



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

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

Periode 2012

RIVM Briefrapport 300002004/2013
P.J.M. Kwakman | R.M.W. Overwater



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

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

Periode 2012

RIVM Briefrapport 300002004/2013
P.J.M. Kwakman | R.M.W. Overwater

Colofon

© RIVM 2013

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.

PJM Kwakman (Radiochemicus), RIVM / VLH
RMW Overwater (Radiofysicus), RIVM / VLH

Contact:
Pieter Kwakman
RIVM / VLH
pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Inspectie Leefomgeving en Transport, in het kader van project 300002/01/SM, Site Monitoring Straling

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van NRG. Periode 2012

Het RIVM controleert achtmaal per jaar de metingen van NRG. Het gaat hierbij om lozingen van radioactiviteit in water en lucht. De contra-expertise onderbouwt de betrouwbaarheid van de analyses die NRG uitvoert. Ook in 2012 komen de analyses in afvalwater goed overeen, met name voor de gammaspectrometrie en totaal-alfa resultaten. Enkele structurele verschillen in dat jaar betreffen de totaal-beta metingen in afvalwater; RIVM meet altijd veel lager dan NRG. Dit wordt deels verklaard door het feit dat er veel kortlevende beta-stralers in het afvalwater aanwezig zijn, en deels door verschillen in de meetmethoden die NRG en RIVM toepassen. De overeenstemming in de tritium resultaten in afvalwater is goed.

De resultaten behaald door NRG en RIVM in ventilatieluchtmonsters zijn in goede overeenstemming. De totaal-alfa en totaal-bèta resultaten zijn alle op of dicht bij de detectiegrens en verschillen niet significant van de waarden die in buitenlucht in Bilthoven worden aangetroffen.

Het RIVM heeft in 2012 acht afvalwatermonsters en acht monsters van ventilatielucht geanalyseerd, die verspreid over het jaar gedurende een week door NRG zijn genomen. Opdrachtgever is de Kernfysische Dienst van de Inspectie Leefomgeving en Transport van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Trefwoorden: NRG, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

Abstract

Contra-expertise on the determination of radioactivity of waste water and ventilation air of NRG. Period 2012

Within the framework of a monitoring programme, RIVM measures the release of radioactivity into the waste water and atmosphere of NRG. Measurements are carried out eight times per year. This form of counter-expertise is aimed at verifying and supporting the reliability of the analyses carried out by NRG. In 2012, the two different sets of measurements are generally in agreement for gammaspectrometry and gross alpha results in waste water. The few discrepancies that were observed concern the presence of gross beta emitters in waste water. 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 agreement in the ^3H results in waste water is good.

The results obtained by RIVM and NRG in ventilation air samples are in good agreement. 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.

The RIVM analyzed eight waste water samples and eight samples of ventilation air taken by NRG at various time points dispersed throughout 2012. The analyses were carried out on behalf of the Department of Nuclear Safety, Security and Safeguards of the Dutch Ministry of Infrastructure and Environment.

Keywords:

NRG, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave–5

Samenvatting–6

1 Inleiding–7

2 Monsters en analyse–8

3 Analysemethoden–9

3.1 Tweevoudbepalingen–9

3.2 Bepaling van de totaal-alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater–9

3.3 Bepaling van de totaal bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater–10

3.4 Bepaling van de activiteitsconcentratie aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater–10

3.5 Bepaling van de ³H-activiteitsconcentratie in afvalwater–10

3.6 Bepaling van de totaal-alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht–11

3.7 Bepaling van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht–11

3.8 Foutenberekeningen–11

3.9 Kwaliteitsborging–12

3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking–12

4 Resultaten en discussie–14

4.1 Meetresultaten–14

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie–14

4.2.1 Afvalwater–15

4.2.2 Ventilatielucht HFR–15

4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise resultaten–17

Bijlage A meetresultaten NRG afvalwater–18

Bijlage B Bemonstering en meting door NRG in 2012–21

Bijlage C Referenties–23

Samenvatting

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van RIVM heeft in 2012 in opdracht van de Kernfysische Dienst van de Inspectie Leefomgeving en Transport 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 2012.

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

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.

RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, totaal-beta, tritium in afvalwater, en gammastralers, totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht.

Bij de vergelijking van de gemeten concentraties aan totaal-alfa en gammastralers in de afvalwatermonsters bleek een uitstekende overeenstemming. De vergelijking in de totaal-bèta activiteit in afvalwater is matig. Dit is echter begrijpelijk omdat de totaal-bèta activiteit voor een groot deel uit kortlevende radionucliden bestaat en omdat NRG en RIVM verschillende meetmethoden hanteren. Voor ^3H is de overeenstemming goed.

RIVM heeft in de ventilatieluchtmonsters een aantal malen een zeer geringe totaal-alfa en totaal-bèta activiteit aangetroffen die waarschijnlijk van natuurlijke oorsprong is.

1 Inleiding

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van RIVM voert in opdracht van Kernfysische Dienst van de Inspectie Leefomgeving en Transport radioactiviteitsmetingen (KFD-ILT) 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 2012.

De contra-expertisemonsters waarvoor liggende 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.

In 2012 heeft het RIVM/LSO gefunctioneerd als zelfstandig Laboratorium voor Stralingsonderzoek. Met ingang van 1-1-2013 is het LSO onderdeel geworden van het centrum Veiligheid van het RIVM. Voor de betreffende rapportageperiode 2012 wordt echter nog steeds gebruik gemaakt van de naam 'LSO'.

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 KFD overeengekomen, aantal monsters en de te verrichten analyses¹.

Tabel 1 Overzicht van vooraf afgesproken aantal monsters en analyses

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

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

In 2012 zijn acht water- en ventilatieluchtmonsters opgehaald; NRG is daarvoor achtmaal bezocht. Gegevens van de monsters staan in Tabel 2 en Tabel 3.

Tabel 2 Monstergegevens afvalwater

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Data gammaspectrometrie
1	20 - 27 februari	29 februari	01 maart
2	19 - 26 maart	29 maart	03 april
3	07 - 14 mei	16 mei	21, 24 mei
4	04 - 11 juni	13 juni	14 juni
5	02 - 09 juli	11 juli	12 juli
6	10 - 17 september	03 oktober	04 oktober
7	24 - 01 oktober	03 oktober	04 oktober
8	15 - 22 oktober	31 oktober	05 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 Monstergegevens HFR ventilatielucht

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Data gammaspectrometrie
1	15 - 22 februari	29 februari	5 - 7 maart
2	14 - 21 maart	29 maart	2 - 5 april
3	02 - 09 mei	16 mei	21 - 23 mei
4	30 mei - 06 juni	13 juni	15 juni
5	27 jun - 04 juli	11 juli	12 - 16 juli
6	12 - 19 september	03 oktober	05 oktober
7	19 - 26 september	03 oktober	06 oktober
8	17 - 24 oktober	31 oktober	06 november

3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast op afvalwater door NRG in 2012, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Voor de bemonstering en analyse van ventilatielucht van HFR (gedurende 2012) zijn de beschrijvingen (nog) niet door RIVM ontvangen.

In opdracht van VROM-Inspectie KFD worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503² en KTA-1504³) 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/LSO de Nederlandse NEN-normen. Voor gamma-spectrometrie wordt gewerkt conform NEN 5623⁴; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636⁹. Waar er geen Nederlandse norm voorhanden is heeft RIVM/LSO een methode als een eigen methode gevalideerd. Hierbij wordt zoveel mogelijk volgens internationaal aanvaarde standaarden gewerkt. Dit geldt voor totaal alfa en totaal bèta in afvalwater (ISO 10704⁵), en voor de bepaling van ³H in afvalwater (ISO 9698⁶).

3.1 Tweevoudbepalingen

LSO 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 ⁶⁰Co of ¹³⁷Cs. Bij andere gammastralers dan ⁶⁰Co en ¹³⁷Cs 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 ²⁴¹Am-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 mg.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 ²⁴¹Am.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0121: 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}Sr is ingedampt. Hier is afgeweken van de Nederlandse Norm die ^{40}K als referentienuclide voorschrijft⁷. 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 ^3H en anorganisch ^{14}C ($^{14}\text{CO}_2$). Minder vluchtige ^{14}C -verbindingen dragen waarschijnlijk wel voor een deel bij aan de telling. Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0121: 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 teltijden⁸. 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 1504³ 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 nuclidenbibliotheek³ staan, maar regelmatig in afvalwater van NRG voorkomen. Het gaat om ^{67}Ga , ^{111}In , ^{181}W , ^{186}Re , ^{188}W en ^{203}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}Co gegeven. De detectielimiet voor ^{60}Co geeft een indicatie van de bereikte meetgevoeligheid volgens KTA 1504³. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ^{60}Co kleiner is dan 1 kBq m^{-3} . Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0238 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

3.5 Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater

Aan 25 ml van het monster wordt 0,2 g Na_2CO_3 toegevoegd om het alkalisch te maken. Nadat een deel van dit monster is gedestilleerd, wordt door middel van LSC de activiteitsconcentratie van ^3H 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 LSO-0133: 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}Sr en voor de bepaling van de totaal-alfa-activiteitsconcentratie ^{241}Am als referentienuclide toegepast⁹. 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 LSO-0121: 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 1503.1². Deze eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor ^{60}Co en ^{131}I minder dan $20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ bedraagt.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0238 (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 1047¹⁰ (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114¹¹ (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 α -bepaling wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een ^{241}Am -standaard. De totale fout in de totaal α -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 β -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat, een kalibratiefout en een experimentele fout.
- *Gammaspectrometrie*
Voor de γ -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 ^3H -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

RIVM/LSO is sinds 1994 Sterlab geaccrediteerd en vanaf 2002 gecertificeerd volgens ISO 17025. 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.

3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door NRG bepaalde activiteitsconcentraties worden met de afronding zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047¹⁰) overgenomen uit de opgave van NRG¹³.

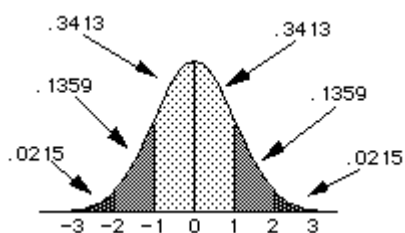
De overeenkomst tussen de meetresultaten van RIVM en die van de onderzochte nucleaire installatie (NI) wordt ingedeeld in één van de categorieën A1, A2, B, of C, die gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Vergelijking vindt alleen plaats als zowel RIVM als het onderzochte bedrijf een activiteit hebben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

Het vergelijken van de gemeten waarden x_{NI} en x_{RIVM} is ook te verwoorden als het bepalen van het verschil $\Delta = x_{\text{NI}} - x_{\text{RIVM}}$. Het verschil tussen de meetwaarden wordt berekend uit de getallen zoals deze worden weergegeven, dus na afronding van de meetwaarde van RIVM (volgens NEN 1047¹⁰). De fout in dit verschil is: $s_{\Delta} = \sqrt{(s_{\text{NI}})^2 + (s_{\text{RIVM}})^2}$. 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



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 NRG¹³ en zijn in deze rapportageperiode afgerond met de afrondingsregels zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047¹⁰).

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	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	ΣB *	ΣC *
Cd-109	A1								1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Co-56		A2	A1		A1		A1	A2	3 (2-5)	2 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-57	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	<u>8</u> (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-58	A1	A1	A2						2 (1-3)	1 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-60	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A2	6 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cs-134	A1	B		A1	A2	A2	A1	A1	4 (3-7)	2 (0-4)	1 (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)
I-131	A1	A2	B	A2	C	A1	A1	A1	4 (3-7)	2 (0-4)	1 (0-1)	<u>1</u> (0-0)
Mn-54	A1	A1	B		A1				3 (1-4)	0 (0-3)	1 (0-1)	0 (0-0)
Na-22	A2	B	A2	A2	A2	A2	B	A1	<u>1</u> (3-7)	<u>5</u> (0-4)	<u>2</u> (0-1)	0 (0-0)
Rb-83		A1							1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Ru-103	A1	A1	A1	A1		A1	A1		6 (2-6)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Sb-124		B	A1	A1	A2				2 (1-4)	1 (0-3)	1 (0-1)	0 (0-0)
Sb-125	A2	A1	A1	A1	A1	A1	A1		6 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Tc-95m			A1						1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Te-121	A1			A1	A2	A2	A1	A1	4 (2-6)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Tl-202		A1	A2						1 (0-2)	1 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
W-181	A1	A2	A1	A1	A1	A1	A1	A1	7 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
W-185			A1	A1					2 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
W-188	A2	A1	A1	A1					3 (1-4)	1 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Zn-65	A1	A1	A1	A1	A2	A1	A1	A1	7 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Totaal									80 (66-82)	22 (22-37)	6 (2-8)	1 (0-1)
Totaal-a	A1	A1	A2	A1	A1	A2	A2	A2	4 (3-7)	4 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Tot./rest-b	C	C	C	C	C	C	C	C	<u>0</u> (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	<u>8</u> (0-0)
H-3	A1	A1	A2	A2	A1	A1	A2	A1	5 (3-7)	3 (0-4)	0 (0-1)	0 (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 goed; de categorieën A1+A2, B en C komen allen volgens de statistische verwachting voor. De vergelijking tussen de meetwaarden van RIVM en NRG is uitstekend : van de 109 vergelijkingsparen vallen er 102 in de categorie A1+A2, zes in de categorie B, en één C. Dit is in grote lijnen conform de bevindingen van de voorgaande jaren¹⁴. Dit bevestigt dat door beide instituten de berekening van de totale fout goed is opgebouwd en dat foutbijdragen, zoals de inhomogeniteit van het monster, geen rol spelen.

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 of door NRG of door RIVM

Monsternr	Alleen door RIVM	Alleen door NRG
1	⁵⁶ Co, ^{95m} Tc, ²⁰² Tl	⁹⁹ Mo
2	^{95m} Tc	⁵¹ Cr, ⁹⁹ Mo
3	¹⁰⁹ Cd, ¹²¹ Te	¹³⁴ Cs, ⁹⁹ Mo
4	⁵⁶ Co, ⁵⁸ Co, ⁵⁴ Mn, ^{95m} Tc	⁹⁹ Mo
5	⁵⁸ Co	¹²⁴ Sb
6		⁹⁹ Mo
7	⁵⁸ Co	⁹⁹ Mo
8	¹²⁵ Sb	¹¹⁵ Cd, ⁹⁹ Mo, ¹⁰³ Ru, ¹²⁴ Sb

totaal-alfa

De activiteitsconcentraties voor totaal-alfa zijn allen lager dan 0,6 kBq.m⁻³ en vertonen een goede overeenkomst: in alle acht monsters toonden RIVM en NRG totaal alfa-activiteit aan. Viermaal werd een A1 verkregen, en viermaal een A2.

totaal-bèta

Evenals in de vorige rapportageperiodes valt de vergelijking van totaal-bèta het meest in de categorie C, dit jaar zelfs alle acht. De waarden van NRG zijn een factor 3 tot 12 hoger dan die van RIVM. Dit is mogelijk te wijten aan het voorkomen van kortlevende pure bèta-stralers in het afvalwater. Waarschijnlijk spelen andere zaken, zoals de verschillende meetmethodes, een belangrijke rol. NRG meet met LSC alle bèta stralers met een energie boven die van ³H, waar RIVM met gasdoorstroomtelling hoofdzakelijk de bèta stralers met een energie boven 0,15 MeV bepaalt.

tritium

Het vergelijken van ³H-activiteitsconcentraties resulteerde achtereenvolgens in vijfmaal A1 en driemaal A2; de overeenstemming in de ³H 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.

gammaspectrometrie

RIVM trof in het koolfilter van het eerste, tweede en derde monster een zeer geringe hoeveelheid ^{191}Os aan, en in het tweede monster ook ^{203}Hg . In beide gevallen vond NRG niets. De activiteitsconcentraties waren erg laag en hoogstwaarschijnlijk onder de detectiegrens van NRG.

RIVM heeft in de pakketten 4 tot en met 8 geen activiteit aangetroffen. In pakket 6 heeft NRG wel een geringe hoeveelheid ^{135}Xe gevonden, en in het zevende pakket ^{132}I . Deze nucliden zijn echter kortlevend en kunnen door RIVM niet meer aangetoond worden.

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 of door NRG of door RIVM in ventilatielucht

Monsternr*	Alleen door RIVM	Alleen door NRG
1	^{191}Os	
2	^{203}Hg , ^{191}Os	
3	^{191}Os	
6		^{135}Xe
7		^{132}I

* in monster 4, 5 en 8 hebben zowel RIVM als NRG niets aangetroffen.

De gammastralers die RIVM heeft aangetroffen (zie tabel 6) bevinden zich allen vlak boven de detectiegrens en zijn alleen maar aantoonbaar met een lange meettijd. De gammastralers die NRG heeft aangetoond zijn of door RIVM niet eenduidig quantificeerbaar (^{133}Xe), of zeer kortlevend (^{132}I).

totaal-alfa en totaal-bèta

RIVM heeft in vier van de acht monsters een zeer geringe alfa-activiteit aangetroffen en in zeven van de acht monsters een zeer geringe bèta activiteit. NRG heeft in alle monster een detectiegrens gerapporteerd: $< 0,13 \text{ mBq.m}^{-3}$ voor totaal-alfa en $< 0,5 \text{ mBq.m}^{-3}$ voor totaal-bèta.

De meetwaarden 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 2011 voor totaal-alfa bedraagt $0,029 \pm 0,017 \text{ mBq.m}^{-3}$ en voor totaal-bèta $0,494 \pm 0,008 \text{ mBq.m}^{-3} (\pm 1s)^{15}$. 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 worden de gammaspectrometrieresultaten en de totaal-alfa resultaten in afvalwater beoordeeld als goed. De overeenstemming in de totaal-beta resultaten kan aanzienlijk verbeterd worden. De verschillen in de meetmethode zullen nader bekeken moet worden.

De vergelijking in de ^3H resultaten is goed en is daarmee sterk verbeterd ten opzichte van vorig jaar.

De ventilatieluchresultaten geven geen reden voor discussie. Er wordt slechts in enkele monsters of door RIVM of door NRG een zeer lage activiteitsconcentratie aangetroffen.

Bijlage A meetresultaten NRG afvalwater

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

	periode 1			periode 2			periode 3			periode 4		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Cd-109	50 ± 7	A1	53 ± 9				28 ± 5					
Cd-115												
Co-56	0,9 ± 0,2			2,9 ± 0,9	A2	1,7 ± 0,6	1,5 ± 0,2	A1	1,5 ± 0,7	0,95 ± 0,16		
Co-57	29,4 ± 1,8	A1	29,7 ± 0,7	43 ± 3	A1	41,0 ± 0,8	34 ± 2	A1	33,2 ± 0,9	23,1 ± 1,5	A1	22,4 ± 0,4
Co-58	4,7 ± 0,4	A1	5,5 ± 0,8	4,0 ± 0,7	A1	3,2 ± 0,8	2,2 ± 0,3	A2	3,3 ± 0,7	0,9 ± 0,2		
Co-60	213 ± 12	A1	217 ± 3	210 ± 12	A1	208 ± 3	134 ± 8	A1	130 ± 2	62 ± 4	A1	63,7 ± 1,3
Cr-51				< 13		17 ± 6						
Cs-134	12,6 ± 1,9	A1	14,2 ± 1,1	5,6 ± 1,0	B	9,4 ± 1,0	< 1,8		6,1 ± 0,9	3,0 ± 1,4	A1	3,7 ± 0,6
Cs-137	420 ± 30	A1	419 ± 5	261 ± 16	A1	254 ± 3	237 ± 14	A1	226 ± 3	211 ± 13	A1	207 ± 3
I-131	94 ± 6	A1	91 ± 2	182 ± 12	A2	165 ± 3	240 ± 16	B	276 ± 4	124 ± 8	A2	134 ± 3
Mn-54	46 ± 3	A1	45,5 ± 1,1	6,5 ± 0,7	A1	6,4 ± 0,8	1,8 ± 0,3	B	3,3 ± 0,5	0,7 ± 0,2		
Mo-99	< 50		2,7 ± 1,4	< 200		43,7 ± 1,8	< 60		64,2 ± 1,7	< 15		22,7 ± 1,6
Na-22	48 ± 4	A2	55,9 ± 1,3	17,7 ± 1,5	B	21,8 ± 0,8	45 ± 4	A2	49,5 ± 1,1	18,6 ± 1,5	A2	21,4 ± 0,8
Rb-83				5 ± 2	A1	4,2 ± 1,6						
Ru-103	1,9 ± 0,4	A1	1,9 ± 0,8	2,0 ± 0,9	A1	1,7 ± 0,7	3,1 ± 0,4	A1	2,9 ± 1,0	2,1 ± 0,3	A1	1,9 ± 0,5
Sb-124	5,4 ± 1,0	B	8,0 ± 0,7	66 ± 8	A1	70 ± 2	74 ± 9	A1	83 ± 2	19 ± 2	A2	22,5 ± 1,2
Sb-125	32 ± 2	A2	38 ± 3	245 ± 15	A1	247 ± 5	350 ± 20	A1	335 ± 5	133 ± 8	A1	133 ± 3
Tc-95m	2,8 ± 0,3			2,6 ± 0,7			3,2 ± 0,4	A1	4,2 ± 1,3	1,7 ± 0,5		
Te-121	2,0 ± 0,3	A1	2,5 ± 0,4				1,5 ± 0,3			1,7 ± 0,2	A1	2,0 ± 0,3
Tl-202	1,9 ± 0,5			5 ± 2	A1	4,7 ± 1,0	1,2 ± 0,2	A2	3,0 ± 1,0			
W-181	96 ± 11	A1	80 ± 30	480 ± 70	A2	320 ± 120	540 ± 80	A1	520 ± 60	230 ± 30	A1	200 ± 20
W-185							8000 ± 900	A1	6000 ± 2000	2600 ± 700	A1	3300 ± 700
W-188	3,3 ± 1,0	A2	7 ± 3	57 ± 6	A1	55 ± 4	81 ± 8	A1	77 ± 4	26 ± 3	A1	28 ± 3
Zn-65	35 ± 3	A1	36 ± 2	59 ± 5	A1	58 ± 2	85 ± 7	A1	78 ± 2	39 ± 3	A1	35,9 ± 1,6
Totaal-a	0,34 ± 0,07	A1	0,40 ± 0,12	0,24 ± 0,04	A1	0,29 ± 0,09	0,53 ± 0,09	A2	0,36 ± 0,10	0,34 ± 0,05	A1	0,25 ± 0,12
Tot./rest-b	1410 ± 60	C	7200 ± 1100	5500 ± 200	C	17000 ± 2000	4900 ± 200	C	23000 ± 3000	2210 ± 90	C	7900 ± 1100
H-3	64 ± 2	A1	63,3 ± 1,2	99 ± 3	A1	98,4 ± 1,8	100 ± 3	A2	105,5 ± 1,9	58 ± 2	A2	61,1 ± 1,1

Tabel A1 : vervolg

	periode 5			periode 6			periode 7			periode 8		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Cd-109												
Cd-115										< 600		6 ± 3
Co-56	0,94 ± 0,12	A1	0,9 ± 0,3	< 0,9		0,5 ± 0,3	1,27 ± 0,15	A1	1,3 ± 0,4	1,6 ± 0,2	A2	1,2 ± 0,3
Co-57	19,0 ± 1,2	A1	18,4 ± 0,6	18,1 ± 1,1	A1	17,8 ± 0,8	23,8 ± 1,5	A1	23,5 ± 0,6	26,3 ± 1,6	A1	24,9 ± 0,7
Co-58	0,51 ± 0,12						0,67 ± 0,14					
Co-60	16,7 ± 1,0	A1	16,9 ± 0,6	8,0 ± 0,5	A1	8,3 ± 0,5	6,3 ± 0,4	A2	7,1 ± 0,4	5,2 ± 0,4	A2	6,1 ± 0,4
Cr-51												
Cs-134	2,7 ± 0,4	A2	1,9 ± 0,4	1,8 ± 0,3	A2	2,4 ± 0,5	1,2 ± 0,2	A1	1,1 ± 0,3	0,9 ± 0,2	A1	1,1 ± 0,3
Cs-137	119 ± 7	A1	115,5 ± 1,7	109 ± 7	A1	109,2 ± 1,6	86 ± 5	A1	85,4 ± 1,4	73 ± 4	A1	72,1 ± 1,2
I-131	820 ± 50	C	1077 ± 18	1460 ± 90	A1	1458 ± 19	480 ± 30	A1	490 ± 8	780 ± 50	A1	770 ± 10
Mn-54	0,97 ± 0,13	A1	1,0 ± 0,3									
Mo-99				< 800		7,1 ± 1,9	< 30		11,2 ± 1,9	< 400		5,0 ± 1,7
Na-22	8,3 ± 0,7	A2	9,9 ± 0,6	12,5 ± 1,1	A2	13,8 ± 0,6	15,5 ± 1,2	B	19,0 ± 0,7	5,5 ± 0,5	A1	5,9 ± 0,4
Rb-83										< 1,7		1,1 ± 0,4
Ru-103				0,8 ± 0,3	A1	0,9 ± 0,4	1,22 ± 0,15	A1	1,5 ± 0,5	< 1,0		0,7 ± 0,2
Sb-124	< 1,1		1,2 ± 0,4									
Sb-125	17,7 ± 1,2	A1	17,9 ± 1,6	5,5 ± 0,7	A1	6,7 ± 1,3	4,2 ± 0,4	A1	3,6 ± 0,9	2,3 ± 0,6		
Tc-95m												
Te-121	3,1 ± 0,3	A2	3,8 ± 0,5	2,9 ± 0,3	A2	2,3 ± 0,4	3,3 ± 1,6	A1	3,1 ± 0,5	2,1 ± 0,6	A1	2,2 ± 0,4
Tl-202												
W-181	19 ± 2	A1	16 ± 2	8 ± 3	A1	6,5 ± 1,6	3,4 ± 0,6	A1	2,6 ± 1,0	2,9 ± 0,6	A1	2,6 ± 1,3
W-185												
W-188												
Zn-65	15,4 ± 1,3	A2	12,4 ± 1,0	43 ± 3	A1	40,6 ± 1,3	58 ± 5	A1	53,0 ± 1,5	7,6 ± 0,9	A1	7,3 ± 0,7
Totaal-a	0,24 ± 0,06	A1	0,27 ± 0,12	0,48 ± 0,09	A2	0,26 ± 0,11	0,55 ± 0,09	A2	0,31 ± 0,11	0,49 ± 0,09	A2	0,32 ± 0,10
Tot./rest-b	275 ± 11	C	2300 ± 400	187 ± 8	C	1900 ± 300	158 ± 6	C	910 ± 180	98 ± 4	C	1200 ± 200
H-3	12,2 ± 0,4	A1	12,7 ± 0,3	10,6 ± 0,4	A1	10,9 ± 0,2	2,88 ± 0,10	A2	3,02 ± 0,08	1,51 ± 0,05	A1	1,47 ± 0,04

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

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

* Volgens KTA 1503.1 en KTA 1504 te onderzoeken nucliden^{2,3}

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden³

Naast de bovengenoemde nucliden wordt ook gekeken naar afwijkende nucliden die incidenteel bij NRG in het afvalwater aangetroffen worden. Voorbeelden daarvan zijn ^{67}Ga , ^{111}In , ^{181}W , ^{191}Os , ^{203}Pb .

NRG ventilatielucht

Tabel A3 : Meetresultaten gammaspectrometrie in ventilatielucht HFR in 2012
(mBq m⁻³)

Nr	Periode	Nuclide	Aërosolfilter RIVM	Koolfilter RIVM	Koolkorrels RIVM	Pakket		
						RIVM	V	NRG
1	15 feb - 22 feb	²⁰³ Hg ¹⁹¹ Os	< 0,2 < 0,5	< 0,2 0,68 ± 0,17	< 0,5 < 1,8	< 0,2 0,68 ± 0,17		
2	14 mrt - 21 mrt	²⁰³ Hg ¹⁹¹ Os	< 0,3 < 1,0	0,39 ± 0,07 0,35 ± 0,15	< 0,9 < 3	0,39 ± 0,07 0,35 ± 0,15		
3	02 mei - 09 mei	²⁰³ Hg ¹⁹¹ Os	< 0,1 < 0,5	< 0,5 1,5 ± 0,5	< 0,9 < 3,0	< 0,1 1,5 ± 0,5		
4	30 mei - 06 jun	²⁰³ Hg ¹⁹¹ Os				< 0,5 < 1,4		
5	27 jun - 04 jul	²⁰³ Hg ¹⁹¹ Os	< 0,2 < 0,7	< 0,4 < 1,3	< 0,9 < 3,0	< 0,2 < 0,7		
6	12 sep - 19 sep	²⁰³ Hg ¹⁹¹ Os ¹³⁵ Xe				< 0,5 < 1,8 *		5,9 ± 1,8
7	19 sep - 26 sep	²⁰³ Hg ¹⁹¹ Os ¹²³ I				< 0,5 < 1,3 **		14 ± 4
8	17 okt - 24 okt	²⁰³ Hg ¹⁹¹ Os				< 0,2 < 0,8		

Opmerkingen:

- NRG rapporteert de waarden van een geheel pakket. De gemeten waarden staan in principe weergegeven bij het meest logische onderdeel (bijv. aerosolfilter voor Cs-137; koolfilter voor I-131. Indien RIVM iets aantreft in een ander onderdeel van het pakket wordt dezelfde NRG waarde ook daar gebruikt voor de vergelijking.

* Xe-135 wordt gerapporteerd door NRG. RIVM rapporteert geen Xe-135, gezien de korte halfwaardetijd is het niet te detecteren (MDA is ordegröte 10¹⁰-10¹¹ mBq.m⁻³).

** I-123 wordt gerapporteerd door NRG. RIVM rapporteert geen I-123, gezien de korte halfwaardetijd is het niet te detecteren (MDA is ordegröte 10¹⁰-10¹¹ mBq.m⁻³).

Tabel A4 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie meetresultaten totaal-alfa en totaal-bëta in ventilatielucht HFR in 2012 (mBq m⁻³)

Nr.	Monsterperiode	Totaal-alfa			Totaal-bëta		
		RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
1	15 feb - 22 feb	< 0,012		< 0,13	0,068 ± 0,014		< 0,5
2	14 mrt - 21 mrt	< 0,012		< 0,13	0,050 ± 0,013		< 0,5
3	02 mei - 09 mei	0,013 ± 0,005		< 0,13	0,052 ± 0,013		< 0,5
4	30 mei - 06 jun	< 0,012		< 0,13	0,090 ± 0,014		< 0,5
5	27 jun - 04 jul	0,013 ± 0,005		< 0,14	0,065 ± 0,014		< 0,5
6	12 sep - 19 sep	< 0,012		< 0,12	< 0,04		< 0,4
7	19 sep - 26 sep	0,027 ± 0,005		< 0,12	0,112 ± 0,014		< 0,4
8	17 okt - 24 okt	0,026 ± 0,005		< 0,13	0,069 ± 0,013		< 0,4

Bijlage B Bemonstering en meting door NRG in 2012

Procedures geldig ten tijde van rapportageperiode 2012.

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

Monsterneming NRG

Per week kunnen bij NRG, in "batches" van 75 m³ 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 m³ 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 gaan⁸. 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 ²⁴¹Am-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 ²⁴¹Am-oplossing wordt de correctiefactor bepaald voor de zelfabsorptie in het ingedampte 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 50 ml overgebracht in een bekersglas met daarin een driepoot met een opvangbakje. Vervolgens wordt 250 mg Na_2CO_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 2 maal 10 minuten de activiteit in de energieband 0-19 keV bepaald. De methode is conform NEN 6420, 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.

Bijlage C Referenties

- ¹ Jaarplan project 610330 - 2012. Brief R.C.G.M. Smetsers van RIVM/LSO aan P.J.W.M Müskens van VROM-Inspectie KFD, briefnr. LSO 302/11 SME/Kwa/dh d.d. 23 december 2011.
- ² 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, 2002.
- ³ KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2006.
- ⁴ NEN 5623: 2002. Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van de activiteit van gammastraling uitzendende nucliden in een telmonster met halfgeleider-gammaspectrometrie. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 2002.
- ⁵ ISO 10704:2010. Water quality – Measurement of gross alpha and gross beta activity in non-saline water – Thin source deposit method
- ⁶ ISO 9698: 2009. Water quality – Determination of tritium activity concentration – Liquid scintillation counting method. ISO, Geneva.
- ⁷ 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.
- ⁸ Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Brief van LSO aan de nucleaire installaties d.d. 18 september 1990, kenmerk 1364/90 LSO Sm/eh.
- ⁹ 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.
- ¹⁰ NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1991.
- ¹¹ NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1990.
- ¹² I. Krol, Ch. Hohmann. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2012", August 2012, SW 1 – 02/2012, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- ¹³ 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^e kwartaal 2012
d.d. 22 mei 2012.
Radioactieve componenten zeelozing NRG 2^e kwartaal 2012
d.d. 25 juli 2012.
Radioactieve componenten zeelozing NRG 3^e kwartaal 2012
d.d. 8 november 2012.
Radioactieve componenten zeelozing NRG 4^e kwartaal 2012
d.d. 31 januari 2013.
- ¹⁴ PJM Kwakman en RMW Overwater, Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van NRG, periode 2011. RIVM rapport 6100330135/2013.
- ¹⁵ GJ. Knetsch, editor. Environmental Radioactivity in the Netherlands. Results in 2011. RIVM report 610891004/2013 (in English).

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag