage; briefnummer 20160033 VLH Roo/Kwa/sij.
- <sup>2</sup> KTA 1503.1. Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebundener radioaktiver Stoffe. Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb, KTA, 2013-11.
- <sup>3</sup> KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2007-11.
- <sup>4</sup> NEN 5623: 2016. Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van de activiteit van gammastraling uitzendende nucliden in een telmonster met halfgeleider-gammaspectrometrie. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 2016.
- <sup>5</sup> ISO 10704:2010. Water quality – Measurement of gross alpha and gross beta activity in non-saline water – Thin source deposit method
- <sup>6</sup> ISO 9698: 2009. Water quality – Determination of tritium activity concentration – Liquid scintillation counting method. ISO, Geneva.
- <sup>7</sup> NEN 6421: 2006. Water. Bepaling van de totale bèta-activiteitsconcentratie en rest- bèta-activiteitsconcentratie van niet vluchtige bestanddelen. Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 2006.
- <sup>8</sup> Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Brief van VLH aan de nucleaire installaties d.d. 18 september 1990, kenmerk 1364/90 VLH Sm/eh.
- <sup>9</sup> NEN 5636:2007. Radioactiviteitsmetingen. Bepaling van de kunstmatige totale alfa-, kunstmatige totale bèta-activiteit en gammaspectrometrie van luchtfilters en berekening van de volumieke activiteit van de bemonsterde lucht. Nederlands Normalisatie Instituut, NEN Delft, 2007.
- <sup>10</sup> NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1991.
- <sup>11</sup> NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1990.
- <sup>12</sup> I. Krol, Ch. Hohmann. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2016", August 2016, SW 1 – 02/2016, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- <sup>13</sup> Nuclear Research and Consultancy Group. E-mail van J. Kok (NRG) aan P. Kwakman (RIVM) met een bijgevoegde Excel sheet met lozingsdata :  
*Radioactieve componenten zeelozing :*  
 NRG 1<sup>e</sup> kwartaal 2016 d.d. 11 april 2016.  
 NRG 2<sup>e</sup> kwartaal 2016 d.d. 13 juli 2016.  
 NRG 3<sup>e</sup> kwartaal 2016 d.d. 11 oktober 2016.  
 NRG 4<sup>e</sup> kwartaal 2016 d.d. 19 januari 2017.

*Radioactieve componenten in HFR lozingslucht :*

E-mail van J. Kok (NRG) aan P. Kwakman (RIVM) met een bijgevoegde Excel sheet met lozingsdata "NRG\_koolpakket\_2016", d.d. 19-1-2017.

<sup>14</sup> Environmental Radioactivity in The Netherlands. Results in 2015. GJ Knetsch, editor. RIVM rapport 2016-0183, Bilthoven.



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*