



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

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

Periode 2023

**Contra-expertise op bepalingen van
radioactiviteit in afvalwater en ventilatielucht
van COVRA NV**
Periode 2023

RIVM-briefrapport 2024-0214

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-2024-0214

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

Contact:

P.J.M. Kwakman

Centrum Veiligheid

Pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS), in het kader van project M/390220/22/CE, Site Monitoring Straling.

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 COVRA N.V.

Periode 2023

De Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA) meet hoeveel radioactiviteit zij in afvalwater en ventilatielucht loost. Het RIVM ontvangt van COVRA afvalwater- en ventilatieluchtmonsters en bepaalt daarin de radioactiviteit. Elk jaar vergelijkt het RIVM deze metingen met de resultaten van COVRA. De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) gebruikt deze 'contra-expertise' om in te schatten hoe betrouwbaar de metingen van de nucleaire installatie zijn.

Net als in de jaren ervoor kwamen de analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2023 goed overeen met de resultaten van COVRA. Het gamma-spectrometrische resultaat, de resultaten van de totaal-alfa bepaling, en de tritiumbepaling kwamen redelijk tot goed overeen. Ook de totaal bèta-metwaarde van het RIVM en de rest bèta-metwaarde van COVRA kwam redelijk overeen ondanks de verschillende meetprincipes. Het resultaat in de ^{14}C -bepaling in afvalwater kwam eveneens goed overeen.

Verder kwamen de resultaten van het RIVM en COVRA van de ventilatieluchtmonsters van het Afvalverwerkingsgebouw (AVG) en het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw (HABOG) goed overeen voor tritium en ^{14}C . Er is in geen enkel monster een gamma-activiteit, of een totaal-alfa of totaal-bèta activiteit in ventilatielucht gevonden.

Het RIVM voert de contra-expertises uit in opdracht van de ANVS.

Kernwoorden: COVRA, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

Synopsis

Contra-expertise on the determination of radioactivity in waste water and ventilation air of COVRA N.V.

Period 2023

The Central Organisation for Radioactive Waste (COVRA) measures the release of radioactivity in waste water and ventilation air. The RIVM receives samples of waste water and ventilation air from COVRA and determines the radioactivity contents. Each year the RIVM compares these measurements with the results from COVRA. The Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS) uses this comparison to estimate the reliability of the measurements by COVRA.

In 2023, the analyses in a waste water sample are generally in agreement with the results found by COVRA itself. The agreement in the results for gamma-emitters, gross alpha, and tritium was good. Considering the fact that RIVM and COVRA apply different measuring principles the agreement in the gross beta results in waste water is reasonable.

The agreement in the RIVM and COVRA result for ^{14}C in waste water was good as well.

In ventilation air samples of the waste treatment building (AVG) and the high activity waste storage building (HABOG) the results for ^3H and ^{14}C obtained by RIVM and COVRA are in good agreement.

In ventilation air samples from AVG and HABOG no gross alpha, no gross beta and no gamma activity was found.

RIVM carried out this contra expertise on behalf of the ANVS.

Keywords: COVRA, radioactivity, discharges, wastewater, ventilation air

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

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

2 Monsters en analyse — 13

3 Analysemethoden — 15

- 3.1 Tweevoudbepaling — 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 — 17
- 3.6 Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in afvalwater — 17
- 3.7 Bepaling van de totaal alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht — 17
- 3.8 Bepaling van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht — 18
- 3.9 Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in ventilatielucht — 18
- 3.10 Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in ventilatielucht — 18
- 3.11 Onzekerheidsberekeningen — 18
- 3.12 Presentatie van resultaten en vergelijking — 20

4 Resultaten en discussie — 23

- 4.1 Meetresultaten — 23
- 4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie — 23
 - 4.2.1 Afvalwater – 2023 — 23
- 4.3 Conclusie: algemeen oordeel over de contra-expertise resultaten — 26

5 Bijlage A Vergelijking resultaten RIVM en COVRA, 2023 — 27

6 Bijlage B Monsternamen en analyse van afvalwater en ventilatielucht door COVRA — 31

Referenties — 37

Samenvatting

Het Centrum Veiligheid van het RIVM heeft in 2023 in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uitgevoerd van lozingsmonsters afkomstig van een zestal nucleaire installaties. Elk jaar vergelijkt het RIVM deze metingen met de resultaten van de betreffende nucleaire installatie. De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) gebruikt deze 'contra-expertise' om in te schatten hoe betrouwbaar de metingen van de nucleaire installatie zijn.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat zijn afkomstig van Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA). Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee uitgaande ventilatielucht van verschillende gebouwen is bemonsterd. De COVRA meet hoeveel radioactiviteit zij loost in afvalwater en ventilatielucht. Het RIVM vergelijkt deze metingen steekproefsgewijs; in 2023 was dat in een afvalwatermonster, in acht AVG ventilatielucht-monsters en acht HABOG-ventilatieluchtmonsters.

COVRA neemt de door het RIVM te analyseren monsters verspreid over het jaar. Dit rapport gaat over lozingsmonsters van COVRA in de periode januari - december 2023.

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. Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht van de nucleaire installatie is bemonsterd. RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, tritium in afvalwater, en van ^3H , ^{14}C en gammastralers in ventilatielucht.

Net als in voorgaande jaren kwamen de analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2023 op hoofdlijnen overeen met de resultaten van COVRA. Het gamma-spectrometrische resultaat, de resultaten van de totaal-alfa bepaling, en de tritiumbepaling kwamen goed overeen. Ook de totaal bèta-metwaarde van het RIVM en de rest bèta-metwaarde van COVRA kwam redelijk overeen ondanks de verschillende meetprincipes.

Het RIVM en COVRA resultaat in de ^{14}C -bepaling in afvalwater kwam goed overeen.

Verder kwamen de resultaten van het RIVM en COVRA van de ventilatieluchtmonsters van het Afvalverwerkingsgebouw (AVG) en het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw (HABOG) goed overeen voor tritium en ^{14}C . Er is in geen enkel monster een gamma-activiteit, of een totaal-alfa of totaal-bèta activiteit in ventilatielucht gevonden.

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 een zestal 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 2023.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van de Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA) te Nieuwdorp. Het betreft zowel afvalwatermonsters van het Afvalverwerkingsgebouw (AVG), als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht van het AVG en het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw (HABOG) is bemonsterd.

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 COVRA zijn vergeleken. Hoofdstuk 4 bevat een korte bespreking van de resultaten van het contra-expertiseonderzoek. De meetresultaten zelf zijn – naast de resultaten van COVRA – weergegeven in Bijlage A. De bemonstering wordt door COVRA uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door COVRA, zijn gereproduceerd in Bijlage B.

1.2 Herkomst data van COVRA en autorisatie van deze rapportage

De meetgegevens van COVRA die in deze rapportage zijn opgenomen zijn afkomstig uit de kwartaalrapportages [3] die COVRA opstuurt naar de ANVS inspectie en naar RIVM. Aanvullende gegevens die niet in de kwartaalrapportages staan worden per e-mail verstuurd naar RIVM of bij het ophalen van de lozingsmonsters meegegeven.

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

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

1.4 **Kwaliteitswaarborging**

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-17025 (RvA: L153 testen). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties (ANVS) en zijn gemarkeerd met een 'Q'. Zie tabel 1 in Hoofdstuk 2.

In het kader van de bewaking van de kwaliteit van de gebruikte analyse- en meetmethoden neemt RIVM jaarlijks deel aan het ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [1]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

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.

Herkomst van meetdata en 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 COVRA middels kwartaalrapportages en bij het monster aangeleverde informatie. De kwaliteit van deze data valt onder de verantwoordelijkheid van COVRA. De door COVRA aangeleverde data zijn gemarkeerd met **COVRA** in de tabellen in de bijlagen.

2 Monsters en analyse

RIVM voert zelf geen bemonstering uit van afvalwater en ventilatielucht, maar haalt periodiek afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij COVRA. De bemonstering wordt dus uitgevoerd door COVRA zelf. Van elk batchmonster afvalwater bewaart COVRA een fles met circa 500 ml basisch water voor de ^{14}C -bepaling en een fles met circa 2 l aangezuurd water voor de overige bepalingen ten behoeve van contra-expertise door RIVM. Voor het bepalen van de radioactiviteit in uitgaande ventilatielucht krijgt RIVM een filterpakket afkomstig uit een apart, 'redundant' bemonsteringssysteem, identiek aan het systeem dat COVRA gebruikt voor haar eigen analyses. Daarnaast krijgt RIVM een condensaat voor de bepaling van ^3H en een BaCO_3 -neerslag voor de bepaling van ^{14}C in ventilatielucht (Zie Bijlage B, laatste pagina). Tabel 1 bevat een overzicht van het aantal monsters en de te verrichten analyses, zoals vooraf met de ANVS afgesproken [2]. In Tabel 2 staan gegevens van de opgehaalde afvalwatermonsters en in Tabel 3 van de monsters ventilatielucht van AVG.

In 2023 is er één afvalwaterbatch geloosd op 11 september. RIVM heeft het monster van deze batch opgehaald en geanalyseerd.

Tabel 1 Overzicht van vooraf afgesproken maximum aantal monsters en analyses

Monsters	Aantal	Soort monster	Analyses (Q*)
Afvalwater	4	Batchmonster zuur, en basisch (voor ^{14}C)	Q: Totaal alfa**, totaal- bèta**, gammastralers**, $^3\text{H}^*$ en $^{14}\text{C}^{**}$
Ventilatie- lucht	4	Weekmonsters AVG (filterpakket: aërosol 2 × zeoliet 2 × kool)	Q: Totaal alfa*, totaal- bèta* in aërosolfilter; gamma-emitters pakket*; bij aantonen van mogelijk vluchtige gamma- emitters, tevens meting van de aerosol-, zeoliet- en kool-filters apart*
	4	14-daagse monsters HABOG (filterpakket: aërosol 2 × kool)	Q: Totaal alfa*, totaal- bèta* in aërosolfilter; gamma-emitters pakket* ; bij aantonen van mogelijk vluchtige gamma-emitters, tevens meting van de filters waaruit het pakket is samengesteld apart*
	4	Maandmonster AVG (H_2O , BaCO_3)	Q: $^3\text{H}^*$ en $^{14}\text{C}^*$ (m.b.v. LSC)
	4	Maandmonster HABOG (H_2O , BaCO_3)	Q: $^3\text{H}^*$ en $^{14}\text{C}^*$ (m.b.v. LSC)

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

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

Tabel 2 Monstergegevens afvalwater in 2023

Nr.	Datum		
	Lozingsdatum*	Ophaaldatum	gammaspectrometrie
1	11 sept 2023	12 okt 2023	24 okt 2023

* Monstergegevens (lozingsdatum) zijn aangeleverd door COVRA

Tabel 3 bevat de gegevens van de door RIVM geanalyseerde vier ventilatieluchtmonsters uit 2023. De ventilatieluchtmonsters worden indien mogelijk op dezelfde dag opgehaald als de afvalwatermonsters.

Tabel 3 Monstergegevens ventilatielucht AVG in 2023

Nr.	Monsterperiode*	Ophaaldatum	datum gammaspectrometrie
1	24 – 31 jan	16 feb	16 feb
2	18 – 25 april	22 mei	22 mei
3	13 – 20 juni	30 juni	30 juni
4	19 – 26 sep	12 okt	13 okt

* Monstergegevens (monsterperiode) zijn aangeleverd door COVRA

De ophaaldata voor HABOG luchtmonsters komen overeen met de ophaaldata voor AVG monsters (zie Bijlage A, tabel A8). Daar in het HABOG niet tot nauwelijks kortlevende nucliden worden opgeslagen heeft de tabel met ophaaldata en data van analyse geen toegevoegde waarde en wordt hier niet opgenomen. In praktijk is het afval al enige tijd bij de betreffende aanleverende bedrijven in opslag geweest en hebben er mogelijk enkele bewerkingen plaatsgevonden. De monsterperiode voor HABOG ventilatielucht beslaat 2 weken. Doorgaans valt de laatste week van deze 2-wekelijkse periode samen met de monsterperiode van de AVG ventilatieluchtmonsters.

Lozingsgegevens

De herkomst van de lozingsgegevens is voor alle data in afvalwater het kwartaalrapport van COVRA [3]. De ventilatieluchtdata vanuit AVG en HABOG komen voor totaal alfa, totaal bèta en gamma eveneens uit dit kwartaalrapport. De bemonstering van deze parameters gebeurt met twee parallelle luchtstof-bemonsteringssystemen: één voor COVRA en één voor RIVM; zie Tabel 1 en bijlage B, par. 4.

Voor de bepaling van de ^3H en ^{14}C -activiteitsconcentratie in ventilatielucht gebruikt RIVM het deelvolumen dat per maand door de absorbers is gegaan. Dit gegeven staat niet in de kwartaalrapportages, maar wordt door COVRA apart bijgeleverd op Formulier FC109 (rev 0; d.d. 7-11-2001). Voor de ^{14}C bepaling wordt het totaalgewicht aan BaCO_3 gegeven, en het deel dat RIVM ter beschikking heeft gekregen; dit ten behoeve van de precipitatie van het uitgestookte CO_2 als carbonaat. Voor de ^3H bepaling in ventilatielucht wordt het deelvolumen (in ml) van de totale hoeveelheid uitgestookt H_2O eveneens apart bijgeleverd.

3 Analysemethoden

Het Centrum Veiligheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM/VLH) is voor een aantal verrichtingen geaccrediteerd door de RvA volgens NEN-EN-ISO-17025 (registratienummer L153). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties.

Indien mogelijk hanteert RIVM/VLH NEN-normen of ISO-normen. Voor gamma-spectrometrie wordt gewerkt conform NEN-EN-ISO 20042 [4]; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636 [5]. Waar er geen NEN- of ISO-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 en in ventilatielucht.

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door COVRA in 2023, zijn gereproduceerd in Bijlage B. De beschrijving van deze methoden is gelijk aan de methoden toegepast in voorgaande jaren [6]. De bepalingen aan het maandmonster ventilatielucht van HABOG zijn gelijk aan de bepalingen aan het AVG ventilatieluchtmonster.

In opdracht van ANVS worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503 [7] en KTA-1504 [8]) voor de uitvoering van de analyses aangehouden. Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die behaald moeten kunnen worden.

3.1 Tweevoudbepaling

RIVM 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. Het geheel wordt 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. Door ^{90}Sr als referentienuclide te gebruiken 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 telling. 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 afvalwatermonster worden twee monsters van 250 ml afgemeten. Elk van deze monsters wordt, ter voorkoming van het uitzakken van de radioactieve componenten bij gammaspectrometrische analyses met lange teltijden [10], in een teldoos gemengd met behangplaksel en geschud tot een homogene stijve massa is verkregen. De monsters worden gemeten, conform NEN-EN-ISO 20042, op een N-type halfgeleiderdetector gekoppeld aan een pulssorteerder met 8192 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 Genie2000 aan de hand van een nuclidenbibliotheek. Tabel A2 in Bijlage A toont de nucliden die hier in zitten.

Daarnaast wordt door het analyseprogramma melding gemaakt van pieken die wel gedetecteerd zijn in het spectrum maar die niet aan een 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 de COVRA voor radioactief verval, door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar 12.00 uur van de lozingsdatum.

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 [8]. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling

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

Deze methode is vastgelegd in VLH-H-004 (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 van maximaal 200 min uitgevoerd. Het telpreparaat bestaat uit 10,0 ml destillaat en 10,0 ml scintillatievloeistof (Ultima Gold LLT).

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-006: Handboek vloeistofscintillatietelling.

3.6 **Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in afvalwater**

De toegepaste ^{14}C -borrelmethode is geschikt voor het bepalen van het anorganisch en organisch ^{14}C in afvalwater [11]. Met ingang van januari 2012 wordt niet meer separaat anorganisch $^{14}\text{CO}_2$ uitgedreven door toevoegen van zuur. Het totaal aan anorganisch en organisch ^{14}C wordt onder zure omstandigheden geoxideerd met kaliumpermanganaat tot CO_2 en gedurende 5 uur uitgedreven. Het uitgedreven $^{14}\text{CO}_2$ wordt vervolgens geabsorbeerd door Carbo-Sorb E. Dit organische amine (3-methoxy-1-aminopropaan) is in staat om per ml Carbo-Sorb E circa 4 mmol CO_2 te absorberen door vorming van een niet vluchtig carbamaat. Door het ^{14}C , dat in het laatste uur geoxideerd en uitgeborreld wordt, in een apart telflesje op te vangen, kan vastgesteld worden of de oxidatie beëindigd is. Indien dit niet het geval is wordt de oxidatie de volgende dag voortgezet.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-006: Handboek vloeistofscintillatietelling.

3.7 **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 conform NEN 5636 [5]. 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. 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.

3.8 **Bepaling van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht**

Per analyse wordt van het filterpakket een te analyseren preparaat samengesteld bestaande uit het geponste (46 mm) aërosolfilter, de eerste laag DSM11-absorber en de eerste laag actieve kool. Van dit preparaat wordt een gamma-spectrum opgenomen en geanalyseerd op dezelfde wijze als dit bij afvalwater gebeurt conform NEN-EN-ISO 20042. Indien blijkt dat zich vluchtige nucliden in het preparaat bevinden dan worden alle vijf delen van het filterpakket afzonderlijk gemeten en geanalyseerd, dus ook de tweede laag DSM11-absorber en de tweede laag actieve kool. Er wordt gecorrigeerd voor radioactief verval door de activiteit van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar het midden van de monsterperiode ¹.

Voor de meetnauwkeurigheid wordt gerefereerd aan KTA 1503.1 [7]. Deze eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor ⁶⁰Co en ¹³¹I minder dan 20 mBq·m⁻³ bedraagt.

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

3.9 **Bepaling van de ³H-activiteitsconcentratie in ventilatielucht**

Na destillatie van het condensaat vanuit alkalisch milieu, wordt de ³H-concentratie bepaald met LSC als beschreven in paragraaf 3.5.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-006: Handboek vloeistofscintillatietelling.

3.10 **Bepaling van de ¹⁴C-activiteitsconcentratie in ventilatielucht**

COVRA vermeldt bij levering van de Ba¹⁴CO₃-neerslag het volume van de hiermee geassocieerde hoeveelheid ventilatielucht, zodat RIVM de volumieke activiteit kan berekenen. De BaCO₃-monsters worden ingewogen in een scintillatieflesje (maximaal 1,0 g monster); eventueel aangevuld met blanco BaCO₃-poeder tot een eindmassa van 1,0 g. Hieraan wordt 7 ml H₂O toegevoegd en, na goed mengen van het onoplosbare BaCO₃ met water, 13 ml Instagel Plus scintillatiecocktail. Na een uur wordt een LSC-telling uitgevoerd.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-006: Handboek vloeistofscintillatietelling.

De bepaling van ³⁵S wordt, mede in verband met de zeer grote onzekerheden, sinds van 2010 niet meer uitgevoerd [12].

3.11 **Onzekerheidsberekeningen**

De door RIVM opgegeven onzekerheid is het 1σ-schattingsinterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 [13] (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114 [14] (Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities). Indien de analyse in tweevoud is uitgevoerd wordt het gemiddelde en de

¹ De methode verschilt van die van COVRA (zie Bijlage B, figuur C1). Voor het kortst levende nuclide dat wordt aangetroffen (¹³¹I), geeft de RIVM-methode een 2% hogere waarde. Voor de overige nucliden is het verschil kleiner.

onzekerheid daarin gerapporteerd. Bij het schatten van de totale onzekerheid worden telonzekerheden, kalibratieonzekerheden en experimentele onzekerheden meegenomen, zoals beschreven in de bijbehorende handboeken. 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 onzekerheidsberekening.

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, en monster-voorbehandeling. Indien cascadeverval optreedt, wordt door APEX-GAMMA een correctiefactor berekend; dit leidt tot een extra bijdrage aan de onzekerheid van 2,5 %.

Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in afvalwater

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

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%.

Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater en ventilatielucht

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

Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in ventilatielucht

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

3.12 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door COVRA bepaalde activiteitsconcentraties worden overgenomen uit de kwartaalrapportages van COVRA [3] en zijn in deze rapportageperiode afgerond met de afrondingsregels zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047 [13]).

In het kort : afronding vindt plaats met de grootste decimale eenheid ($\dots 10; 1; 0,1; 0,01$) onder $1/2$ s. Voorbeeld : $48,42 \pm 0,58$. $\frac{1}{2} s = 0,29$; 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 [13]). De onzekerheid in dit verschil is:
 $s_{\Delta} = \sqrt{(s_{\text{NI}}^2 + s_{\text{RIVM}}^2)}$.

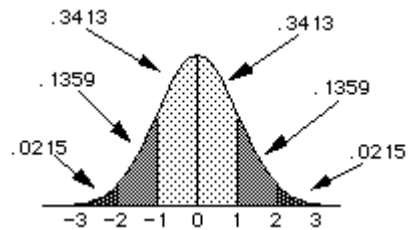
Deze manier van vergelijken komt overeen met een zeta-test die gebruikelijk is in het beoordelen van resultaten in ringonderzoeken. De vergelijking, zoals in dit rapport wordt uitgevoerd, valt niet onder het accreditatietoelicht van de afdeling VLH/SMA.

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 van belang, dat alle partijen (RIVM en NI's) een gedegen onzekerheidsberekening 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 1), dan kunnen de volgende frequenties of waarschijnlijkheden van voorkomen van de categorieën verwacht worden:

A1:	$ \Delta \leq s_{\Delta}$	$\sim 68\%$, ofwel circa 2 uit 3 ("Goed")
A2:	$s_{\Delta} < \Delta \leq 2 s_{\Delta}$	$\sim 27\%$, ofwel circa 1 uit 4 ("Goed")
B:	$2 s_{\Delta} < \Delta \leq 3 s_{\Delta}$	$\sim 4,3\%$, ofwel circa 1 uit 20 ("Redelijk")
C:	$3 s_{\Delta} < \Delta $	$\sim 0,26\%$, 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, onzekerheden.

4 Resultaten en discussie

Disclaimer - herkomst data en uitvoering van bemonstering.
 RIVM heeft de meetdata van COVRA overgenomen uit de lozingsrapportages en de kwartaal-rapportages [3]. De kwaliteit van deze data valt onder de verantwoordelijkheid van COVRA. In de tabellen in de Bijlage zijn alle data die aangeleverd zijn door COVRA gemarkeerd met "**COVRA**". De bemonstering van afvalwater en ventilatielucht is uitgevoerd door COVRA. Monstergegevens, lozingsdatum en monsterperiode, zijn aangeleverd door COVRA. 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 COVRA zijn te vinden in Bijlage A. De data van COVRA zijn overgenomen uit de kwartaalrapportages die COVRA elk kwartaal opstuurt naar RIVM [3]. In tabel A1 van deze bijlage zijn alleen die gammastralers opgenomen die zijn aangetoond. Indien een gammastraler wel door COVRA 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 paragraaf 3.11).

De activiteitsconcentratie van gammastralers in ventilatielucht zoals bepaald door RIVM en COVRA en de vergelijking daarvan staan in Tabel A5. In deze Tabellen staat onder de kop 'Pakket' '>' als RIVM in het pakket als geheel activiteit heeft aangetoond en anders '<'. RIVM meet de onderdelen van het pakket alleen in het eerste geval. Vanwege de gecompliceerde geometrie kan er door RIVM geen MDA waarde berekend worden in het pakket.

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie

Het resultaat van de vergelijking zoals beschreven in paragraaf 3.14 is in de tabellen over de periode 2023 vermeld in Bijlage A onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van COVRA met die van het RIVM is samengevat in Tabel 4. In deze tabellen 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.

4.2.1 Afvalwater – 2023

In 2023 is er door COVRA één afvalwaterbatch geloosd. Van deze batch is door RIVM een monster opgehaald en geanalyseerd; zie tabel 4. Aangezien het slechts één monster betreft wordt hier niet separaat de vergelijkingstabel, maar de gehele tabel met alle data gegeven.

Tabel 4 Vergelijking activiteitsconcentraties gammastralers, totaal alfa, totaal-bèta, 'rest-bèta' en ^{14}C ($\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$), en ^3H ($\text{MBq}\cdot\text{m}^{-3}$) in afvalwater in 2023.

Periode 2023	monster 1		
	RIVM	V	COVRA*
Na-22	< 0,5		0,20 ± 0,05
I-125	< 10		1,11 ± 0,19
Sb-125	< 2		0,30 ± 0,03
Cs-137	79 ± 4	A1	82 ± 6
Totaal-alfa	< 0,14		0,69 ± 0,14**
Tot./rest-b	100 ± 5	B	118 ± 5
H-3	0,182 ± 0,007	C	0,151 ± 0,005
C-14	4,4 ± 0,2	A2	5,0 ± 0,2

* Afronding van de data van COVRA vindt plaats volgens NEN 1047: de grootste decimale eenheid onder $\frac{1}{2}$ *meetonzekerheid (1s) bepaalt het aantal decimalen; paragraaf 3.14.

** Heranalyse door COVRA leidt voor totaal-alfa tot $0,11 \pm 0,02 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Gammaspectrometrie

Uit Tabel 4 blijkt dat het vergelijkingsresultaat van de gammameting door RIVM en COVRA goed is. Er is slechts het nuclide Cs-137 aangetroffen.

totaal alfa

De vergelijkingsresultaten voor totaal alfa in afvalwater: COVRA vindt $0,69 \pm 0,14 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ terwijl RIVM niets vindt boven de detectiegrens van $0,14 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$. Een heranalyse van COVRA aan hetzelfde monster leidt tot een totaal-alfa activiteitsconcentratie van $0,11 \pm 0,02 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$. Dit komt goed overeen met de waarde van RIVM.

Totaal-bèta (RIVM) en rest-bèta (COVRA)

De overeenstemming in de rest-bèta meting van COVRA en de totaal bèta meting van RIVM is redelijk. RIVM past gasdoorstroomtelling toe op een drooggedampt residu en COVRA past vloeistofscintillatietelling toe.

tritium

De overeenstemming in het tritium resultaat van COVRA en RIVM is matig met een C in 2023.

^{14}C

RIVM bepaalt net als COVRA het *totaal* aan ^{14}C in het afvalwatermonster. Er wordt geen verschil gemaakt tussen anorganisch ^{14}C , dat als ^{14}C -carbonaat in het monster aanwezig is, en organisch- ^{14}C dat pas na een oxidatiereactie omgezet wordt in $^{14}\text{CO}_2$. Het vergelijkingsresultaat in monster 1 is goed met een A2.

Resultaat van COVRA en RIVM in Abwasser ringonderzoek 2023

In het BfS-ringonderzoek [1] in 2023 hebben COVRA en RIVM in 2023 in Modellwasser ^3H bepaald met voor beiden slechts een geringe afwijking van de doelwaarde van 2%, respectievelijk, -3 %. De bepaling van ^{60}Co en ^{137}Cs in Modellwasser hebben COVRA en RIVM beide binnen 3% en 4% van de doelwaarde voor ^{137}Cs en, respectievelijk, ^{60}Co bepaald. De vergelijking van de resultaten met de doelwaarde van deze bepalingen is goed.

4.2.1 Ventilatielucht AVG - 2023

In 2023 zijn door RIVM en COVRA vier ventilatieluchtmonsters geanalyseerd van AVG (zie tabellen A3 – A6). Tabel 5 geeft een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de bepaalde grootheden. Uit deze tabel is tevens af te lezen of er meer of minder resultaten in een categorie vallen dan verwacht.

In Tabel A7 zijn als indicatie van de bereikte meetnauwkeurigheid, gelet op de eisen die daaraan gesteld worden in KTA 1503.1 [7], de gerealiseerde detectielimieten voor ^{125}I , ^{60}Co , ^{131}I en voor de totaal alfa- en totaal bèta activiteitsconcentratie weergegeven.

gammaspectrometrie

RIVM en COVRA troffen in de AVG ventilatieluchtpakketten beide geen gamma-activiteit aan in alle onderdelen van het filterpakket: het aerosolfilter, de DSM-11 zeolietabsorber, en het koolpatroon.

totaal alfa en totaal-bèta

Er is zowel door COVRA als door RIVM geen totaal-alfa activiteit en geen totaal-beta activiteit aangetroffen in AVG ventilatielucht.

Tabel 5 Samenvatting van de vergelijkingsresultaten voor ^{125}I , totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht AVG

Filternr.	1	2	3	4	MDA (mBq.m ⁻³)
Aerosolfilter	<	<	<	<	0,4 – 1,0
DSM11-1	<	<	<	<	1 – 3
Kool-1	<	<	<	<	1 – 2
Totaal-α	<	<	<	<	0,01 – 0,02
Totaal-β	<	<	<	<	0,03

'<' = < MDA (minimum detectable activity); zie Bijlage A, tabel A7.

AVG : Tritium en ^{14}C

In de vier AVG-maandmonsters toonden zowel RIVM als COVRA ^3H aan (zie tabel A6); de ^3H vergelijking was goed met tweemaal A1, en tweemaal A2 (zie tabel 6).

RIVM vond ^{14}C in de vier AVG ventilatieluchtmonsters bij zeer lage activiteits-concentraties van 0,14 – 0,32 Bq.m⁻³ ; in 2 monsters vond COVRA ook ^{14}C . De vergelijking was goed met tweemaal A2.

Tabel 6 vergelijking van RIVM- en COVRA-meetresultaten voor ^3H en ^{14}C in maandmonsters van ventilatielucht van AVG in 2023 (Bq.m⁻³)

Maand	^3H	^{14}C
Februari	A1	< MDA
Mei	A2	A2
Augustus	A1	A2
December	A2	< MDA

'<' = < MDA (minimum detectable activity); zie Bijlage A, tabel A6.

4.2.2 Ventilatielucht HABOG - 2023

In 2023 zijn door RIVM en COVRA vier ventilatieluchtmonsters geanalyseerd van HABOG (zie tabellen A8 – A11). Omdat in het HABOG alleen kunstmatige (en lang levende) nucliden zijn opgeslagen, worden de gemeten waarden door COVRA gecorrigeerd voor natuurlijke nucliden

afkomstig uit de buitenlucht. De alfa- en bèta emissie is gecorrigeerd door de waarde te verminderen met de waarde gemeten in de luchtinlaat van het AVG. De gammameting is nuclidespecifiek, de natuurlijke nucliden, met name Rn-222 en dochters, zijn niet in de emissieberekening meegenomen.

COVRA en RIVM vonden beide geen ^{125}I of andere kunstmatige gammastralers in HABOG ventilatielucht. Tevens is er in geen van de vier monsters een totaal alfa of totaal bèta activiteit in de HABOG ventilatieluchtmonsters aangetroffen.

RIVM en COVRA vonden beide een geringe ^3H activiteit (in de range van $5\text{--}11\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) in de vier HABOG ventilatieluchtmonsters; zie tabellen A10 en A11. Met driemaal A1, en een A2 is de overeenstemming goed. De activiteitsconcentratie van ^{14}C in de HABOG ventilatieluchtmonsters is erg laag ($0,3\text{--}0,8\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$). De overeenstemming is redelijk/goed met driemaal een A1 en een C.

Tabel 7 vergelijking van RIVM- en COVRA-meetresultaten voor ^3H en ^{14}C in maandmonsters van ventilatielucht van HABOG in 2023

Maand	^3H	^{14}C
Februari	A1	C
Mei	A2	A1
Augustus	A1	A1
December	A1	A1

4.3 Conclusie: algemeen oordeel over de contra-expertise resultaten

Het totaal van alle vergelijkingsresultaten heeft zich vergelijkbaar met voorgaande jaren min of meer volgens de statistische verwachting verdeeld over de vergelijkingscriteria A1-A2-B-C. Dit geeft aan dat de onderzoeksresultaten in 2023 zich goed laten vergelijken.

Ter wille van de overzichtelijkheid is in Tabel 8 een overzicht gegeven van de uitgevoerde contra-expertise in 2023.

Tabel 8 Overeenstemming tussen de COVRA en RIVM resultaten in 2023

Parameter	Afvalwater	Ventilatielucht AVG	Ventilatielucht HABOG
Totaal-alfa		<	<
Totaal-beta / rest -beta	redelijk	<	<
Gammaspectrometrie	Goed	<	<
Tritium	Matig	Goed	Goed
Koolstof-14	Goed	Goed	Redelijk/Goed

'<' = < MDA (minimum detectable activity).

5 Bijlage A Vergelijking resultaten RIVM en COVRA, 2023

Disclaimer - herkomst data en uitvoering van bemonstering.

RIVM heeft de meetdata van COVRA overgenomen uit de kwartaalrapportages [3]. De kwaliteit van deze data valt onder de verantwoordelijkheid van COVRA. In de tabellen in de Bijlage zijn alle data die aangeleverd zijn door COVRA gemarkeerd met "**COVRA**". De bemonstering van afvalwater en ventilatielucht is uitgevoerd door COVRA. Monstergegevens, lozingsdatum en monsterperiode, zijn aangeleverd door COVRA. De resultaten van de bepalingen van RIVM zijn alleen van toepassing op de ontvangen monsters.

COVRA afvalwater 2023

Alle meetdata afkomstig van de kwartaalrapportages van COVRA zijn aangegeven in de kolom met erboven in vette en cursieve letters "**COVRA**". Zie de disclaimer in Hoofdstuk 4.

Tabel A1 Vergelijking activiteitsconcentraties gammastralers, totaal alfa, totaal-bèta, 'rest-bèta' en 14C (kBq.m-3), en 3H (MBq.m-3) in afvalwater in 2023. RIVM en COVRA bepalen beide totaal 14C.

Periode 2023	monster 1		
	RIVM	V	COVRA*
Na-22	< 0,5		0,20 ± 0,05
I-125	< 10		1,11 ± 0,19
Sb-125	< 2		0,30 ± 0,03
Cs-137	79 ± 4	A1	82 ± 6
Totaal-alfa	< 0,14		0,69 ± 0,14**
			0,11 ± 0,02
Tot./rest-b	100 ± 5	B	118 ± 5
H-3	0,182 ± 0,007	C	0,151 ± 0,005
C-14	4,4 ± 0,2	A2	5,0 ± 0,2

* Afronding van de data van COVRA vindt plaats volgens NEN 1047: de grootste decimale eenheid onder $\frac{1}{2}$ *meetonzekerheid (1s) bepaalt het aantal decimalen. Voorbeeld : indien de meetonzekerheid 0,832 is ($\frac{1}{2}$ *meetonzekerheid is 0,416) is de grootste decimale eenheid (=100/10/1/0,1/...) 0,1. Dus afronden op tienden.

** Heranalyse door COVRA leidt voor totaal-alfa tot $0,11 \pm 0,02$ kBq.m⁻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^{7,8}

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden⁸

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

COVRA ventilatielucht AVG 2023

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

Periode 2023	Pakket	Nuclide	Aerosolfilter		koolpatroon	
			RIVM	COVRA	RIVM	COVRA
24 – 31 jan	<	¹²⁵ I	< 1,1	<0,5	< 1,6	< 1,1
18 – 25 april	<	¹²⁵ I	< 1,1	<0,5	< 1,6	< 1,1
13 – 20 juni	<	¹²⁵ I	< 1,6	<0,5	< 1,6	< 1,1
19 – 26 sep	<	¹²⁵ I	< 1,5	<0,5	< 1,6	< 1,1

De MDA van RIVM voor I-125 bedroeg 1-2 mBq·m⁻³. Zowel RIVM als COVRA hebben in de beide zeolietpatronen van alle monsters geen gammastralers aangetroffen: MDA I-125 RIVM < 1,3-2,0 mBq·m⁻³; MDA voor Co-60 van COVRA < 1,0 mBq·m⁻³.

Tabel A4 Vergelijking van de activiteitsconcentratie meetresultaten totaal alfa en totaal bèta in ventilatielucht AVG in 2023 (mBq·m⁻³)

Nr.	2023 Monsterperiode	Totaal-alfa		Totaal-beta	
		RIVM	COVRA	RIVM	COVRA
1	24 – 31 jan	< 0,012	< 0,02	< 0,03	< 0,07
2	18 – 25 april	< 0,011	< 0,02	< 0,03	< 0,07
3	13 – 20 juni	< 0,011	< 0,02	< 0,03	< 0,07
4	19 – 26 sep	< 0,012	< 0,02	< 0,03	< 0,07

Tabel A5 Meetresultaten ^3H in ventilatielucht AVG
in 2023 ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Periode	^3H		
2023	RIVM	V	COVRA
Februari	$1,98 \pm 0,19$	A1	$2,0 \pm 0,2$
Mei	$1,72 \pm 0,16$	A2	$2,09 \pm 0,11$
Augustus	$4,4 \pm 0,2$	A1	$4,5 \pm 0,3$
December	$22,1 \pm 0,8$	A2	$23,8 \pm 0,8$

Tabel A6 Meetresultaten ^{14}C in ventilatielucht AVG
in 2023 ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Periode	^{14}C		
2023	RIVM	V	COVRA
Februari	$0,110 \pm 0,017$		$< 0,10$
Mei	$0,177 \pm 0,017$	A2	$0,14 \pm 0,02$
Augustus	$0,37 \pm 0,02$	A2	$0,32 \pm 0,03$
December	$0,112 \pm 0,016$		$< 0,10$

Tabel A7 Detectielimieten, bereikt bij de monsters ventilatielucht ($\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$)

	Detectiegrens RIVM	Detectiegrens COVRA
^{125}I (pakket)	2,0–7,0	
^{60}Co (pakket) ^{a)}	0,4 – 1,0	0,5
^{60}Co (aërosol) ^{a)}	0,3	0,5
^{125}I (DSM-11) ^{b)}	1-3	1,0 ^{c)}
^{125}I (act.kool.) ^{b)}	1-2	1,1 ^{c)}
Totaal alfa	0,01–0,02	0,02
Totaal-bèta	0,03	0,05

^{a)} KTA 1503.1 eist dat de detectielimiet voor aërosolgebonden ^{60}Co in ventilatielucht maximaal $20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ is

^{b)} KTA 1503.1 eist dat de detectielimiet voor ^{131}I in ventilatielucht maximaal $20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ is. Door het tijdsverloop tussen het verzamelen van radioactief afval bij een klant, het transport naar COVRA en het verwerken bij COVRA zit er vrijwel geen I-131 meer in het afval. Vandaar is besloten om de detectiegrens van het langer levende jodium isotoop I-125 als richtinggevend te nemen.

^{c)} COVRA bepaalt de detectielimiet voor ^{131}I in DSM-11 en actieve kool aan de hand van ^{60}Co

COVRA ventilatielucht HABOG 2023

Tabel A8 Meetresultaten in 2023 voor gammaspectrometrie
in ventilatielucht HABOG ($\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Periode in 2023	Nuclide	Aërosolfilter		Kool-1	
		RIVM	V COVRA*	RIVM	V COVRA*
17 - 31 jan	^{125}I	< 0,4	< 0,3	< 1,4	< 0,4
11 - 25 april	^{125}I	< 0,6	< 0,3	< 3	< 0,4
6 juni - 20 juni	^{125}I	< 0,9	< 0,3	< 0,8	< 0,4
12 - 26 sept	^{125}I	< 0,6	< 0,3	< 1,5	< 0,4

MDA van RIVM voor ^{125}I in aerosolfilter : $0,3 - 1,2 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$

MDA van RIVM voor ^{125}I in kool : $0,4 - 1,9 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$. Door het tijdsverloop tussen het verzamelen van radioactief afval bij een klant, het transport naar COVRA en het verwerken bij COVRA zit er vrijwel geen I-131 meer in het afval. Vandaar is besloten om de detectiegrens van het langer levende jodium isotoop I-125 als richtinggevend te nemen.

* COVRA bepaalt de MDA met ^{60}Co volgens KTA. De MDA van overige nucliden is hieraan gerelateerd, maar heeft niet dezelfde absolute waarde.

Tabel A9 Meetresultaten in 2023 voor totaal alfa en totaal bèta
in ventilatielucht HABOG ($\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Nr.	2023 Monsterperiode	Totaal-alfa		Totaal-beta	
		RIVM	V COVRA	RIVM	V COVRA
1	17 - 31 jan	< 0,008	< 0,02	< 0,02	< 0,07
2	11 - 25 april	< 0,008	< 0,02	< 0,02	< 0,07
3	6 juni - 20 juni	< 0,008	< 0,02	< 0,02	< 0,07
4	12 - 26 sept	< 0,007	< 0,02	< 0,02	< 0,07

Tabel A10 Meetresultaten in 2023 voor ^3H
in ventilatielucht HABOG ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Periode 2023	RIVM	^3H	
		V	COVRA
Februari	$4,3 \pm 0,2$	A1	$4,7 \pm 0,4$
Mei	$14,7 \pm 0,5$	A2	$15,7 \pm 0,6$
Augustus	$16,0 \pm 0,6$	A1	$16,0 \pm 0,6$
December	$6,7 \pm 0,3$	A1	$6,7 \pm 0,4$

Tabel A11 Meetresultaten in 2023 voor ^{14}C
in ventilatielucht HABOG ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Periode 2023	RIVM	^{14}C	
		V	COVRA
Februari	$0,28 \pm 0,02$	C	$0,17 \pm 0,02$
Mei	$0,83 \pm 0,04$	A1	$0,85 \pm 0,08$
Augustus	$0,66 \pm 0,03$	A1	$0,68 \pm 0,06$
December	$0,33 \pm 0,02$	A1	$0,30 \pm 0,03$

6 Bijlage B Monsternamen en analyse van afvalwater en ventilatielucht door COVRA

Procedures geldig ten tijde van rapportageperiode 2023.

1. Monsternamen AVG

1.1 Afvalwater

Het afvalwater wordt verzameld in opslagtanks. Na reiniging van het afvalwater komt dit water in een lozingstank. Hierna vindt lozing plaats op de Westerschelde. Tijdens de lozing neemt COVRA 2 monsters van elk 2 l dmv een proportioneel bemonsteringssysteem dat geïntegreerd is in de lozingsleiding. In de fles zit een zuur ter voorkoming van inhomogeniteit en een drageroplossing om adsorptie aan de fleswand te voorkomen. Eén fles is voor RIVM en de ander voor COVRA.

1.2 Ventilatielucht

De geloosde ventilatielucht wordt via een isokinetisch bemonsteringssysteem continu naar twee parallel opgestelde filterpakketten geleid. Eén pakket is bedoeld voor analyse door RIVM en de andere is voor COVRA. Sinds mei 1999 zijn de filterpakketten identiek dwz een glasvezelfilter, twee DSM 11 lagen en twee actieve kool lagen. Eenmaal per week worden de patronen vernieuwd. Ook wordt de geloosde ventilatielucht bemonsterd voor de bepaling op H-3 en C-14. Dit gebeurt door de ventilatielucht gedurende één maand door een patroon te leiden die gevuld is met adsorptiemiddel (zeolietkorrels). Doordat gebruik wordt gemaakt van katalytische oxidatie wordt alle H-3 en C-14 (dus niet alleen de H₂O en CO₂ gebonden) bemonsterd. Hierna wordt het adsorptiemiddel vervangen door 'schone' nieuwe.

2. Monsternamen HABOG

Ventilatielucht

De geloosde ventilatielucht wordt via een isokinetisch bemonsteringssysteem continu naar twee parallel opgestelde filterpakketten geleid. Eén pakket is bedoeld voor analyse door RIVM en de andere is voor COVRA. Deze filterpakketten zijn identiek dwz een glasvezelfilter en twee actieve kool lagen. Eenmaal per 2 weken worden de patronen vernieuwd. Ook wordt de geloosde ventilatielucht bemonsterd voor de bepaling op H-3 en C-14. Dit gebeurt door de ventilatielucht gedurende één maand door een patroon te leiden die gevuld is met adsorptiemiddel (zeolietkorrels). Doordat gebruik wordt gemaakt van katalytische oxidatie wordt alle H-3 en C-14 (dus niet alleen de H₂O en CO₂ gebonden) bemonsterd. Hierna wordt het adsorptiemiddel vervangen door 'schone' nieuwe.

3. Analyses AVG

3.1 Afvalwater

Gamma: mbv een high purity Ge detector. Ter voorkoming van het uitzakken v/d radioactieve componenten wordt 500 ml afvalwater gegeleerd met 15 g behangplaksel in een marinelli-beker. De marinellibeker regelmatig schudden. Na 24 uur kan de marinellibeker met het monster gemeten worden. De meettijd bedraagt 480 min. Voor de kalibratie wordt gebruikt gemaakt van een bekende hoeveelheid activiteit in 500 ml demiwater en 15 g behangplaksel. Genie2K berekent ook de onzekerheid in de meting. Tevens kunnen alle andere onzekerheids, zoals kalibratieonzekerheid en experimentele onzekerheid, als randomonzekerheid worden ingegeven zodat er op de print een totaal 1σ -onzekerheid ontstaat.

Totaal alfa: Maximaal 20 ml afvalwater wordt drooggedampt in een roestvrij stalen schaalte met een diameter van 50 mm. Dit gebeurt door porties van 5 ml bij een temperatuur van $\pm 70^\circ\text{C}$ te drogen. Nieuw afvalwater wordt pas toegevoegd nadat het schaalte helemaal droog is. De bepaling wordt in duplo uitgevoerd. Om de telopbrengst te bepalen wordt 50 μl Am-241 standaard aan 100 ml afvalwater toegevoegd. 20 ml van deze oplossing wordt op dezelfde manier drooggedampt. De monsters en standaarden worden hierna 4 x 720 min. gemeten mbv een proportionele gasdoorstroomteller (Berthold LB770). De telopbrengst wordt berekend uit het verschil in de resultaten van de beide telpreparaten en de toegevoegde activiteit aan Am-241. De onzekerheid in de bepaling is groot omdat we bij alfa te maken hebben met zelfabsorptie. Ook de hele monstervoorbereiding is redelijk onzekerheidsgevoelig. Afhankelijk van de concentratie komt hier nog de telonzekerheid bij. De totale 1σ -onzekerheid zal minimaal rond de 15% liggen en kan, monster afhankelijk, nog hoger zijn.

Tritium: breng in een bekersglas van 100 ml, ± 30 ml afvalwater en voeg 0,5 g Na_2CO_3 toe om het alkalisch te maken. Hierna wordt het monster verwarmd tot koken. Nadat er ± 10 ml is verdampt wordt er een opvangvatje in het bekersglas gezet en wordt de verwarming lager gezet zodat het monster langzaam verdampt. Boven op het bekersglas wordt een rondbodempkolf, gevuld met water, geplaatst. De damp zal nu condenseren en in het vatje vallen. We koken totdat er minimaal 10 ml in het opvangvatje zit. De bepaling wordt in duplo uitgevoerd. Af laten koelen tot kamertemperatuur. Hierna 10 ml pipetteren in een telflesje en 10 ml Ultima Gold XR toevoegen. De monsters en een blanco (= 10 ml demiwater + 10 ml UG-XR) 120 min. meten op de LSC. De totale onzekerheid is samengesteld uit de telonzekerheid, de kalibratieonzekerheid en een experimenteleonzekerheid. De totale 1σ -onzekerheid bedraagt minimaal 2%.

Koolstof-14: Bepaling dmv de C-14 borrelmethode. Breng in een driehalsrondbodempkolf 100 ml afvalwater. Vul aan met demiwater tot 200 ml. Opstelling maken volgens voorschrift: Bep. C-14 in afvalwater. In het telflesje zit 9,5 ml Carbosorb-E. Hierna 3 ml H_2SO_4 (geconc.) toevoegen en koken. Na ong 30 minuten, 30 ml KMnO_4 (75 g/l) toevoegen en 6 uur koken. We bepalen nu alle C-14. Hierna het telflesje vervangen door een nieuwe, gevuld met 7 ml Carbosorb-E en nog een

uur koken. Dit flesje is om er zeker van te zijn dat alle C-14 is geoxideerd. Voeg aan beide flesjes 10 ml Instagel-plus toe. De monsters 3 x 120 min. meten op de LSC. Als er in flesje 2 meer dan 3 % zit van flesje 1, dan moet er de andere dag nog 2 uur extra gekookt worden. De totale onzekerheid is samengesteld uit de telonzekerheid, de kalibratieonzekerheid en een experimenteleonzekerheid. De totale 1σ -onzekerheid bedraagt minimaal 3%.

Rest- β : breng in een telflesje 10 ml afvalwater en voeg 10 ml Ultima-Gold XR toe. Meet 120 min. op de LSC. De telopbrengst voor deze bepaling is 53 %, waarbij we gebruik maken van referentienuclide Cl-36. Dit geldt bij een kanaalinstelling van 50 tot 2000 keV. We wijken hierbij af van de NEN norm: NEN 6421. Hier is de rest- β activiteit omschreven als: de totale β activiteit min de K-40 activiteit. De totale onzekerheid is samengesteld uit de telonzekerheid, de kalibratieonzekerheid en een pipetteeronzekerheid. De totale 1σ -onzekerheid bedraagt minimaal 3%.

3.2 Ventilatielucht

Gamma: mbv een high purity Ge detector. Het filter, de eerste DSM 11 laag en de eerste kool laag worden apart gemeten. Indien er in de eerste laag DSM 11 of kool activiteit gemeten wordt, dan wordt ook de tweede laag gemeten. De meettijd bedraagt 100 min. per laag. Voor alle drie verschillende lagen is een kalibratie gemaakt mbv een bekende hoeveelheid activiteit. De activiteitconcentraties worden berekend met Genie2K van de firma Canberra. De instelling voor de meetperiode gebeurt door desorption te kiezen waardoor de begin- en einddatum ingevuld kan worden. Bij desorption wordt er gecorrigeerd voor verval tijdens de meetperiode.

Genie2K berekent ook de onzekerheid in de meting. Tevens kunnen alle andere onzekerheids, zoals kalibratieonzekerheid en experimenteleonzekerheid, als random onzekerheid worden ingegeven zodat er op de print een totaal 1σ -onzekerheid ontstaat.

Totaal alfa en totaal bèta: uit het glasvezelfilter wordt een schijf geponst met een diameter van 59 mm. De monsters worden hierna 4 x 720 min. gemeten mbv een proportionele gasdoorstroomteller (Tennelec LB4100) Voor de bepaling van de telopbrengst is op een schoon filter een bekende hoeveelheid activiteit gebracht. Voor alfa mbv Am-241 en bèta mbv Cl-36. We krijgen dan voor alfa een telopbrengst van 22% en voor bèta een telopbrengst van 48%. De onzekerheden bij deze bepaling wordt bijna geheel bepaald door de telonzekerheid omdat de gemeten waarden heel laag zijn. Experimenteel is deze onzekerheid opnieuw bepaald en voor alfa vastgesteld op 20% en voor bèta op 10%.

Tritium: het adsorptiemiddel wordt bij 350 °C uitgestookt. Dit gebeurt onder doorleiding van stikstof. Hierbij ontstaat waterdamp waarin zich het tritium bevindt. Door condensatie, dmv een 'koude val', wordt dit water afgevangen. Dit water wordt aangevuld tot 50 ml en hiervan bewaren we 10 ml voor het RIVM. Hierna 10 ml pipetteren in een telflesje en 10 ml Ultima Gold XR toevoegen. De monsters en een blanco (= 10 ml demiwater + 10 ml UG-XR) 10x 120 min. meten dmv LSC. Hierna wordt het gemiddelde bepaald.

De totale onzekerheid is samengesteld uit de telonzekerheid, de kalibratieonzekerheid en een experimentele onzekerheid. De totale 1σ -onzekerheid bedraagt minimaal 4%.

Koolstof-14: bij het uitstoken van tritium wordt het stikstof, na de koude val, door een verzadigde $\text{Ba}(\text{OH})_2$ – opl. geleidt. Hierbij ontstaat BaCO_3 neerslag. Dit neerslag wordt 2 uur gedroogd bij 300 °C en na afkoelen wordt het totaal gewicht bepaald. Hierna wordt het neerslag tot poeder vermalen en weegt COVRA 1,000 g af. De rest gaat naar RIVM. Aan het neerslag wordt 7 ml water toegevoegd en goed gemengd. Hierna wordt 13 ml Instagel-Plus toegevoegd. Na 2 uur de monsters en een blanco (= 1 g zuiver BaCO_3 + 7 ml water + 13 ml Instagel Plus) 10x 120 min. meten dmv LSC. Hierna wordt het gemiddelde bepaald.

Het is mogelijk dat er tijdens de monsternamen ook S-35 wordt neergeslagen. Daarom wordt na 3 maanden het monster nogmaals geteld. Het verschil in de tellingen is de bijdrage van S-35. Vervolgens wordt de werkelijk geloosde C-14 activiteit berekend.

De totale onzekerheid is samengesteld uit de telonzekerheid, de kalibratie onzekerheid en een experimentele onzekerheid. De totale 1σ -onzekerheid bedraagt minimaal 6%. De experimentele onzekerheid is bij deze bepaling het grootst. Er moeten veel handelingen verricht worden voordat het monster gereed is.

4. Analyses HABOG

Ventilatielucht

Gamma: mbv een high purity Ge detector. Het filter en de eerste kool laag worden apart gemeten. Indien er in de eerste laag kool activiteit gemeten wordt, dan wordt ook de tweede laag gemeten. De meettijd bedraagt 100 min. per laag. Voor beide verschillende lagen is een kalibratie gemaakt mbv een bekende hoeveelheid activiteit. De activiteitconcentraties worden berekend met Genie2K van de firma Canberra. De instelling voor de meetperiode gebeurt door desorption te kiezen waardoor de begin- en einddatum ingevuld kan worden. Bij desorption wordt er gecorrigeerd voor verval tijdens de meetperiode. Genie2K berekent ook de onzekerheid in de meting. Tevens kunnen alle andere onzekerheids, zoals kalibratieonzekerheid en experimentele onzekerheid, als random onzekerheid worden ingegeven zodat er op de print een totaal 1σ -onzekerheid ontstaat.

Totaal alfa en totaal bèta: uit het glasvezelfilter wordt een schijf geponst met een diameter van 59 mm. De monsters worden hierna 4 x 720 min. gemeten mbv een proportionele gasdoorstroomteller (Berthold LB770) Voor de bepaling van de telopbrengst is op een schoon filter een bekende hoeveelheid activiteit gebracht. Voor alfa mbv Am-241 en bèta mbv Cl-36 . We krijgen dan voor alfa een telopbrengst van 22% en voor bèta een telopbrengst van 48%.

De onzekerheden bij deze bepaling wordt bijna geheel bepaald door de telonzekerheid omdat de gemeten waarden heel laag zijn. Experimenteel is deze onzekerheid, recentelijk opnieuw bepaald, en voor alfa vastgesteld op 20% en voor bèta op 10%.

Tritium: het adsorptiemiddel wordt bij 350 °C uitgestookt. Dit gebeurt onder doorleiding van stikstof. Hierbij ontstaat waterdamp waarin zich

het tritium bevindt. Door condensatie, mbv een 'koude val', wordt dit water afgevangen. Dit water wordt aangevuld tot 50 ml en hiervan bewaren we 10 ml voor het RIVM. Hierna 10 ml pipetteren in een telflesje en 10 ml Ultima Gold XR toevoegen. De monsters en een blanco (= 10 ml demiwater + 10 ml UG-XR) 10x 120 min. meten dmv LSC. Hierna wordt het gemiddelde bepaald. De totale onzekerheid is samengesteld uit de telonzekerheid, de kalibratieonzekerheid en een experimentele onzekerheid. De totale 1σ -onzekerheid bedraagt minimaal 4%.

Koolstof-14: bij het uitstoken van tritium wordt het stikstof, na de koude val, door een verzadigde $\text{Ba}(\text{OH})_2$ – opl. geleid. Hierbij ontstaat BaCO_3 neerslag. Dit neerslag wordt 2 uur gedroogd bij 300 °C en na afkoelen wordt het totaal gewicht bepaald. Hierna wordt het neerslag tot poeder vermalen en weegt COVRA 1,000 g af. De rest gaat naar RIVM. Aan het neerslag wordt 7 ml water toegevoegd en goed gemengd. Hierna wordt 13 ml Instagel-Plus toegevoegd. Na 2 uur de monsters en een blanco (= 1 g zuiver BaCO_3 + 7 ml water + 13 ml Instagel Plus) 10x 120 min. meten dmv LSC. Hierna wordt het gemiddelde bepaald. Het is mogelijk dat er tijdens de monsternamen ook S-35 wordt neergeslagen. Daarom wordt na 3 maanden het monster nogmaals geteld. Het verschil in de tellingen is de bijdrage van S-35. Vervolgens wordt de werkelijk geloosde C-14 activiteit berekend. De totale onzekerheid is samengesteld uit de telonzekerheid, de kalibratie onzekerheid en een experimentele onzekerheid. De totale 1σ -onzekerheid bedraagt minimaal 6%. De experimentele onzekerheid is bij deze bepaling het grootst. Er moeten veel handelingen verricht worden voordat het monster gereed is.

Referenties

- ¹ S. Hofmann, K. Schmidt, C. Wittwer. *Abwasser aus kerntechnischen Anlagen, Ringversuch 2023*, November 2023, Bundesamt für Strahlenschutz, Duitsland, www.bfs.de.
- ² A3.1 Ondersteuning Inspectie en Monitoring, Contra expertise metingen nucleaire installaties. M/390220/23/CE – Jaarplan 2023; aangepaste versie op 12-1-2023 akkoord bevonden.
- ³ Kwartaalrapporten – 2023 van M. de Nood, COVRA.
COVRA NV, Kwartaalrapport 1^e kwartaal 2023. COVRA-rapport nr. 23.064, 30 juni 2023.
COVRA NV, Kwartaalrapport 2^e kwartaal 2023. COVRA-rapport nr. -rapport nr. 23.092, 29 september 2023.
COVRA NV, Kwartaalrapport 3^e kwartaal 2023. COVRA-rapport nr. rapport nr. 23.132, 22 december 2023.
COVRA NV, Kwartaalrapport 4^e kwartaal 2023. COVRA-rapport nr. rapport nr. 24.018, 27 februari 2024.
- ⁴ NEN-EN-ISO 20042. Measurement of radioactivity - Gamma-ray emitting radionuclides - Generic test method using gamma-ray spectrometry.
- ⁵ 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.
- ⁶ Kwakman PJM. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van COVRA. Periode 2022. RIVM Rapport 2023-0386.
- ⁷ 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, 2016-11.
- ⁸ KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2017-11.
- ⁸ NEN 6421. Water - Bepaling van de volumieke totale bèta-activiteit en volumieke rest-bèta-activiteit van niet-vluchtige bestanddelen. Nederlands Normalisatie Instituut (NEN), Delft.
- ¹⁰ Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Bij brief 1364/90 LSO Sm/eh d.d. 18 september 1990.
- ¹¹ Hiemstra YS, Kwakman PJM, Nissan LA, Aldenkamp FJ. Bepaling van ¹⁴C in afvalwater. RIVM rapportnr. 610330004. Bilthoven, 1998.
- ¹² Kwakman PJM, Overwater RMW. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van COVRA. Periode 2012. RIVM Rapport 300002002/2013.
- ¹³ NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1991.
- ¹⁴ NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 2e druk, augustus 1990.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

februari 2025

De zorg voor morgen
begint vandaag