



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

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

Periode 2023-2024

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

Periode 2023-2024

RIVM-briefrapport 2025-0065

Colofon

© RIVM 2025

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-2025-0065

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

Contact:

P. Kwakman

Centrum Veiligheid (VLH), afdeling Stralingsincidenten, Monitoring en Analyse (SMA)

pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS), in het kader van project 390220/24/CE, Contra Expertise.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

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

Periode 2023-2024

Het nucleair bedrijf Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) in Petten meet hoeveel radioactiviteit het in het eigen afvalwater en de ventilatielucht naar de omgeving loost. De monsters hiervoor worden verspreid over het jaar genomen. Het RIVM controleert deze metingen acht keer per jaar. De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) gebruikt deze 'contra expertise' om in te schatten hoe betrouwbaar de metingen van de NRG zijn.

Net als in eerdere jaren komen de gamma-analyses van afvalwater uit de contra expertise in 2023 en 2024 goed overeen.

De totaal-alfa resultaten in afvalwater stemmen redelijk tot goed overeen. De overeenstemming in de totaal-bèta resultaten is matig en kan worden verbeterd. Dit resultaat wordt verklaard door de verschillen in de meetmethoden van NRG en het RIVM. De overeenstemming in de ^3H -resultaten in afvalwater is goed.

De meetresultaten in ventilatielucht komen goed overeen. Het RIVM heeft in een aantal monsters een lage activiteitsconcentratie van ^{131}I , ^{133}Xe , ^{191}Os en ^{203}Hg gevonden. Deze meeste van deze waarden vallen onder de detectiegrens van NRG, waardoor NRG ze niet heeft gerapporteerd.

Het RIVM heeft een paar keer een zeer lage totaal-alfa activiteit in ventilatielucht aangetroffen, waar NRG niets vond. De meetwaarden voor zowel totaal-alfa als totaal-bèta in ventilatielucht komen overeen met wat er in buitenlucht zit en hebben waarschijnlijk een natuurlijke oorsprong.

Het RIVM voert de contra expertises elk jaar uit in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS).

Kernwoorden: NRG, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

Synopsis

Contra expertise on the determination of radioactivity in waste water and ventilation air of NRG.

Period 2023-2024

The Nuclear Research and Consultancy Group at Petten (NRG) measures its own release of radioactivity into wastewater and atmosphere. NRG takes the samples of waste water and ventilation air at various time points dispersed throughout the years 2023 and 2024. The RIVM performs a verification on these measurements eight times per year. This form of 'contra expertise' is aimed at verifying and supporting the reliability of the analyses carried out by NRG.

The two different sets of gamma spectrometry measurements in waste water are generally in good agreement for 2023 and 2024.

The agreement in the waste water data for gross alpha is reasonable to good. The agreement in the data for gross beta in wastewater is poor, and can be improved further. This is explained by differences in the analytical methods applied by NRG and RIVM. The agreement in the ^3H data is good.

The results obtained by RIVM and NRG in ventilation air samples compare well. RIVM detected a low gamma activity for ^{131}I , ^{133}Xe , ^{191}Os and for ^{203}Hg in some of the samples. Most of these values are well below the NRG detection limit.

In a few ventilation air samples RIVM detected a very low gross alpha activity concentration, where NRG found nothing. The results obtained for gross alpha and gross beta are in the range of what is found in outside air in Bilthoven in the Netherlands, and are probably caused by natural radioactivity.

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

Keywords: NRG, radioactivity, wastewater, ventilation, air

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

- 1.1 Rapportindeling — 11
- 1.2 Herkomst data van NRG en autorisatie van deze rapportage — 11
- 1.3 Opdrachtgever ANVS en opdrachtnemer RIVM — 11
- 1.4 Kwaliteitsborging — 12
- 1.5 Disclaimer met betrekking tot de scope van accreditatie — 12

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 ³H-activiteitsconcentratie in afvalwater — 16
- 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 Onzekerheidsberekeningen — 17
- 3.9 Presentatie van resultaten en vergelijking — 18

4 Resultaten en discussie — 21

- 4.1 Meetresultaten — 21
- 4.2 Vergelijking van de resultaten in afvalwater-2023 — 21
- 4.3 Vergelijking van de NRG en RIVM meetwaarden in ventilatielucht HFR - 2023 — 23
- 4.4 Vergelijking van de resultaten in afvalwater-2024 — 24
- 4.5 Vergelijking van de NRG en RIVM meetwaarden in ventilatielucht HFR - 2024 — 26

5 Conclusie over de contra expertise resultaten 2023 en 2024 — 27

Bijlage A Vergelijking met meetresultaten NRG in 2023 — 29

Bijlage B Vergelijking met meetresultaten NRG in 2024 — 37

Bijlage C Bemonstering en meting door NRG in de periode 2023-2024 — 44

Referenties — 47

Samenvatting

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM heeft in 2023 en 2024 in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uitgevoerd van lozingsmonsters afkomstig van zes nucleaire installaties in Nederland. Het RIVM vergelijkt deze metingen acht keer per jaar met de resultaten van de betreffende nucleaire installatie. De ANVS gebruikt deze 'contra expertise' om in te schatten hoe betrouwbaar de metingen van de nucleaire installatie zijn.

Dit rapport gaat over lozingsmonsters van Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) in de periode 2023-2024.

Dit voorliggende rapport behandelt de meetgegevens die door RIVM en NRG zijn bepaald voor afvalwatermonsters en ventilatieluchtmonsters afkomstig van (NRG) te Petten. RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, totaal-bèta, tritium in afvalwater, en gammastralers, totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht. De mate van overeenstemming van de resultaten van het RIVM met die van de nucleaire installaties wordt ingedeeld in vier categorieën, in volgorde van afnemende overeenstemming A1, A2, B en C.

In 2023 en 2024 is een steekproef van jaarlijks acht monsters afvalwater en ventilatielucht geanalyseerd. Net als in voorgaande jaren komen de gamma-analyses van afvalwater uit de contra expertise goed overeen.

De totaal-alfa resultaten stemmen redelijk tot goed overeen. De overeenstemming in de totaal-bèta resultaten is matig en kan aanzienlijk worden verbeterd. Dit resultaat wordt verklaard door de verschillen in de meetmethoden van NRG en het RIVM.

De overeenstemming in de ^3H -resultaten in afvalwater is goed.

De meetresultaten in ventilatielucht komen goed overeen.

Het RIVM heeft in een aantal monsters een lage activiteitsconcentratie aan ^{131}I , ^{133}Xe , ^{191}Os , ^{203}Pb en ^{203}Hg aangetroffen. Het merendeel van deze waarden valt ruim onder de detectiegrens van NRG.

Het RIVM heeft enkele malen een zeer lage totaal-alfa activiteit in ventilatielucht aangetroffen, waar NRG niets vond. De meetwaarden voor zowel totaal-alfa als totaal-bèta in ventilatielucht liggen in de range van wat er in buitenlucht aangetroffen wordt en hebben waarschijnlijk een natuurlijke oorsprong.

1 Inleiding

1.1 Rapportindeling

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM voert in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van zes nucleaire installaties in Nederland. Het doel is het leveren van contra expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. De contra expertisemonsters waar dit rapport over gaat, zijn afvalwatermonsters en ventilatieluchtmonsters afkomstig van de Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) te Petten en genomen in de periode januari 2023 – december 2024.

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 (data 2023) en Bijlage B (data 2024). De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door NRG zijn gereproduceerd in Bijlage C.

1.2 Herkomst data van NRG en autorisatie van deze rapportage

De meetgegevens van NRG die in deze rapportage zijn opgenomen zijn afkomstig uit de lozingsrapportages en kwartaalrapportages die NRG opstuurt [1]. Aanvullende gegevens die niet in de kwartaalrapportages staan worden per e-mail verstuurd naar RIVM of bij het ophalen van de lozingsmonsters meegegeven. De data van NRG staan in alle betreffende tabellen met een vette en cursieve header "***NRG***" weergegeven.

Autorisatie van dit rapport wordt in het RIVM publicatieproces in RIVMdoc afgehandeld. Vrijgave van het rapport gebeurt door het domeinhoofd M&V of diens aangewezen vervanger, via de aanbiederbrief aan de opdrachtgever.

1.3 Opdrachtgever ANVS en opdrachtnemer RIVM

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS, Koningskade 4, Den Haag; www.anvs.nl) heeft RIVM, centrum Veiligheid, afdeling Stralingsincidenten, Monitoring en Analyses (adres RIVM, Antonie van Leeuwenhoeklaan 9, 3721 MA Bilthoven) opdracht gegeven voor het uitvoeren van een contra expertise op de bepalingen van radioactiviteit in afvalwater en ventilatielucht door de nucleaire installaties KCB, COVRA, GKN, NRG, RID en Urenco. De ANVS projectnaam is 'Contra Expertise Metingen Nucleaire Installaties'.

Met contra expertise wordt bedoeld een vergelijking tussen de RIVM meetwaarden en de meetwaarden van de betreffende nucleaire installatie, zoals beschreven in hoofdstuk 3. Deze vergelijking valt niet onder de scope van de accreditatie waar VLH/SMA onder valt (par. 1.4).

Het radiologisch laboratorium van het RIVM, centrum veiligheid/SMA bevindt zich op hetzelfde adres in Bilthoven als boven vermeld.

1.4 Kwaliteitsborging

De afdeling SMA van 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/IEC 17025:2017 (RvA: L153 Testen). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van een contra expertise op de meetresultaten van de betreffende nucleaire installatie en zijn gemarkeerd met een 'Q' in 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 de ringonderzoeken 'Abwasser' en 'Fortluft'. georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [2, 3], NRG neemt eveneens deel aan het 'Abwasser' en 'Fortluft' ringonderzoek.

1.5 Disclaimer met betrekking tot de scope van accreditatie

De accreditatie betreft specifiek de analyseresultaten van de verrichtingen,
De opinies/interpretaties vermeld in dit rapport vallen buiten de scope van de accreditatie.

Uitvoering van bemonstering door de klant of andere partij:

De resultaten van de bepalingen van RIVM zijn alleen van toepassing op de ontvangen monsters. Gegevens met betrekking tot de monsternamen, zoals de lozingsdatum en monsterperiode zijn aangeleverd door NRG middels kwartaalrapportages en bij het monster aangeleverde informatie. De kwaliteit van deze data valt onder de verantwoordelijkheid van NRG.

2 Monsters en analyse

RIVM voert zelf geen bemonstering uit van afvalwater en ventilatielucht, maar haalt periodiek afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij NRG. De bemonstering wordt dus uitgevoerd door NRG. Van het afvalwater (batchmonsters) stelt NRG circa 1 liter ongegeleerd, geconditioneerd water (aangezuurd tot pH 2) beschikbaar voor contra expertise door RIVM.

Tabel 1 bevat een overzicht van het, vooraf met de ANVS overeengekomen, aantal monsters en de te verrichten analyses [4].

Tabel 1 Overzicht van aantal monsters en analyses per jaar

Monsters	Aantal	Analyses (Q*)
Afvalwater	8	Q: Totaal-alfa**, totaal-bèta**, gammastralers** en $^3\text{H}^*$
Ventilatielucht HFR (pakket : aerosolfilter, koolfilter, koolkorrels)	8	Q: gammastralers*; bij aantonen gammastralers in het pakket, tevens meting van de aparte filters waaruit het pakket is samengesteld*, alleen aerosolfilter: Q: 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 testen).

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

In 2023 zijn acht water- en ventilatieluchtmonsters opgehaald; NRG is daarvoor vijfmaal bezocht. Gegevens van de monsters staan in Tabel 2 en Tabel 3.

Tabel 2 Lozingsdatum, ophaaldatum en meetdatum afvalwater in 2023

Nr,	Lozingsdatum 2023	Ophaaldatum	Datum gammaspectrometrie*
1	07-feb	3 maart	7 maart
2	30-mei	16 juni	20 juni
3	06-juni	16 juni	20 juni
4	04-juli	28 juli	29 juli
5	11-juli	28 juli	29 juli
6	22-aug	28 sep	29 sep
7	12-sep	28 sep	29 sep
8	07-nov	23 nov	28 nov

* 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 ventilatieluchtfilters in 2023

Nr.	Monsterperiode 2023	Ophaaldatum	Datum gammaspectrometrie
1	20 feb - 27 feb	3 maart	7 maart
2	29 mei - 05 jun	16 juni	17 juni
3	05 jun - 12 jun	16 juni	17 juni
4	10 jul - 17 jul	28 juli	29 juli
5	17 jul - 24 jul	28 juli	1 aug
6	11 sep - 18 sep	28 sep	30 sep
7	18 sep - 25 sep	28 sep	30 sep
8	06 nov - 13 nov	23 nov	28 nov

In 2024 zijn acht water- en ventilatieluchtmonsters opgehaald; NRG is daarvoor vijfmaal bezocht. Gegevens van de monsters staan in Tabel 4 en 5.

Tabel 4 Lozingsdatum, ophaaldatum en meetdatum afvalwater in 2024

Nr,	Lozingsdatum 2024	Ophaaldatum	Datum gammaspectrometrie*
1	4 maart	7 maart	7 maart
2	25 maart	11 april	16 april
3	8 april	11 april	17 april
4	20 mei	18 juni	18 juni
5	3 juni	18 juni	20 juni
6	29 juli	29 aug	2 sept
7	26 aug	29 aug	6 sept
8	16 sept	11 okt	15 okt

* 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 5 Lozingsperiode, ophaaldatum en meetdatum van ventilatieluchtfilters in 2024

Nr,	Monsterperiode 2024	Ophaaldatum	Datum gammaspectrometrie
1	26 feb – 4 maart	7 maart	13 maart
2	18 – 25 maart	11 april	11 april
3	1 – 8 april	11 april	11 april
4	13 – 20 mei	18 juni	28 juni
5	27 mei – 3 juni	18 juni	1 juli
6	22 – 29 juli	29 aug	4 sept
7	19 – 26 aug	29 aug	4 sept
8	9 – 16 sept	11 okt	16 okt

3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast op afvalwater door NRG en van ventilatielucht van HFR in 2023-2024, zijn gereproduceerd in Bijlage C.

In opdracht van de ANVS worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503 [5] en KTA-1504 [6]) voor de uitvoering van de analyses aangehouden. Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die behaald moeten worden.

Indien mogelijk hanteert RIVM/VLH NEN-normen. Voor gamma-spectrometrie wordt gewerkt conform NEN-EN-ISO 20042 [7]; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636 [8]. Waar er geen Nederlandse norm voorhanden is, wordt gewerkt volgens eigen methoden met een onderliggend validatierapport. Dit geldt voor totaal alfa en totaal bèta in afvalwater en voor de bepaling van ^3H in afvalwater.

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 onzekerheid 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}Co of ^{137}Cs . Bij andere gammastralers dan ^{60}Co en ^{137}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}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}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}Sr is ingedampt. Hier is afgeweken van de Nederlandse Norm die ^{40}K als referentienuclide voorschrijft [9]. De metingen 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. 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 detectie met gasdoorstroomtelling.

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 [10]. De monsters worden gemeten conform NEN-EN-ISO 20042, op een N-type halfgeleiderdetector (Mirion; 45%; XtRa-type) gekoppeld aan een pulssorteerder (DSA-LX, Mirion) met 16384 kanalen over een energiebereik van 30 keV tot 2 MeV in een meettijd van 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma Apex-Gamma en Genie-2000 (Mirion). De door KTA 1504 [6] voorgeschreven radionucliden zijn in Tabel A2 aangegeven met een '*'. 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. RIVM corrigeert net als NRG voor radioactief verval door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar het bemonsteringstijdstip.

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 1504 [6]. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ^{60}Co kleiner is dan $1 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-004: 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 telonzekerheid 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 NEN 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 toegepast [8]. 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 conform NEN-EN-ISO 20042 [7] 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 [5]. 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 VLH-H-004 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

3.8 Onzekerheidsberekeningen

De door RIVM opgegeven onzekerheid is het 1s-schattingsinterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 [11] (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en ISO/IEC 98 [12] (Guide to the expression of uncertainty in measurement.). Indien de analyse in tweevoud is uitgevoerd wordt het gemiddelde en de onzekerheid daarin gerapporteerd. Bij het schatten van de totale onzekerheid worden telonzekerheden, kalibratieonzekerheden en experimentele onzekerheden meegenomen. Onder experimentele onzekerheden vallen bijvoorbeeld onzekerheden in wegingen en volumebepalingen. Waar van toepassing, is voor de volumebepaling in de hoeveelheid bemonsterde lucht een onzekerheid van 1% opgenomen in de experimentele onzekerheid. 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 onzekerheid in de totaal α -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telonzekerheid van het preparaat zonder standaard, een telonzekerheid van het preparaat met standaard, een kalibratieonzekerheid en een experimentele onzekerheid.

De totale onzekerheid in de totaal β -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telonzekerheid van het preparaat, een kalibratieonzekerheid en een experimentele onzekerheid.

Gammaspectrometrie

Voor de γ -stralers vindt rapportage plaats met een onzekerheid voortkomend uit telstatistiek, kalibratie, achtergrond, onzekerheid in de opbrengst en monster-voorbehandeling. Indien cascadeverval optreedt wordt daarvoor gecorrigeerd met een correctiefactor; dit leidt tot een extra bijdrage aan de onzekerheid.

Bepaling van de tritium-activiteitsconcentratie in afvalwater

De totale onzekerheid is samengesteld uit de telonzekerheid, een kalibratieonzekerheid en een experimentele onzekerheid.

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 onzekerheid verwerkt. De totale onzekerheid in de totaal-alfa en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in luchtstof is samengesteld uit een telonzekerheid van beide deelpreparaten, een kalibratieonzekerheid, een experimentele onzekerheid (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 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door NRG bepaalde activiteitsconcentraties worden met de afronding zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047 [11]) overgenomen uit de opgave van NRG [1].

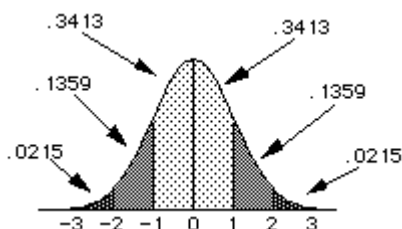
In het kort : afronding vindt plaats met de grootste decimale eenheid ($\dots 10; 1; 0,1; 0,01$) onder $1/2$ s. Voorbeeld : $48,42 \pm 0,58$, $1/2$ s = 0,29; dus grootste decimale eenheid is 0,1. Afronding leidt tot $48,4 \pm 0,6$.

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 1047 [11]). De onzekerheid 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 onzekerheid in de meetwaarde van de NI, s_{NI} , gelijk is aan de onzekerheid in de meetwaarde van RIVM, s_{RIVM} .

Het is hierbij 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 onzekerheden. 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 ("Goed")
A2:	$s_{\Delta} < \Delta \leq 2 s_{\Delta}$	~27%, ofwel circa 1 uit 4 ("Goed")
B:	$2 s_{\Delta} < \Delta \leq 3 s_{\Delta}$	~4,3%, ofwel circa 1 uit 20 ("Redelijk")
C:	$3 s_{\Delta} < \Delta $	~0,26%, ofwel circa 1 uit 400 ("Matig")



Figuur 1 Schematische weergave van een Gauss 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.

4 Resultaten en discussie

Disclaimer - herkomst data en uitvoering van bemonstering. RIVM heeft de meetdata van NRG overgenomen uit de lozingsrapportages en de kwartaal-rapportages [1]. De kwaliteit van deze data valt onder de verantwoordelijkheid van NRG. In de tabellen in de Bijlage zijn alle data die aangeleverd zijn door NRG gemarkeerd met "**NRG**". De bemonstering van afvalwater en ventilatielucht is uitgevoerd door NRG. Monstergegevens, lozingsdatum en monsterperiode, zijn aangeleverd door NRG. De resultaten van de bepalingen van RIVM zijn alleen van toepassing op de ontvangen monsters.

4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door RIVM en NRG zijn te vinden in Bijlage A en B. In Tabel A1 en B1 van deze bijlagen 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 in de meetwaarden (zie tabel A1 en B1).

4.2 Vergelijking van de resultaten in afvalwater-2023

Het resultaat van de vergelijking zoals beschreven in paragraaf 3.9 is in Tabel A1 van Bijlage A en Tabel B1 van Bijlage B vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van NRG met die van het RIVM is samengevat in Tabel 6 (2023).

Afvalwater gammaspectrometrie (2023)

De gammaspectrometrie vergelijkingsresultaten zijn in deze rapportageperiode goed; de categorie A1+A2, en B + C is volgens verwachting; zie par. 3.11.

totaal-alfa (2023)

In twee van de acht monsters toonden RIVM en NRG beiden een geringe totaal alfa-activiteit aan. De overeenkomst was redelijk met tweemaal een B.

totaal-bèta (2023)

De vergelijking van de totaal-bèta resultaten is schijnbaar redelijk met A1, A2, tweemaal B en tweemaal C. Echter, in enkele monsters rapporteert NRG dermate grote onzekerheden dat het resulteert in een vergelijkingscriterium waar een C meer terecht zou zijn geweest. Met dergelijke onzekerheden is de waarde van deze vergelijking gering. In het 2^e monster rapporteert NRG aan totaal-bèta $< 40 \text{ Bq.l}^{-1}$; dit is niet in overeenstemming met de som van de activiteiten van de bèta/gamma-stralers ^{60}Co , ^{125}Sb en ^{137}Cs van ongeveer 100 Bq.l^{-1} in het 2^e monster op basis van gammaspectrometrie.

Het verdient aanbeveling om de systematische verschillen tussen de droogdampmethode van RIVM en de LSC methode van NRG te onderzoeken.

Tabel 6 Vergelijkingsresultaten in NRG afvalwater in 2023 samengevat

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	ΣA1	ΣA2	ΣB	ΣC
Na-22	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	8	0	0	0
Mn-54	A2	A2	A1	A2	A2	A1	A1	A2	3	5	0	0
Co-57	A2	A1	A1	A1	A1	A2	A1	A1	6	2	0	0
Co-58	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A2	A1	6	2	0	0
Co-60	A1	A2	A2	A1	A1	A2	A1	A1	5	3	0	0
Zn-65	A1	A1	A2	A1	A1	A1	A2	A1	6	2	0	0
Rb-83		A2	A1		A1			A1	3	1	0	0
Ru-103		A1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	4	3	0	0
Cd-109	A2	A2		A1	A1	A2	A2	B	2	4	1	0
Sb-124	A1	A2	A2	A1	A1	A2	B	A1	4	3	1	0
Sb-125	A2	A1	C	A1	A1	A2	A1	A1	5	2	0	1
I-131								A1	1	0	0	0
Cs-134						A2			0	1	0	0
Cs-137	A1	A2	A1	A1	A1	A1	A1	A1	7	1	0	0
W-181	A1	A1	A1	A2	A2	A1	A1	A2	5	3	0	0
W-188		A1	A2			A1	A1	A1	4	1	0	0
Totaal*									69 (64-79)	33 (21-36)	2 (1-8)	1 (0-1)
Tot-alfa						B	B		0	0	2	0
Tot-beta	A2			A1	B	C	C	B	1	1	2	2
³ H	A2	A2	A2	A1	A1	A2	A2	A1	3	5	0	0

* De range tussen haakjes geeft het 95% interval aan.

In een aantal gevallen zijn nucliden aangetoond alleen door RIVM of alleen door NRG; zie Tabel 7. Het betreft voor de genoemde gevallen activiteitsconcentraties die vlak bij de detectiegrens liggen of nucliden die betrekkelijk kortlevend zijn. Uitzondering is ⁵¹Cr dat in de monsters 5, 6 en 7 goed detecteerbaar is.

Tabel 7 Gammastralers aangetoond in 2023 in afvalwater, alleen door RIVM of door NRG

Monsternr	Alleen door RIVM	Alleen door NRG
1	¹⁰³ Ru, ¹³⁴ Cs, ¹⁸⁸ W	
2	^{95m} Tc, ¹³⁴ Cs	
3	^{95m} Tc, ¹⁰⁹ Cd, ¹³⁴ Cs	
4	^{95m} Tc, ¹³⁴ Cs	⁹⁹ Mo
5	⁵¹ Cr, ^{95m} Tc, ¹³⁴ Cs	
6	⁵¹ Cr, ^{95m} Tc	
7	⁵¹ Cr, ^{95m} Tc, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs	
8	^{95m} Tc, ¹⁰⁶ Ru, ¹³⁴ Cs	

Tritium (2023)

Het vergelijken van ³H-activiteitsconcentraties resulteerde achtereenvolgens in driemaal A1 en vijfmaal A2. De overeenstemming in de ³H data is goed.

Vergelijking ^3H resultaten behaald in BfS Abwasser 2023

In het BfS-ringonderzoek in 2023 hebben NRG en RIVM in Modellwasser ^3H bepaald met een afwijking van de doelwaarde van 0 - 2 % (RIVM), en -2,8 / -5,6 % (NRG) .

4.3 **Vergelijking van de NRG en RIVM meetwaarden in ventilatielucht HFR - 2023**

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.

totaal-alfa en totaal-bèta 2023 (Tabel A4)

RIVM heeft in 6 van de 8 aerosolfilters een zeer geringe alfa-activiteit aangetroffen, waar NRG niets vond; zie Tabel A4. RIVM treft in de acht monsters een zeer geringe bèta activiteit aan. In buitenlucht worden dergelijke activiteitsconcentraties aangetroffen voor natuurlijke radioactiviteit [13].

De waarden van RIVM liggen 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 worden aangetoond in Bilthoven: het weekgemiddelde voor 2023 voor totaal-alfa bedraagt $0,018 \pm 0,010 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ en voor totaal-bèta $0,39 \pm 0,20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3} (\pm 1\text{s})$ [13]. Dit houdt in dat de totaal-alfa en totaal-bèta activiteit in ventilatielucht van de HFR waarschijnlijk van natuurlijke oorsprong is.

Gammaspectrometrie gehele filterpakket 2023 (Tabel A3)

RIVM trof in alle acht *pakketten* een zeer geringe hoeveelheid van een of meerdere van de nucliden ^{131}I , ^{133}Xe , ^{191}Os of ^{203}Hg ; dit was ruim onder de detectiegrens van NRG. RIVM gebruikt de pakketmeting als signalering en voert vervolgens een gekalibreerde meting uit voor de drie onderdelen van het aerosolfilter, het koolfilter en de koolkorrels.

RIVM en NRG hebben beide in de *aerosolfilters* geen gamma-activiteit aangetroffen.

In het 2^e, 3^e, 4^e, 5^e, 6^e en 8^e van de acht *koolfilters* trof RIVM (1,3 – 2,4) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ aan van ^{191}Os ; en in het 1^e t/m 5^e, en 8^e filter (0,1 – 2,3) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ aan ^{131}I . Tevens in monsters 5, 6 en 7 (0,1 – 1,3) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ aan ^{203}Hg . De activiteitsconcentratie voor deze nucliden was erg laag en onder de detectiegrens van NRG.

In de *koolkorrels* van de monsters 2, 3, 5, 6, 7 en 8 in 2023 vindt RIVM (3 – 2000) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ van ^{133}Xe . RIVM rapporteert in het 1^e en 6^e monster ook ^{131}I , echter onder de detectiegrens van NRG.

In het 7^e koolkorrelmonster treft RIVM nog een zeer lage activiteitsconcentratie aan van ^{203}Hg (1,3) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$. Dit is ruim onder de detectiegrens van NRG.

4.4 Vergelijking van de resultaten in afvalwater-2024

Het resultaat van de vergelijking zoals beschreven in paragraaf 3.9 is in tabel B1 van Bijlage B vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van NRG met die van het RIVM is samengevat in Tabel 8.

Tabel 8 Vergelijkingsresultaten in NRG afvalwater in 2024 samengevat

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$	$\Sigma A2$	ΣB	ΣC
Na-22	B			A1	A2	A2	B	A2	1	3	2	0
Mn-54	A2	A1	A1	A2	A1	A1	B	A2	4	3	1	0
Co-57	A1	A2	A2	A1	A1	A1	A1	A1	6	2	0	0
Co-58	A2	A1	A1	A1	B		A2	A1	4	2	1	0
Co-60	A1	A1	A2	A2	A1	A1	A1	A1	6	2	0	0
Zn-65	A1			B	A1	A1	A2	A1	4	1	1	0
Ru-103	A2		A2	A2	A1	A1	A1	A1	4	3	0	0
Cd-109	A1	A1	B	A2	A1	A2	A1	B	4	2	2	0
Sb-124	A2	B	B		A2		A1	A1	2	2	2	0
Sb-125	A2	A1	A1	A2	A2	A1	B	A1	4	3	1	0
Cs-134					A1				1	0	0	0
Cs-137	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	8	0	0	0
W-181	A2		A1	A1	A1	A2	A1	A1	5	2	0	0
W-188		A1						A1	2	0	0	0
Totaal*									55 (54-69)	25 (18-32)	10 (1-7)	0 (0-1)
Tot-alfa		A1							1	0	0	0
Tot-beta	B	C	A1	A2	B	A1	A1	A2	3	2	2	1
^3H	A2	A2	A2	A1	A1	A1	A1	A1	5	3	0	0

* De range tussen haakjes geeft het 95% interval aan.

Afvalwater gammaspectrometrie 2024

De gammaspectrometrie vergelijkingsresultaten zijn in 2024 goed; de categorie A1+A2 is volgens verwachting. Daar staat tegenover dat er iets meer categorie B is aangetroffen.

In een aantal gevallen zijn nucliden aangetoond alleen door RIVM of alleen door NRG; zie Tabel 9. Het betreft voor de genoemde gevallen activiteitsconcentraties die vlak boven de detectiegrens liggen of nucliden die betrekkelijk kortlevend zijn. Net als in 2023 is ^{51}Cr een uitzondering; RIVM vindt ^{51}Cr in 7 van de 8 monsters waar NRG niets aantreft.

Tabel 9 Gammastralers aangetoond in 2024 in afvalwater, alleen door RIVM of door NRG

Monsternr	Alleen door RIVM	Alleen door NRG
1	^{51}Cr , ^{95}Nb , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{134}Cs , ^{188}W	
2	^{22}Na , ^{51}Cr , ^{65}Zn , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{103}Ru , ^{134}Cs , ^{181}W	
3	^{51}Cr , ^{65}Zn , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{134}Cs ,	
4	^{51}Cr , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{134}Cs ,	^{124}Sb
5	$^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{188}W	
6	^{51}Cr , ^{58}Co , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{124}Sb ,	
7	^{51}Cr , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I , ^{134}Cs ,	
8	^{51}Cr , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{134}Cs ,	^{131}I

totaal-alfa 2024

In monster 2 toonde RIVM en NRG een totaal alfa-activiteit aan. De overeenkomst was goed met een A1. De overige monsters bevatten geen alfa-activiteit boven de detectiegrens van $0,2 \text{ Bq.l}^{-1}$.

totaal-bèta 2024

De vergelijking van de totaal-bèta resultaten is schijnbaar redelijk met driemaal A1, een A2, tweemaal B en een C. Echter, in enkele monsters rapporteert NRG grote onzekerheden en is de toegevoegde waarde van deze vergelijking gering.

Systematische verschillen tussen beide meetmethodes spelen een belangrijke rol; zie ook Bijlage C. NRG meet ^3H in een gedestilleerd monster met LSC. Vervolgens wordt in een onbehandeld monster direct een LSC meting uitgevoerd. Rekening houdend met de correctie voor quenching, wordt na aftrek van de tritiumactiviteit de totaal bèta-activiteit berekend.

RIVM bepaalt met gasdoorstroomtelling hoofdzakelijk de niet vluchtige bèta stralers met een energie boven 140-150 keV. Het is niet duidelijk in hoeverre alle bèta/gammastralers, en eventueel ^{14}C , bijdragen aan de totaal-bèta activiteitsconcentratie gemeten volgens de methode van NRG en volgens de methode van RIVM. Dit is wellicht een (deel van de) verklaring voor de systematische verschillen.

Tritium 2024

Het vergelijken van ^3H -activiteitsconcentraties resulteerde achtereenvolgens in vijfmaal A1 en driemaal A2. De overeenstemming in de ^3H data is goed.

Vergelijking ^3H resultaten behaald in BfS Abwasser 2024

In het BfS-ringonderzoek in 2024 hebben NRG en RIVM in Modellwasser ^3H bepaald met een afwijking van de doelwaarde van -5,9 % (RIVM), en -5,5 % (NRG). In beide gevallen een lichte onderrapportage, maar de verschillen tussen de NRG en RIVM ^3H -data zijn verwaarloosbaar.

4.5 Vergelijking van de NRG en RIVM meetwaarden in ventilatielucht HFR - 2024

Gammaspectrometrie 2024 (Tabel B2)

De werkwijze is identiek aan de werkwijze in 2023. NRG heeft in geen van de acht filterpakketten gamma-activiteit boven de detectiegrens aangetroffen.

Gehele filterpakket 2024 (Tabel B2)

RIVM trof in de acht *pakketten* een zeer geringe hoeveelheid van een of meerdere van de nucliden ^{131}I , ^{133}Xe , ^{191}Os , ^{203}Hg of ^{203}Pb ; dit was ruim onder of vlak boven de detectiegrens van NRG. RIVM gebruikt de pakketmeting als signalering en voert vervolgens een gekalibreerde meting uit voor de drie onderdelen van het pakket: aerosolfilter, koolfilter of koolkorrels.

RIVM en NRG hebben beide in de *aerosolfilters* geen gamma-activiteit aangetroffen; zie Tabel B2.

In de acht *koolfilters* trof RIVM (0,4 – 2,9) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ aan van ^{191}Os ; en in het 1^e, 4^e, 5^e, 6^e en 7^e filter (1,2 – 3,4) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ aan ^{131}I ; zie Tabel B2. Tevens geringe activiteitsconcentraties van ^{203}Hg (0,1 – 2,8) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ en van ^{203}Pb (9,9 – 14) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$. De activiteitsconcentratie voor deze nucliden was erg laag en lag onder de detectiegrens van NRG (< 20 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ voor ^{131}I).

In de *koolkorrels* van de monsters 1, 5 en 6 trof RIVM (2,9 – 5,7) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ aan van ^{133}Xe ; zie Tabel B2. NRG heeft geen gamma-activiteit in de koolkorrels gerapporteerd.

In het 1^e, 3^e, 5^e en 8^e koolkorrelmonster treft RIVM nog een zeer lage activiteitsconcentratie aan van ^{203}Hg (0,3 – 1,3) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$. In het 1^e en 3^e koolkorrelmonster treft RIVM ^{203}Pb aan (29 – 73) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$.

totaal-alfa en totaal-bèta 2024 (Tabel B3)

RIVM heeft de aerosolfilters een geringe alfa-activiteit aangetroffen, waar NRG niets vond; zie tabel B3. De alfa activiteitsconcentratie is echter zeer laag. RIVM treft in zeven van de acht monsters een zeer geringe bèta activiteit aan. In buitenlucht worden dergelijke activiteitsconcentraties aangetroffen voor natuurlijke radioactiviteit [14]. De waarden van RIVM liggen 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 in Bilthoven: het weekgemiddelde voor 2024 voor totaal-alfa bedraagt $0,019 \pm 0,012 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ en voor totaal-bèta $0,39 \pm 0,24 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ($\pm 1\text{s}$).

De waarden die RIVM vindt in HFR ventilatielucht voor totaal-alfa bevindt zich in een bereik van (0,010 – 0,025) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ en voor totaal-bèta (0,08 – 0,20) $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$. Dit houdt in dat de totaal-alfa en totaal-bèta activiteit in ventilatielucht van de HFR waarschijnlijk van natuurlijke oorsprong is.

5 Conclusie over de contra expertise resultaten 2023 en 2024

In de periode 2023 en 2024 is de overeenstemming in de gammaspectrometrieresultaten in afvalwater goed. De vergelijking in de ^3H resultaten in afvalwater is eveneens goed.

De totaal-alfa resultaten stemmen redelijk in 2023 en goed in 2024 overeen.

De overeenstemming in de totaal-bèta resultaten in afvalwater is matig en kan verbeterd worden, maar worden deels verklaard door een verschil in analysetechniek.

De activiteitsconcentraties in ventilatielucht zijn zeer laag en vallen ruim onder de detectiegrens van NRG ($< 20 \text{ mBq.m}^{-3}$ voor ^{131}I). Er is in een aantal monsters door RIVM een zeer lage activiteitsconcentratie aan ^{131}I , ^{133}Xe , ^{191}Os en ^{203}Hg aangetroffen. Uitzondering zijn het 1^e en 3^e ventilatieluchtmonster in 2024. Hier vond RIVM ^{203}Pb ($29\text{-}73 \text{ mBq.m}^{-3}$), boven de detectiegrens van NRG.

De RIVM 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. NRG heeft een wat hogere detectiegrens voor totaal-alfa en totaal-bèta; de RIVM meetwaarden liggen ruim onder deze detectiegrens.

Ter wille van de overzichtelijkheid is in Tabel 10 een samenvatting gegeven van de uitgevoerde contra expertise in 2023. En een samenvatting van de resultaten in 2024 is gegeven in Tabel 11.

Tabel 10 Overzicht van overeenstemming tussen NRG en RIVM meetresultaten in 2023

Parameter	Afvalwater 2023	Ventilatielucht 2023
Totaal-alfa	Redelijk	$< \text{MDA (NRG)}$
Totaal-beta/rest-beta	Matig	$< \text{MDA (NRG)}$
Gammaspectrometrie:	Goed	Meest $< \text{MDA (NRG)}$
Tritium	Goed	

MDA = minimaal detecteerbare activiteit. Met $\sim\text{MDA}$ wordt bedoeld dat de activiteitsconcentraties zo laag zijn dat RIVM of NRG, of beiden, een $< \text{MDA}$ heeft gerapporteerd waardoor er geen vergelijking mogelijk is.

Tabel 11 Overzicht van overeenstemming tussen NRG en RIVM meetresultaten in 2024

Parameter	Afvalwater 2024	Ventilatielucht 2024
Totaal-alfa	Goed	$< \text{MDA (NRG)}$
Totaal-beta/rest-beta	Matig	$< \text{MDA (NRG)}$
Gammaspectrometrie:	Goed	$< \text{MDA (NRG)}$
Tritium	Goed	

MDA = minimaal detecteerbare activiteit. Met $\sim\text{MDA}$ wordt bedoeld dat de activiteitsconcentraties zo laag zijn dat RIVM of NRG, of beiden, een $< \text{MDA}$ heeft gerapporteerd waardoor er geen vergelijking mogelijk is.

Bijlage A Vergelijking met meetresultaten NRG in 2023

Afvalwater – 2023

Alle meetdata afkomstig van de lozingsrapportages en de kwartaalrapportages van NRG [1] zijn aangegeven in de kolom met erboven in vette en cursieve letters "**NRG**". Zie de disclaimer in Hoofdstuk 4.

Tabel A1 Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, totaal-bèta (kBq·m-3) en 3H in afvalwater (MBq·m-3)

Periode Nuclide	periode 1 (2023)			periode 2 (2023)		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	12,8 ± 0,6	A1	12,7 ± 0,8	11,0 ± 0,5	A1	11,4 ± 0,7
Mn-54	2,04 ± 0,17	A2	2,6 ± 0,3	1,17 ± 0,18	A2	1,7 ± 0,2
Co-57	5,7 ± 0,4	A2	6,4 ± 0,3	7,1 ± 0,5	A1	7,0 ± 0,3
Co-58	1,31 ± 0,16	A1	1,1 ± 0,2	1,64 ± 0,19	A1	1,4 ± 0,2
Co-60	48,4 ± 1,6	A1	49,2 ± 1,7	28,7 ± 1,0	A2	30,7 ± 1,1
Zn-65	16,9 ± 0,8	A1	15,8 ± 1,1	57 ± 2	A1	60 ± 3
Rb-83				2,1 ± 0,3	A2	1,4 ± 0,3
Tc-95m				3,0 ± 0,3		
Ru-103	0,93 ± 0,18			2,2 ± 0,2	A1	2,3 ± 0,2
Cd-109	60 ± 5	A2	68 ± 3	10 ± 2	A2	13,8 ± 1,4
Sb-124	13,3 ± 0,5	A1	13,8 ± 0,6	1,78 ± 0,13	A2	1,38 ± 0,17
Sb-125	86 ± 3	A2	91,4 ± 1,9	25,1 ± 0,9	A1	26,3 ± 0,8
Cs-134	1,29 ± 0,16			1,17 ± 0,09		
Cs-137	77 ± 4	A1	79 ± 4	42 ± 2	A2	45 ± 2
W-181	22,1 ± 1,4	A1	23,9 ± 1,7	8,6 ± 0,6	A1	8,3 ± 0,7
W-188	2,4 ± 0,8			4,8 ± 0,8	A1	5,0 ± 0,4
Totaal-α	0,42 ± 0,07		< 0,3	0,30 ± 0,05		< 0,17
Tot./rest-β	480 ± 20	A2	1200 ± 400	200 ± 9		< 40
H-3	14,2 ± 0,5	A2	13,1 ± 0,4	84 ± 3	A2	77 ± 2

Tabel A1 Vervolg (2)

Periode Nuclide	periode 3 (2023)			periode 4 (2023)		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	12,8 ± 0,6	A1	13,0 ± 0,7	23,8 ± 1,0	A1	22,5 ± 1,2
Mn-54	1,33 ± 0,17	A1	1,55 ± 0,17	3,3 ± 0,2	A2	3,9 ± 0,4
Co-57	8,1 ± 0,5	A1	8,2 ± 0,3	4,3 ± 0,3	A1	4,4 ± 0,2
Co-58	2,0 ± 0,2	A1	1,87 ± 0,18	1,8 ± 0,2	A1	1,6 ± 0,3
Co-60	29,8 ± 1,0	A2	32,1 ± 1,1	88 ± 3	A1	92 ± 3
Zn-65	68 ± 3	A2	74 ± 3	60 ± 2	A1	64 ± 3
Rb-83	1,8 ± 0,2	A1	1,7 ± 0,2			
Tc-95m	2,7 ± 0,3			1,0 ± 0,3		
Mo-99				< 4000		26 ± 2
Ru-103	2,2 ± 0,3	A1	2,26 ± 0,18	2,0 ± 0,3	A1	1,7 ± 0,2
Cd-109	16 ± 2			38 ± 4	A1	43 ± 3
Sb-124	1,94 ± 0,19	A2	2,19 ± 0,16	4,9 ± 0,2	A1	5,2 ± 0,3
Sb-125	29,5 ± 1,1	C	34,1 ± 0,8	54,3 ± 1,9	A1	54,3 ± 1,3
Cs-134	0,75 ± 0,14			0,99 ± 0,19		
Cs-137	43 ± 2	A1	45 ± 2	32,3 ± 1,6	A1	32,1 ± 1,5
W-181	8,0 ± 0,5	A1	8,0 ± 0,7	2,2 ± 0,3	A2	2,9 ± 0,3
W-188	4,9 ± 0,8	A2	6,0 ± 0,5			
Totaal-α	0,31 ± 0,06		< 0,3	0,26 ± 0,06		< 0,2
Tot./rest-β	211 ± 10		< 700	276 ± 13	A1	900 ± 700
H-3	95 ± 3	A2	88 ± 3	59 ± 2	A1	57 ± 3

Tabel A1 Vervolg (3)

Periode Nuclide	periode 5 (2023)			periode 6 (2023)		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	37,5 ± 1,5	A1	36,4 ± 1,7	15,6 ± 0,7	A1	15,8 ± 1,0
Cr-51	29 ± 3			105 ± 9		
Mn-54	3,4 ± 0,3	A2	4,3 ± 0,3	4,0 ± 0,4	C	6,0 ± 0,5
Co-57	6,2 ± 0,5	A1	6,7 ± 0,3	4,7 ± 0,4	A2	5,2 ± 0,3
Co-58	2,6 ± 0,3	A1	2,6 ± 0,3	7,5 ± 0,5	A2	9,1 ± 0,7
Co-60	156 ± 5	A1	159 ± 5	343 ± 11	A2	363 ± 11
Zn-65	56 ± 2	A1	58 ± 3	27,6 ± 1,4	A1	28,4 ± 1,9
Rb-83	2,1 ± 0,4	A1	1,8 ± 0,2			
Tc-95m	3,1 ± 0,3			8,9 ± 0,6		
Ru-103	2,8 ± 0,3	A1	2,6 ± 0,2	6,7 ± 0,6	A2	5,6 ± 0,5
Cd-109	410 ± 30	A1	450 ± 20	610 ± 50	A2	680 ± 30
Sb-124	17,3 ± 0,7	A1	17,5 ± 0,6	173 ± 6	A2	163 ± 6
Sb-125	392 ± 13	A1	404 ± 7	1200 ± 40	A2	1260 ± 20
Cs-134	2,0 ± 0,4			3,0 ± 0,6	A2	3,9 ± 0,3
Cs-137	38,2 ± 1,9	A1	38,1 ± 1,7	61 ± 3	A1	62 ± 3
W-181	13,2 ± 0,8	A2	11,8 ± 0,9	470 ± 30	A1	480 ± 30
W-188				61 ± 5	A1	65 ± 3
Totaal-α	0,34 ± 0,06		< 0,5	0,18 ± 0,06	B	1,1 ± 0,3
Tot./rest-β	1150 ± 50	B	4200 ± 1200	4900 ± 200	C	18000 ± 3000
H-3	93 ± 3	A1	90 ± 4	114 ± 4	A2	105 ± 5

Tabel A1 Vervolg (4)

Periode Nuclide	periode 7 (2023)			periode 8 (2023)		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	11,1 ± 0,5	A1	11,1 ± 0,7	20,9 ± 0,9	A1	21,8 ± 1,2
Cr-51	13 ± 3					
Mn-54	3,9 ± 0,3	A1	3,7 ± 0,4	1,8 ± 0,3	A2	2,5 ± 0,3
Co-57	7,8 ± 0,5	A1	7,8 ± 0,4	14,2 ± 0,9	A1	13,7 ± 0,5
Co-58	4,0 ± 0,4	A2	4,9 ± 0,5	3,6 ± 0,4	A1	4,0 ± 0,4
Co-60	247 ± 8	A1	258 ± 8	136 ± 4	A1	136 ± 4
Zn-65	24,2 ± 1,2	A2	28,2 ± 1,8	15,8 ± 0,9	A1	15,6 ± 1,2
Rb-83				2,8 ± 0,6	A1	2,6 ± 0,4
Tc-95m	2,3 ± 0,6			3,0 ± 0,4		
Ru-103	2,8 ± 0,3	A2	2,3 ± 0,3	5,0 ± 0,4	A2	4,3 ± 0,3
Ru-106				7,1 ± 1,3		
Cd-109	63 ± 6	A2	51 ± 2	13 ± 2	B	18,5 ± 1,0
Sb-124	59 ± 2	B	50 ± 3	35,3 ± 1,3	A1	34,4 ± 1,2
Sb-125	315 ± 10	A1	323 ± 6	167 ± 6	A1	170 ± 3
I-131	4,8 ± 0,8			21 ± 5	A1	17,2 ± 0,9
Cs-134	2,3 ± 0,3			1,5 ± 0,4		
Cs-137	43 ± 2	A1	44 ± 2	50 ± 3	A1	49 ± 2
W-181	197 ± 12	A1	194 ± 13	154 ± 11	A2	135 ± 9
W-188	25 ± 2	A1	24,5 ± 1,4	14,1 ± 1,5	A1	15,5 ± 1,0
Totaal-α	0,16 ± 0,05	B	0,9 ± 0,3	1,42 ± 0,17		< 0,2
Tot./rest-β	1970 ± 90	C	6700 ± 1000	1030 ± 50	B	3900 ± 1100
H-3	47,7 ± 1,6	A2	43,0 ± 1,9	67 ± 2	A1	67 ± 3

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

⁷ Be	⁶⁵ Zn*	¹⁰³ Ru*	¹²⁵ I	¹³⁶ Cs	¹⁸⁸ W	²¹⁹ Rn
²² Na	⁶⁷ Ga	¹⁰⁶ Ru*	¹²⁵ Sb [†]	¹³⁷ Cs*	¹⁹¹ Os	²²³ Ra
²⁴ Na	⁷⁵ Se	¹⁰⁹ Cd	¹²⁹ I	¹³⁹ Ce	²⁰² Tl	²²⁶ Ra
⁴⁰ K	⁸² Br	^{110m} Ag*	¹²⁹ Te	¹⁴⁰ Ba*	²⁰³ Hg	²²⁷ Th
⁵¹ Cr*	⁸³ Rb	¹¹¹ In	^{129m} Te	¹⁴⁰ La*	²⁰³ Pb	²²⁸ Ac
⁵⁴ Mn*	⁸⁵ Sr	¹¹³ Sn	¹³¹ I*	¹⁴¹ Ce*	²⁰⁸ Tl	²³⁰ Th
⁵⁶ Co	⁸⁸ Y	¹¹⁵ Cd	¹³² I	¹⁴⁴ Ce*	²¹⁰ Pb	²³¹ Pa
⁵⁷ Co*	⁹⁵ Nb*	^{115m} Cd	¹³² Te	¹⁵² Eu	²¹² Bi	^{234m} Pa
⁵⁸ Co*	^{95m} Tc	¹²¹ Te	¹³³ I	¹⁸¹ W	²¹² Pb	²³⁴ Th
⁵⁹ Fe [†]	⁹⁵ Zr*	^{123m} Te [†]	¹³³ Xe	¹⁸⁵ W	²¹⁴ Bi	²³⁵ U
⁶⁰ Co*	⁹⁹ Mo	¹²⁴ Sb*	¹³⁴ Cs*	¹⁸⁶ Re	²¹⁴ Pb	²⁴¹ Am

* Volgens KTA 1503,1 en KTA 1504 te onderzoeken nucliden^{5,6}

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden⁶

Overige nucliden zijn opgenomen in de generieke gammabibliotheek die ook voor afvalwater van KCB, COVRA, Urenco en RID wordt toegepast.

NRG ventilatielucht - 2023

Tabel A3 Meetresultaten gammaspectrometrie in ventilatielucht HFR in 2023 (mBq m⁻³)

Monsternr Periode 2023	Nuclide	Aërosolfilter RIVM	Koolfilter RIVM
1 26 feb - 05 mrt	¹³¹ I	< 0,2	0,09 ± 0,03
	¹³³ Xe	< 0,4	< 0,2
	¹⁹¹ Os	< 0,3	< 0,2
	²⁰³ Hg	< 0,1	< 0,1
2 21 mei - 28 mei	¹³¹ I	< 0,7	2,3 ± 0,3
	¹³³ Xe	< 1,7	< 2,0
	¹⁹¹ Os	< 0,4	2,0 ± 0,3
	²⁰³ Hg	< 0,1	< 0,2
3 28 mei - 04 jun	¹³¹ I	< 0,6	1,85 ± 0,19
	¹³³ Xe	< 1,3	< 0,6
	¹⁹¹ Os	< 0,5	2,0 ± 0,3
	²⁰³ Hg	< 0,2	< 0,1
4 02 jul - 09 jul	¹³¹ I	< 1,5	2,2 ± 0,3
	¹³³ Xe	< 5,0	< 2,0
	¹⁹¹ Os	< 0,8	2,4 ± 0,3
	²⁰³ Hg	< 0,2	< 0,1
5 09 jul - 16 jul	¹³¹ I	< 0,6	1,20 ± 0,16
	¹³³ Xe	< 1,5	< 0,9
	¹⁹¹ Os	< 0,5	1,40 ± 0,19
	²⁰³ Hg	< 0,1	0,10 ± 0,02
6 20 aug - 27 aug	¹³¹ I	< 1,2	< 1,1
	¹³³ Xe	< 4,0	< 4,0
	¹⁹¹ Os	< 0,7	2,2 ± 0,3
	²⁰³ Pb	< 600	< 5000
	²⁰³ Hg	< 0,2	1,35 ± 0,13
7 27 aug - 03 sep	¹³¹ I	< 0,7	< 0,7
	¹³³ Xe	< 1,6	< 1,4
	¹⁹¹ Os	< 0,5	< 4,0
	²⁰³ Pb	< 60	< 600
	²⁰³ Hg	< 0,2	1,24 ± 0,12
8 15 okt - 22 okt	¹³¹ I	< 0,4	0,90 ± 0,13
	¹³³ Xe	< 0,9	< 0,9
	¹⁹¹ Os	< 0,5	1,36 ± 0,19
	²⁰³ Hg	< 0,2	< 0,1

Tabel A3 (vervolg) Meetresultaten gammaspectrometrie in ventilatielucht HFR in 2023 (mBq m-3)

Monsternr periode 2023	Nuclide*	Koolkorrels RIVM	Pakket** RIVM	V	NRG
1 26 feb - 05 mrt	¹³¹ I ¹³³ Xe ¹⁹¹ Os ²⁰³ Hg	0,56 ± 0,16 < 1,5 < 0,7 < 0,2	0,65 ± 0,16 < < <		
2 21 mei - 28 mei	¹³¹ I ¹³³ Xe ¹⁹¹ Os ²⁰³ Hg	< 1,3 6,9 ± 1,4 < 1,0 < 0,3	2,3 ± 0,3 6,9 ± 1,4 2,0 ± 0,3 <		
3 28 mei - 04 jun	¹³¹ I ¹³³ Xe ¹⁹¹ Os ²⁰³ Hg	< 1,0 9,5 ± 1,1 < 1,2 < 0,4	1,85 ± 0,19 9,5 ± 1,1 2,0 ± 0,3 <		
4 02 jul - 09 jul	¹³¹ I ¹³³ Xe ¹⁹¹ Os ²⁰³ Hg	< 3,0 < 11,0 < 1,9 < 0,4	2,2 ± 0,3 < 2,4 ± 0,3 <		8,8
5 09 jul - 16 jul	¹³¹ I ¹³³ Xe ¹⁹¹ Os ²⁰³ Hg	< 1,0 3,1 ± 0,5 < 1,1 < 0,3	1,20 ± 0,16 3,1 ± 0,5 1,40 ± 0,19 0,10 ± 0,02	A2	3,9
6 20 aug - 27 aug	¹³¹ I ¹³³ Xe ¹⁹¹ Os ²⁰³ Pb ²⁰³ Hg	13,8 ± 1,3 2000 ± 200 < 1,5 < 300 < 0,4	13,8 ± 1,3 2000 ± 200 2,2 ± 0,3 < 1,35 ± 0,13		
7 27 aug - 03 sep	¹³¹ I ¹³³ Xe ¹⁹¹ Os ²⁰³ Pb ²⁰³ Hg	< 1,7 10,1 ± 1,3 < 1,8 < 300 1,31 ± 0,18	< 10,1 ± 1,3 < < 2,6 ± 0,2		
8 15 okt - 22 okt	¹³¹ I ¹³³ Xe ¹⁹¹ Os ²⁰³ Hg	< 1,0 6,6 ± 0,8 < 1,2 < 0,4	0,90 ± 0,13 6,6 ± 0,8 1,36 ± 0,19 <	A1	6,2

* Voor de vergelijking van de data is de opgave van NRG in Bq/patroon gedeeld door het opgegeven volume (m3). Deze activiteitsconcentratie is vergeleken met de data van RIVM in het pakket.

** Voor de berekening van de activiteitsconcentratie in het pakket zijn de activiteitsconcentraties in het aerosolfilter, het koolfilter en de koolkorrels gesommeerd. In de som zijn detectiegrenzen niet inbegrepen.

Tabel A4 Vergelijking van de activiteitsconcentratie meetresultaten totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht HFR in 2023 (mBq·m-3); NRG resultaten van glasvezelfilter.

2023		Totaal-alfa glasvezelfilter			Totaal-bèta glasvezelfilter		
Nr	Monsterperiode	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
1	26 feb - 05 mrt	0,017 ± 0,004		< 0,35	0,072 ± 0,010		< 0,12
2	21 mei - 28 mei	0,017 ± 0,005		< 0,35	0,051 ± 0,013		< 0,12
3	28 mei - 04 jun	0,023 ± 0,006		< 0,35	0,078 ± 0,015		< 0,12
4	02 jul - 09 jul	< 0,015		< 0,35	0,201 ± 0,018		< 0,12
5	09 jul - 16 jul	0,014 ± 0,004		< 0,35	0,116 ± 0,012		< 0,12
6	20 aug - 27 aug	0,016 ± 0,005		< 0,35	0,145 ± 0,014		< 0,12
7	27 aug - 03 sep	< 0,017		< 0,35	0,158 ± 0,019		< 0,12
8	15 okt - 22 okt	0,013 ± 0,005		< 0,35	0,163 ± 0,015		< 0,12

Bijlage B Vergelijking met meetresultaten NRG in 2024

Afvalwater – 2024

Alle meetdata afkomstig van de lozingsrapportages en de kwartaalrapportages van NRG [1] zijn aangegeven in de kolom met erboven in vette en cursieve letters "**NRG**". Zie de disclaimer in Hoofdstuk 4.

Tabel B1 Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, totaal-bèta (kBq·m-3) en 3H in afvalwater (MBq·m-3)

Periode Nuclide	periode 1 (2024)			periode 2 (2024)		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	4,1 ± 0,2	B	3,3 ± 0,3	1,12 ± 0,19		
Cr-51	24 ± 4			40 ± 7		
Mn-54	7,5 ± 0,4	A2	8,7 ± 0,5	14,3 ± 0,8	A1	15,0 ± 0,9
Co-57	10,2 ± 0,7	A1	10,7 ± 0,5	5,1 ± 0,4	A2	4,6 ± 0,3
Co-58	3,0 ± 0,3	A2	3,6 ± 0,3	14,8 ± 0,8	A1	13,9 ± 1,0
Co-60	220 ± 7	A1	227 ± 7	730 ± 20	A1	710 ± 20
Zn-65	4,2 ± 0,4	A1	4,0 ± 0,6	8,6 ± 1,0		
Nb-95	1,5 ± 0,2					
Tc-95m	3,0 ± 0,2			5,1 ± 0,4		
Ru-103	3,6 ± 0,3	A2	4,0 ± 0,4	4,3 ± 0,5		
Cd-109	198 ± 16	A1	204 ± 8	235 ± 19	A1	232 ± 9
Sb-124	19,9 ± 0,8	A2	17,6 ± 1,6	64 ± 2	B	53 ± 4
Sb-125	400 ± 13	A2	421 ± 7	640 ± 20	A1	651 ± 11
Cs-134	2,0 ± 0,3			2,5 ± 0,4		
Cs-137	66 ± 3	A1	68 ± 3	52 ± 3	A1	52 ± 2
W-181	19,5 ± 1,2	A2	17,2 ± 1,3	151 ± 9		
W-188	4,6 ± 1,6			16 ± 3	A1	15,9 ± 1,5
Totaal-α	0,18 ± 0,05		< 0,3	0,21 ± 0,05	A1	0,4 ± 0,3
Tot./rest-β	940 ± 40	B	3400 ± 1000	1250 ± 60	C	7500 ± 1400
H-3	66 ± 2	A2	60,7 ± 2,7	66 ± 2	A2	71 ± 3

Tabel B1 Vervolg (2)

Periode Nuclide	periode 3 (2024)			periode 4 (2024)		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22				4,4 ± 0,5	A1	4,3 ± 0,5
Cr-51	26 ± 3			69 ± 9		
Mn-54	3,5 ± 0,3	A1	4,0 ± 0,4	4,2 ± 0,5	A2	5,5 ± 0,5
Co-57	2,3 ± 0,2	A2	2,73 ± 0,17	5,6 ± 0,4	A1	5,6 ± 0,3
Co-58	2,7 ± 0,3	A1	3,3 ± 0,5	3,3 ± 0,6	A1	3,8 ± 0,5
Co-60	217 ± 7	A2	232 ± 7	357 ± 12	A2	378 ± 12
Zn-65	3,6 ± 0,4			9,5 ± 0,8	B	6,5 ± 1,1
Tc-95m	3,2 ± 0,3			6,6 ± 0,5		
Ru-103	1,6 ± 0,2	A2	2,4 ± 0,4	2,5 ± 0,4	A2	1,9 ± 0,4
Cd-109	250 ± 20	B	203 ± 8	300 ± 20	A2	268 ± 10
Sb-124	17,9 ± 0,7	B	13 ± 2	< 4		11,0 ± 1,8
Sb-125	531 ± 18	A1	547 ± 9	740 ± 20	A2	777 ± 12
Cs-134	1,4 ± 0,2			1,7 ± 0,3		
Cs-137	41 ± 2	A1	40,8 ± 1,9	35,8 ± 1,8	A1	36,2 ± 1,7
W-181	25,0 ± 1,6	A1	23,9 ± 1,7	51 ± 3	A1	52 ± 4
Totaal-α	0,41 ± 0,07		< 0,2	0,16 ± 0,06		< 0,3
Tot./rest-β	2920 ± 140	A1	2100 ± 900	1400 ± 60	A2	3400 ± 1200
H-3	49,3 ± 1,7	A2	53 ± 2	69 ± 2	A1	72 ± 3

Tabel B1 Vervolg (3)

Periode Nuclide	periode 5 (2024)			periode 6 (2024)		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	12,9 ± 0,6	A2	11,5 ± 0,8	3,3 ± 0,2	A2	2,8 ± 0,3
Cr-51				35 ± 6		
Mn-54	9,8 ± 0,7	A1	10,6 ± 0,8	3,8 ± 0,3	A1	3,8 ± 0,4
Co-57	12,7 ± 0,9	A1	13,1 ± 0,5	8,5 ± 0,6	A1	8,8 ± 0,4
Co-58	9,3 ± 0,7	B	7,1 ± 0,7	2,1 ± 0,3		
Co-60	760 ± 20	A1	780 ± 20	173 ± 6	A1	175 ± 5
Zn-65	24,7 ± 1,4	A1	23,3 ± 1,9	12,0 ± 0,7	A1	11,8 ± 1,0
Tc-95m	7,5 ± 0,5			4,2 ± 0,3		
Ru-103	6,1 ± 0,5	A1	5,5 ± 0,5	4,7 ± 0,4	A1	4,9 ± 0,9
Cd-109	280 ± 20	A1	266 ± 10	73 ± 7	A2	83 ± 4
Sb-124	35,5 ± 1,3	A2	33,0 ± 1,2	4,5 ± 0,5		
Sb-125	880 ± 30	A2	911 ± 15	411 ± 14	A1	421 ± 7
Cs-134	2,0 ± 0,4	A1	2,5 ± 0,3			
Cs-137	43 ± 2	A1	43 ± 2	23,7 ± 1,2	A1	23,9 ± 1,2
W-181	111 ± 7	A1	107 ± 7	13,4 ± 0,9	A2	12,0 ± 0,4
W-188	8,6 ± 1,6					
Totaal-α	0,22 ± 0,06	A1	< 0,3	0,25 ± 0,06		< 0,4
Tot./rest-β	2120 ± 100	B	6300 ± 1800	640 ± 30	A1	1200 ± 600
H-3	115 ± 4	A1	117 ± 5	54,2 ± 1,8	A1	54 ± 2

Tabel B1 Vervolg (4)

Periode Nuclide	periode 7 (2024)			periode 8 (2024)		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Na-22	3,9 ± 0,2	B	3,0 ± 0,4	4,2 ± 0,3	A2	3,4 ± 0,4
Cr-51	28 ± 4			32 ± 5		
Mn-54	4,3 ± 0,3	B	5,8 ± 0,5	8,1 ± 0,5	A2	9,2 ± 0,6
Co-57	10,9 ± 0,7	A1	10,8 ± 0,4	13,5 ± 0,9	A1	13,1 ± 0,5
Co-58	2,3 ± 0,2	A2	1,8 ± 0,3	5,9 ± 0,5	A1	6,4 ± 0,5
Co-60	167 ± 5	A1	174 ± 5	375 ± 12	A1	390 ± 12
Zn-65	11,3 ± 0,7	A2	9,4 ± 1,0	13,1 ± 0,9	A1	12,7 ± 1,3
Tc-95m	3,8 ± 0,3			4,3 ± 0,3		
Ru-103	3,8 ± 0,3	A1	3,7 ± 0,3	5,3 ± 0,5	A1	5,4 ± 0,4
Cd-109	59 ± 6	A1	53 ± 3	12 ± 3	B	19,2 ± 1,8
Sb-124	15,5 ± 0,6	A1	16 ± 7	72 ± 2	A1	74 ± 2
Sb-125	389 ± 13	B	432 ± 7	325 ± 11	A1	335 ± 6
I-131	3,9 ± 0,9			< 20		3,7 ± 0,4
Cs-134	1,1 ± 0,3			3,2 ± 0,4		
Cs-137	24,9 ± 1,3	A1	24,1 ± 1,2	43 ± 2	A1	45 ± 2
W-181	21,8 ± 1,4	A1	20,2 ± 1,5	56 ± 3	A1	57 ± 3
W-188				5,7 ± 1,6	A1	6,0 ± 0,8
Totaal-α	0,28 ± 0,08		< 0,4	0,36 ± 0,06		< 0,3
Tot./rest-β	610 ± 30	A1	400 ± 1000	980 ± 50	A2	4000 ± 1500
H-3	64 ± 2	A1	63 ± 3	91 ± 3	A1	90 ± 4

NRG ventilatielucht - 2024*Tabel B2 Meetresultaten gammaspectrometrie in ventilatielucht HFR in 2024 (mBq. m-3)*

Monsternr Periode 2024	Nuclide	Aërosolfilter RIVM	Koolfilter RIVM
1 25 feb - 03 mrt	¹³¹ I	< 0,3	1,19 ± 0,12
	¹³³ Xe	< 0,6	< 0,4
	¹⁹¹ Os	< 0,4	2,9 ± 0,4
	²⁰³ Hg	< 0,1	0,83 ± 0,08
	²⁰³ Pb	< 5,0	14,1 ± 1,4
2 24 - 31 maart	¹³¹ I	< 0,5	< 0,6
	¹³³ Xe	< 1,0	< 1,8
	¹⁹¹ Os	< 0,4	0,45 ± 0,14
	²⁰³ Hg	< 0,1	0,15 ± 0,04
	²⁰³ Pb	< 13,0	< 90
3 31 mrt - 7 april	¹³¹ I	< 0,3	< 0,3
	¹³³ Xe	< 0,5	< 0,5
	¹⁹¹ Os	< 0,4	0,70 ± 0,14
	²⁰³ Hg	< 0,2	0,59 ± 0,07
	²⁰³ Pb	< 1,7	9,9 ± 1,1
4 26 mei - 02 jun	¹³¹ I	< 1,7	3,4 ± 0,4
	¹³³ Xe	< 8,0	< 5,0
	¹⁹¹ Os	< 0,9	2,4 ± 0,4
	²⁰³ Hg	< 0,2	< 0,2
5 02 - 09 jun	¹³¹ I	< 1,1	2,2 ± 0,2
	¹³³ Xe	< 4,0	< 2,0
	¹⁹¹ Os	< 0,7	2,8 ± 0,4
	²⁰³ Hg	< 0,2	0,20 ± 0,04
6 11 - 18 aug	¹³¹ I	< 0,6	1,6 ± 0,2
	¹³³ Xe	< 1,8	< 2,0
	¹⁹¹ Os	< 0,5	2,6 ± 0,3
	²⁰³ Hg	< 0,1	0,12 ± 0,03
	²⁰³ Pb	< 70	< 190
7 18 - 25 aug	¹³¹ I	< 0,3	1,37 ± 0,14
	¹³³ Xe	< 0,6	< 0,7
	¹⁹¹ Os	< 0,4	1,8 ± 0,2
	²⁰³ Hg	< 0,1	< 0,1
8 29 sep - 06 okt	¹³¹ I	< 0,4	< 0,4
	¹³³ Xe	< 0,7	< 0,7
	¹⁹¹ Os	< 0,4	1,4 ± 0,2
	²⁰³ Hg	< 0,1	0,29 ± 0,04
	²⁰³ Pb	< 8,0	< 20

Tabel B2 (vervolg) Meetresultaten gammaspectrometrie in ventilatielucht HFR in 2024 (mBq.m-3)

Monsternr. Periode 2024	Nuclide*	Koolkorrels RIVM	Pakket** RIVM	V	NRG
1 26 feb - 05 mrt	¹³¹ I	< 0,9	1,19 ± 0,12		
	¹³³ Xe	2,3 ± 0,4	2,3 ± 0,4		
	¹⁹¹ Os	< 1,2	2,9 ± 0,4		
	²⁰³ Hg	1,31 ± 0,16	2,14 ± 0,18		
	²⁰³ Pb	73 ± 9	87 ± 9		
2 21 mei - 28 mei	¹³¹ I	< 1,6	<		
	¹³³ Xe	< 6,0	<		
	¹⁹¹ Os	< 1,5	0,45 ± 0,14		
	²⁰³ Hg	< 0,5	0,15 ± 0,04		
	²⁰³ Pb	< 170	<		
3 28 mei - 04 jun	¹³¹ I	< 1,1	<		
	¹³³ Xe	< 3,0	<		
	¹⁹¹ Os	< 1,3	0,70 ± 0,14		
	²⁰³ Hg	0,55 ± 0,11	1,14 ± 0,13		
	²⁰³ Pb	29 ± 6	39 ± 6		
4 02 jul - 09 jul	¹³¹ I	< 4,0	3,4 ± 0,4		
	¹³³ Xe	< 20	<		
	¹⁹¹ Os	< 2,0	2,4 ± 0,4		
	²⁰³ Hg	< 0,4	<		
5 09 jul - 16 jul	¹³¹ I	< 1,8	2,2 ± 0,2		
	¹³³ Xe	5,7 ± 1,0	5,7 ± 1,0		
	¹⁹¹ Os	< 1,6	2,8 ± 0,4		
	²⁰³ Hg	0,30 ± 0,09	0,50 ± 0,10		
6 20 aug - 27 aug	¹³¹ I	< 2,0	1,6 ± 0,2		
	¹³³ Xe	< 11,0	<		
	¹⁹¹ Os	< 1,5	2,6 ± 0,3		
	²⁰³ Hg	< 0,3	0,12 ± 0,03		
	²⁰³ Pb	< 800	<		
7 27 aug - 03 sep	¹³¹ I	< 1,0	1,37 ± 0,14		
	¹³³ Xe	2,9 ± 0,8	2,9 ± 0,8		
	¹⁹¹ Os	< 1,3	1,8 ± 0,2		
	²⁰³ Hg	< 0,3	<		
8 15 okt - 22 okt	¹³¹ I	< 1,0	<		
	¹³³ Xe	< 3,0	<		
	¹⁹¹ Os	< 1,0	1,4 ± 0,2		
	²⁰³ Hg	0,78 ± 0,10	1,07 ± 0,11		
	²⁰³ Pb	< 80	<		

* Voor de vergelijking van de data is de opgave van NRG in Bq/patroon gedeeld door het opgegeven volume (m3). Deze activiteitsconcentratie is vergeleken met de data van RIVM in het pakket.

** Voor de berekening van de activiteitsconcentratie in het pakket zijn de activiteitsconcentraties in het aerosolfilter, het koolfilter en de koolkorrels gesommeerd. In de som zijn detectiegrenzen niet inbegrepen.

Tabel B3 Vergelijking van de activiteitsconcentratie meetresultaten totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht HFR in 2024 (mBq·m⁻³); NRG resultaten van glasvezelfilter.

2024		Totaal-alfa Glasvezelfilter			Totaal-bèta Glasvezelfilter		
Nr	Monsterperiode	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
1	25 feb - 03 mrt	0,015 ± 0,004		< 0,11	0,164 ± 0,014		< 0,4
2	24 mrt - 31 mrt	0,016 ± 0,005		< 0,12	0,140 ± 0,015		< 0,4
3	31 mrt - 07 apr	0,025 ± 0,007		< 0,14	0,164 ± 0,017		< 0,5
4	26 mei - 02 jun	0,022 ± 0,005		< 0,12	0,189 ± 0,017		< 0,4
5	02 jun - 09 jun	0,012 ± 0,004		< 0,11	0,205 ± 0,017		< 0,4
6	11 aug - 18 aug	0,017 ± 0,005		< 0,10	< 0,03		< 0,4
7	18 aug - 28 aug	0,013 ± 0,005		< 0,11	0,179 ± 0,015		< 0,4
8	29 sep - 06 okt	0,010 ± 0,004		< 0,09	0,082 ± 0,012		< 0,3

Bijlage C Bemonstering en meting door NRG in de periode 2023-2024

Procedures geldig ten tijde van rapportageperiode 2023-2024, Bemonsterings- en meetplan voor radioactieve stoffen in ventilatielucht van de Hoge Flux Reactor

Zie (bestaande) lozingsmonitoringsprogramma:

Aerosolmeting vindt plaats via een zgn, koolfilterpakket met 3 filters
(glasvezel, koolfilter, geactiveerd kool)

Verwisseling van de filters vindt wekelijks plaats.

Analyse van de filters gebeurt via een gammaspectrometrische
meetmethode: volgens de richtlijnen in KTA-1503.

Bemonsterings- en meetplan voor radioactieve stoffen in gereinigd afvalwater uit de zeeleiding.

Monsterneming NRG

Per week kunnen bij NRG in "batches" van 75 m³ een of meer lozingen van gereinigd afvalwater op de Noordzee plaatsvinden. Bij de lozing voert NRG een automatische debiet proportionele bemonstering uit met het Hobre-systeem (omvat tevens 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. 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 inhomogeniteiten en adsorptie aan de fleswand tegen te gaan [10]. De deelmonsters worden vervolgens tot moment van verwerking opgeslagen.

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 [6].
- *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}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}Am -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 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 bekglas 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 bekglas 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.

- *totaal bèta-bepaling*

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, rekening houdend 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.

Referenties

- 1 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 2023* :
 NRG 1e kwartaal 2023 d.d. 17 april 2023.
 NRG 2e kwartaal 2023 d.d. 2 augustus 2023.
 NRG 3e kwartaal 2023 d.d. 8 november 2023.
 NRG 4e kwartaal 2023 d.d. 29 december 2023.
Radioactieve componenten in HFR lozingslucht 2023 :
 E-mail van J. Kok (NRG) aan P. Kwakman (RIVM) met een bijgevoegde Excel sheet met lozingsdata "Rapportage_koolpakketten HFR 2023", d.d. 29-12-2023.
Radioactieve componenten zeelozing 2024
 NRG 1e kwartaal 2024 d.d. 7 mei 2024.
 NRG 2e kwartaal 2024 d.d. 26 juli 2024.
 NRG 3e kwartaal 2024 d.d. 1 november 2024.
 NRG 4e kwartaal 2024 d.d. 15 januari 2025.
Radioactieve componenten in HFR lozingslucht 2024 :
 E-mail van J. Kok (NRG) aan P. Kwakman (RIVM) met een bijgevoegde Excel sheet met lozingsdata "Rapportage_koolpakketten HFR 2024", d.d. 15-01-2025.
- 2 a) S. Hofmann. K. Schmidt, C. Wittwer. *Abwasser aus kerntechnischen Anlagen, Ringversuch 2023*, November 2023, Bundesamt für Strahlenschutz, Duitsland, www.bfs.de.
 b) S. Hofmann. K. Schmidt, C. Wittwer. *Abwasser aus kerntechnischen Anlagen, Ringversuch 2024*, December 2024, Bundesamt für Strahlenschutz, Duitsland, www.bfs.de.
- 3 BfS, 45. Ringversuch "Fortluft 2023"; BfS report BfS-UR 3-71/2024, augustus 2024
- 4 a) ANVS Ondersteuning Inspectie en Monitoring, Contra expertise metingen nucleaire installaties. M/390220/23/CE – Jaarplan 2023; aangepaste versie op 12-1-2023 akkoord bevonden.
 b) ANVS Ondersteuning Inspectie en Monitoring, Contra expertise metingen nucleaire installaties. M/390220/24/CE – Jaarplan 2024; aangepaste versie op 26-06-2024 akkoord bevonden.
- 5 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, 2022-11.
- 6 KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2022-11.
- 7 NEN-EN-ISO 20042. Measurement of radioactivity - Gamma-ray emitting radionuclides - Generic test method using gamma-ray spectrometry.
- 8 NEN 5636. 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.

- 9 NEN 6421. Water. Bepaling van de totale bèta-activiteitsconcentratie en rest- bèta-activiteitsconcentratie van niet vluchtige bestanddelen. Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft.
- 10 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.
- 11 NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1991.
- 12 ISO/IEC 98. ISO/IEC Guide 98-1:2024 Guide to the expression of uncertainty in measurement.
- 13 Resultaat milieumonitoring in 2023 met de High Volume Sampler, RIVM, Bilthoven.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

april 2025

De zorg voor morgen
begint vandaag