



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

**Contra-expertise op bepalingen van
radio-activiteit van afvalwater en
ventilatielucht van COVRA N.V.**

Periode 2006

RIVM rapport 610330124/2012

P.J.M. Kwakman | R.M.W. Overwater



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

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

Periode 2006

RIVM Rapport 610330124/2012

Colofon

© RIVM 2012

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'.

De heer dr. P.J.M. Kwakman (Senior Wet. Medew. Chemie), RIVM
De heer dr. R.M.W. Overwater (Senior Wet. Medew. Fysica), RIVM

Contact:

De heer dr. P.J.M. Kwakman
Laboratorium voor Stralingsonderzoek
pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM Inspectie Kernfysische
Dienst, in het kader van project 610330, Site Monitoring Straling

Rapport in het kort

Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van COVRA N.V. Periode 2006

Het RIVM controleert achtmaal per jaar de metingen van COVRA . Het gaat hierbij om lozingen van radioactiviteit in water en lucht. De contra-expertise onderbouwt de betrouwbaarheid van de analyses die COVRA uitvoert. Doorgaans komen de afvalwateranalyses goed overeen, zo ook de gamma-spectrometriresultaten, de totaal-alfa, ^3H en ^{14}C resultaten in 2006. Een enkel verschil in 2006 betreft een lage activiteitsconcentratie voor ^{22}Na in afvalwater. De verschillen in enkele totaal-bèta meetwaarden van RIVM en de rest-bèta meetwaarden van COVRA zijn acceptabel, mede gezien het feit dat RIVM en COVRA verschillende meetprincipes toepassen.

De meetresultaten in ventilatieluchtmonsters komen goed overeen.

Het RIVM heeft in 2006 zes afvalwatermonsters en acht monsters van ventilatielucht geanalyseerd, die verspreid over het jaar door COVRA zijn genomen. Opdrachtgever is de Kernfysische Dienst van het ministerie van VROM.

Trefwoorden:

COVRA, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

Abstract

Contra-expertise on the determination of radioactivity of waste water and ventilation air of COVRA N.V. Period 2006.

Within the framework of a monitoring programme, the RIVM measures the release of radioactivity into the waste water and atmosphere of COVRA N.V. Measurements are carried out eight times per year. This form of counter-expertise is aimed at verifying and supporting the reliability of the analyses carried out by COVRA. The two different sets of measurements are generally in agreement, as was also the case in waste water samples of 2006 for the gamma-spectrometric results, the gross-alpha, ^3H and ^{14}C results. A discrepancy that was observed in 2006 concerns the presence of a low activity of ^{22}Na in waste water. The differences in the gross-beta results from RIVM and the rest-beta results from COVRA are reasonable. This is regarding the fact that RIVM and COVRA apply different measuring principles. The results obtained by RIVM and COVRA in ventilation air samples are in good agreement.

The RIVM analyzed six waste water samples and eight samples of ventilation air taken by COVRA at various time points dispersed throughout 2006. The analyses were carried out on behalf of the Department of Nuclear Safety, Security and Safeguards of the Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM).

Keywords:

COVRA, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air

Inhoud

Samenvatting—6

1 Inleiding—7

2 Monsters en analyse—8

3 Analysemethoden—10

3.1 Tweevoudbepaling—10

3.2 Bepaling van de totaal-alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater—10

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

3.4 Bepaling van de activiteitsconcentratie aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater—11

3.5 Bepaling van de ³H-activiteitsconcentratie in afvalwater—11

3.6 Bepaling van de ¹⁴C-activiteitsconcentratie in afvalwater—11

3.7 Bepaling van de totaal-alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht—11

3.8 Bepaling van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht—12

3.9 Bepaling van de ³H-activiteitsconcentratie in ventilatielucht—12

3.10 Bepaling van de ¹⁴C-activiteitsconcentratie in ventilatielucht—12

3.11 Foutberekeningen—12

3.12 Kwaliteitswaarborging—13

3.13 Presentatie van resultaten en vergelijking—14

4 Resultaten en discussie—15

4.1 Meetresultaten—15

4.2 Vergelijking van de resultaten—15

4.2.1 Afvalwater—15

4.2.2 Ventilatielucht AVG—16

4.2.3 Ventilatielucht HABOG—17

4.3 Discussie—17

4.3.1 Afvalwater—17

4.3.2 Ventilatielucht AVG—18

4.3.3 Ventilatielucht HABOG—18

5 Referenties—19

Bijlage A Vergelijking meetresultaten—20

Bijlage B Monsternamen en analyse door COVRA—24

Samenvatting

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van het RIVM voert in opdracht van de VROM-Inspectie (VI) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2006.

De 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.

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 het RIVM toegepaste analysemethoden en de wijze waarop de resultaten van het RIVM met die van het onderzochte bedrijf zijn vergeleken. Hoofdstuk 4 bevat een korte bespreking van de resultaten van het contra-expertiseonderzoek. De meetresultaten zelf zijn – naast de resultaten van het onderzochte bedrijf – opgenomen in Bijlage A. De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door het onderzochte bedrijf, zijn gereproduceerd in Bijlage B.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) te Nieuw-dorp. Het betreft zowel afvalwatermonsters van het afvalverwerkingsgebouw (AVG), als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht van het AVG en het Hoogradioactief Afvalbehandeling en Opslag Gebouw (HABOG) is bemonsterd. RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van totaal-alfa, totaal-bèta, gammastralers, tritium en ^{14}C in afvalwatermonsters en in ventilatielucht. In plaats van totaal-bèta bepaalde COVRA de grootte "rest-bèta" in afvalwater, die niet met totaal-bèta vergelijkbaar is.

De verdeling van de vergelijkingsresultaten van gammastralers in afvalwater komt goed overeen met de verwachting. Uitzondering vormt het nuclide ^{22}Na waar éénmaal een vergelijkingsresultaat C is gevonden. De resultaten van RIVM en COVRA betreffende totaal-alfa, tritium en ^{14}C in afvalwater komen goed overeen.

RIVM vindt alleen in het achtste weekmonster ventilatielucht van het AVG een geringe totaal-alfa en ^{125}I activiteit: de overeenkomst met COVRA is goed. In alle weekmonsters ventilatielucht van het AVG is door zowel RIVM als COVRA een geringe totaal-bèta activiteit aangetroffen: de overeenstemming in de resultaten komt in aanmerking voor verbetering. De resultaten van tritium en ^{14}C in een maandmonster van AVG ventilatielucht komen goed overeen.

Afgezien van een zeer geringe totaal-alfa activiteit in het zevende monster hebben zowel COVRA als RIVM verder geen alfa-, bèta- en gamma-activiteit in ventilatielucht van het HABOG aangetroffen.

1 Inleiding

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van het RIVM voert in opdracht van de VROM-Inspectie (VI) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2006.

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 het RIVM toegepaste analysemethoden en de wijze waarop de resultaten van het RIVM met die van het onderzochte bedrijf zijn vergeleken. Hoofdstuk 4 bevat een korte bespreking van de resultaten van het contra-expertiseonderzoek. De meetresultaten zelf zijn – naast de resultaten van het onderzochte bedrijf – opgenomen in Bijlage A. De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door het onderzochte bedrijf, zijn gereproduceerd in Bijlage B.

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 Afvalbehandeling en Opslag Gebouw (HABOG) is bemonsterd.

2 Monsters en analyse

RIVM haalt periodiek afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij COVRA. Van elk batchmonster afvalwater bewaart COVRA een fles met circa 500 ml basisch ongegeleerd water voor de ^{14}C -bepaling en een fles met circa 2 l aangezuurd ongegeleerd 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, vooraf met de VROM inspectie afgesproken, aantal monsters en de te verrichten analyses [RI06]. In Tabel 2 staan gegevens van de opgehaalde afvalwatermonsters en in Tabel 3 en 4 van de monsters ventilatielucht van AVG en HABOG.

Tabel 1 : Overzicht van vooraf afgesproken aantal monsters en analyses

Monsters	Aantal	Soort monster	Analyses
Afvalwater	8	Batchmonster	Totaal-alfa**, totaal-bèta**, gamma-stralers**, $^3\text{H}^*$ en $^{14}\text{C}^{**}$
Ventilatie-lucht	8	Weekmonsters AVG (filterpakket: aërosol 2 × zeoliet 2 × kool)	Totaal-alfa*, totaal-bèta* in aërosolfilter; gamma-emitters pakket*; bij aantonen van mogelijk vluchtige gamma-emitters, tevens meting van de zeoliet- en kool-absorbers apart*
	8	7- of 14-daagse monsters HABOG (filterpakket: aërosol koolfilter koolpatroon)	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*
	1	Maandmonster AVG (H_2O , BaCO_3)	$^3\text{H}^*$ en $^{14}\text{C}^*$ (m.b.v. LSC)
	1	14-dagen of maandmonster HABOG (H_2O)	$^3\text{H}^*$ (m.b.v. LSC)

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

Tabel 2 : Monstergegevens afvalwater

Nr.	Ophaaldatum	Lozingsdatum	Datum gammaspectrometrie *
1	20 februari 2006	1 februari 2006	22 februari, 1 maart 2006
2	31 mei 2006	11 mei 2006	8, 9 juni 2006
3	30 augustus 2006	3 juli 2006	1,6 september 2006
4	25 oktober 2006	28 september 2006	26, 27 oktober 2006
5	8 november 2006	1 november 2006	13, 17 november 2006
6	13 december 2006	29 november 2006	14, 18 december 2006

Uit Tabel 2 blijkt dat er maar zes afvalwatermonsters zijn opgehaald en geanalyseerd. Er zijn namelijk in 2006 slechts zes afvalwaterlozingen geweest.

Tabel 3 : Monstergegevens ventilatielucht AVG

Nr.	Ophaaldatum	Monsterperiode	Datum gammaspectrometrie *
1	19 januari 2006	10 - 17 januari 2006	26 januari - 4 februari 2006
2	20 februari 2006	31 januari - 7 februari 2006	23 februari - 3 maart 2006
3	19 april 2006	4 - 11 april 2006	21 - 28 april 2006
4	31 mei 2006	9 - 16 mei 2006	6 - 12 juni 2006
5	30 augustus 2006	15 - 22 augustus 2006	31 augustus - 6 september 2006
6	25 oktober 2006	26 september - 3 oktober 2006	26 oktober - 1 november 2006
7	8 november 2006	24 - 31 oktober 2006	10 - 20 november 2006
8	22 november 2006	7 - 14 november 2006	24 november - 7 december 2006

* De eerste datum is de meetdatum van het filterpakket als geheel. Vervolgens worden de onderdelen van het pakket gemeten.

Tabel 4 : Monstergegevens ventilatielucht HABOG

Nr.	Ophaaldatum	Monsterperiode	Datum gammaspectrometrie *
1	19 januari 2006	3 - 17 januari 2006	27 januari - 3 februari 2006
2	20 februari 2006	31 januari - 14 februari 2006	28 februari - 6 maart 2006
3	19 april 2006	28 maart - 11 april 2006	22 - 27 april 2006
4	31 mei 2006	9 - 23 mei 2006	10 - 13 juni 2006
5	30 augustus 2006	1 - 15 augustus 2006	1 - 7 september 2007
6	25 oktober 2006	26 september - 10 oktober 2006	27 oktober - 1 november 2006
7	8 november 2006	10 - 24 oktober 2006	10 - 12 november 2006
8	22 november 2006	24 oktober - 7 november 2006	27 november - 8 december 2006

* De eerste datum is de meetdatum van het filterpakket als geheel. Vervolgens worden de onderdelen van het pakket gemeten.

3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door COVRA in 2006, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn identiek aan de methoden toegepast in voorgaande jaren [KW06]. De RIVM bepalingen aan het maandmonster ventilatielucht van HABOG zijn gelijk aan de bepalingen aan het AVG ventilatieluchtmonster.

3.1 Tweevoudbepaling

LSO voert sommige analyses in tweevoud uit. Wanneer het verschil tussen de twee meetwaarden van een tweevoudbepaling groter is dan 4σ (waarbij σ de totale fout van de grootste van de twee meetwaarden is) wordt een tweevoudbepaling afgekeurd. In zo'n geval volgt een aanvullende controle, bijvoorbeeld een controle van de berekeningen, een herhaling van een meting of een nieuwe analyse met achtergehouden monstermateriaal. Het laatste gebeurt indien mogelijk bij afkeuring van een analyse op ^{60}Co of ^{137}Cs . Bij andere γ -stralers 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 .

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 [NE87]. 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.

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 telltijden [LS90], in een teldoos gemengd met behangplaksel en geschud tot een homogene stijve massa is verkregen. De monsters worden gemeten op een N-type halfgeleiderdetector gekoppeld aan een pulssorteerder met 8000 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 Gammavision aan de hand van de nuclidenbibliotheek voor nucleaire installaties. Bijlage A toont de nucliden die hier in zitten. Na de analyse worden de spectra van COVRA nog eens apart geanalyseerd op ^{125}I . 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. Er wordt gecorrigeerd voor radioactief verval door de activiteit van de nucliden terug te rekenen naar 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 [KT94]. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ^{60}Co kleiner is dan 1 kBq m^{-3} .

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).

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

De ^{14}C -borrelmethode is geschikt voor het bepalen van het anorganisch en organisch ^{14}C in afvalwater [Hi98]. Eerst wordt anorganisch $^{14}\text{CO}_2$ uitgedreven door toevoegen van zuur, koken en doorborrelen met N_2 . Vervolgens wordt organisch ^{14}C geoxideerd met kaliumpermanganaat tot CO_2 en op soortgelijke wijze gedurende 5 uur uitgedreven. Het uitgedreven $^{14}\text{CO}_2$ wordt vervolgens geabsorbeerd door Carbo-Sorb E. Dit alkylamine 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.

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. In overeenstemming met NVN 5636 inzake de analyse van luchtstoffilters wordt voor de bepaling van de totaal bèta-activiteitsconcentratie ^{90}Sr en voor de bepaling van de totaal-alfa-

activiteitsconcentratie ^{241}Am als referentienuclide toegepast [NV06]. 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.

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, het eerste laag DSM11-absorber en het eerste laag actieve kool. Van dit preparaat wordt een gamma-spectrum opgenomen en geanalyseerd op dezelfde wijze als dit bij afvalwater gebeurt. 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 monsterperiode¹.

Voor de meetnauwkeurigheid wordt gerefereerd aan KTA 1503.1 [KT93]. 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.

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.

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

COVRA vermeldt bij levering van de $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ -neerslag het volume van de hiermee geassocieerde hoeveelheid ventilatielucht, zodat RIVM de volumieke activiteit kan berekenen. De BaCO_3 -monsters worden ingewogen in een scintillatieflesje (maximaal 1,0 g monster) en eventueel aangevuld met blanco BaCO_3 -poeder tot een eindmassa van 1,0 g. Hieraan wordt 7 ml H_2O toegevoegd en, na goed mengen van het onoplosbare BaCO_3 met water, 13 ml Instagel Plus scintillatiecocktail. Na een uur wordt een LSC-telling uitgevoerd.

Met de vangst van ^{14}C in het patroon met zeolietkorrels kan ook ^{35}S worden ingevangen dat de analyse van de ^{14}C -activiteit kan verstoren. Door na een wachttijd van circa 3 maanden de monsters nogmaals te meten wordt de bijdrage van ^{35}S aan de telling bepaald, waarna de ^{14}C -activiteit in de geloosde ventilatielucht van de COVRA wordt berekend.

3.11 Foutberekeningen

De door RIVM opgegeven fout (na teken \pm) is het 1σ -schattinginterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114 (Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities) [NE90, NE91]. Indien de analyse in tweevoud is uitgevoerd wordt het gemiddelde en de fout daarin gerapporteerd. Bij het schatten van de totale fout worden telfouten, kalibratiefouten en experimentele

¹ De methode verschilt van die van COVRA (zie Bijlage B, figuur B1). Voor het kortst levende nuclide dat wordt aangetroffen (^{131}I), geeft de RIVM-methode een 2% hogere waarde. Voor de overige nucliden is het verschil kleiner.

fouten meegenomen. Onder experimentele fouten vallen bijvoorbeeld fouten in wegingen en volumebepalingen. Waar van toepassing, is voor de volumebepaling in de hoeveelheid bemonsterde lucht een fout van 1% opgenomen in de experimentele fout.

- *Bepaling van de totaal -alfa- en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater*
 Voor de totaal α -bepaling wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een ^{241}Am -standaard. De totale fout in de totaal α -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat zonder standaard, een telfout van het preparaat met standaard, een kalibratiefout en een experimentele fout.
 De totale fout in de totaal β -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat, een kalibratiefout en een experimentele fout.
- *Gammaspectrometrie*
 Voor de totaal α -bepaling wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een ^{241}Am -standaard. De totale fout in de totaal α -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat zonder standaard, een telfout van het preparaat met standaard, een kalibratiefout en een experimentele fout.
 De totale fout in de totaal β -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat, een kalibratiefout en een experimentele fout.
- *Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in afvalwater*
 De totale fout is samengesteld uit de telfout, de fout in de opbrengst, een experimentele fout en de kalibratiefout.
- *Bepaling van de totaal -alfa- en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht*
 Omdat bij de totaal-alfa-bepaling de invloed van de stoflaag op de telefficiëntie groot kan zijn en per monster verschillend wordt een onzekerheid van 30 % in de berekening van de totale fout verwerkt. De totale fout in de totaal-alfa en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in luchtstof is samengesteld uit een telfout van beide deelpreparaten, een kalibratiefout, een experimentele fout (inclusief de 1% onzekerheid als gevolg van het ponsen van een deel uit het gehele filter), en alleen voor totaal-alfa de stoflaagonzekerheid van 30 %.
- *Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater en ventilatielucht*
 De totale fout is samengesteld uit de telfout, een kalibratiefout en een experimentele fout.
- *Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in ventilatielucht*
 De totale fout is samengesteld uit de telfout, een experimentele fout en een kalibratiefout.

3.12 Kwaliteitswaarborging

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek van het RIVM is voor een aantal verrichtingen geaccrediteerd volgens NEN-ISO-17025. Deze verrichtingen hebben betrekking op monsternamen en metingen die worden uitgevoerd in het

kader van het toezicht op nucleaire installaties, het Nationaal Meetnet Radioactiviteit, en milieumonitoring in het kader van het Euratom verdrag, artikel 35 en 36.

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) [Ob06]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

3.13 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door COVRA bepaalde activiteitsconcentraties worden zonder afronding overgenomen uit de kwartaalrapportages van COVRA [CO06].

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

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

4 Resultaten en discussie

4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door RIVM en COVRA zijn te vinden in Bijlage A.

In Tabel A1 van deze bijlage zijn alleen die gammastralers opgenomen die zijn aangetoond. Als een gammastraler wel door 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 (fouten) in de meetwaarden (zie paragraaf 3.11)

4.2 Vergelijking van de resultaten

Het resultaat van de vergelijking zoals beschreven in paragraaf 3.11 is in de tabellen van Bijlage A vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van COVRA met die van RIVM zijn samengevat in Tabel 5 en Tabel 6. 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

Zoals reeds vermeld in hoofdstuk 2 zijn er in 2006 door COVRA slechts 6 afvalwaterbatches geloosd. Van alle lozingen zijn door RIVM deelmonsters opgehaald en geanalyseerd.

gammaspectrometrie

Uit Tabel 5 blijkt dat de vergelijkingsresultaten van de metingen door RIVM en COVRA goed zijn. Alle meetresultaten voldoen aan de statistische verwachting. Er is slechts éénmaal een C aangetroffen: in monster 6 voor een (zeer) lage activiteitsconcentratie aan ^{22}Na .

totaal-alfa

De vergelijkingsresultaten voor totaal-alfa in Tabel 5 geven een uitstekende overeenkomst aan: in alle zes de monsters een A1.

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

De overeenstemming in de totaal/rest-bèta resultaten is met 2 maal een A1, 2 maal een A2, een B en een C veel beter dan in de afgelopen jaren.

tritium

De tritium resultaten van COVRA en RIVM geven dit jaar met vijfmaal een A1 en éénmaal een A2 een goede overeenkomst te zien.

^{14}C

De vergelijkingsresultaten, viermaal A1 en tweemaal A2, geven aan dat de som van de RIVM meetwaarden goed overeenkomt met de totaal- ^{14}C meting van COVRA.

Tabel 5 : Samenvatting van de vergelijkingsresultaten voor de afvalwatermonsters

Grootheid	1	2	3	4	5	6	ΣA1 *	ΣA2 *	ΣB *	ΣC *
²² Na					A1	C	1 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)
⁶⁰ Co	A1	A2	A1	A1	A1	B	4 (2-6)	1 (0-4)	1 (0-1)	0 (0-0)
¹⁰⁶ Ru	A1	A2	A1	A1	A1	A1	5 (2-6)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
¹²⁵ Sb	A1	A1	A2	A1	A1	A1	5 (2-6)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
¹³⁴ Cs	A1	A1	A1	A1	A1	A1	6 (2-6)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
¹³⁷ Cs	A1	A2	A1	A1	A1	A1	5 (2-6)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
¹⁸¹ W	A1	A1					2 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Totaal							28 (19-28)	<u>4</u> (5-14)	1 (0-4)	1 (0-1)
totaal-α	A1	A1	A1	A1	A1	A1	6 (2-6)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
totaal-β/rest-β	A2	A1	A1	B	C	A2	2 (2-6)	2 (0-4)	1 (0-1)	<u>1</u> (0-0)
³ H	A2	A1	A1	A1	A1	A1	5 (2-6)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
¹⁴ C	A1	A2	A1	A2	A1	A1	4 (2-6)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)

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

4.2.2 Ventilatielucht AVG

In dit rapportagejaar zijn door RIVM en COVRA acht ventilatieluchtmonsters geanalyseerd van AVG (zie tabellen A2 – A4). Tabel 6 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 A5 zijn als indicatie van de bereikte meetnauwkeurigheid, gelet op de eisen die daaraan gesteld worden in KTA 1503.1 [KT93], de gerealiseerde detectielimieten voor ¹²⁵I, ⁶⁰Co, ¹³¹I en voor de totaal-alfa- en totaal-β-activiteitsconcentratie weergegeven.

gammaspectrometrie

COVRA toonde in het eerste monster de radondochter ²¹⁴Pb aan in het koolpatroon. RIVM heeft het koolpatroon niet gemeten.

COVRA toonde in alle acht monsters een ¹²⁵I activiteit aan; ¹²⁵I werd door RIVM alleen aangetoond in het achtste aerosolfilter van AVG ventilatielucht (zie Tabel 3 A) met een A1 overeenkomst.

totaal-alfa en totaal-β

RIVM toonde alleen in het achtste AVG ventilatieluchtmonster alfa-activiteit aan, COVRA in zes van de acht. De door COVRA opgegeven waarden liggen rond de detectielimiet van RIVM. De door RIVM gevonden totaal-β-concentraties komen matig overeen met die van de COVRA (Tabel 6); éénmaal een B en zevenmaal een C.

Tritium en ¹⁴C

In het maandmonster van november toonden zowel RIVM als COVRA ³H en ¹⁴C aan, met een overeenkomst van A2, respectievelijk, A1.

Tabel 6 : Samenvatting van de vergelijkingsresultaten voor de ^{125}I (monster 8), totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht AVG

Grootheid	1	2	3	4	5	6	7	8	ΣA1^*	ΣA2^*	ΣB^*	ΣC^*
Aërosol								A1	1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
DSM11-1									0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)
DSM11-2									0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)
Kool-1									0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)
Kool-2									0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)
Totaal- α								A2	0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Totaal- β	C	C	C	C	C	C	B	C	<u>0</u> (3-7)	0 (0-4)	1 (0-1)	<u>7</u> (0-0)

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

4.2.3 Ventilatielucht HABOG

In dit rapportagejaar zijn door RIVM en COVRA acht ventilatieluchtmonsters geanalyseerd van HABOG (zie tabellen A7 – A9). Met uitzondering van een zeer geringe totaal-alfa activiteitsconcentratie in het zevende monster, aangetroffen door RIVM, hebben RIVM en COVRA geen totaal-alfa en totaal-bèta in de HABOG ventilatieluchtmonsters gevonden.

RIVM en Covra hebben geen gamma-activiteit in de HABOG ventilatieluchtfilters aangetroffen, met uitzondering van de radonochters ^{214}Pb en ^{214}Bi in het zesde monster, aangetroffen door COVRA.

RIVM en COVRA hebben beide een zeer geringe ^3H activiteitsconcentratie aangetroffen in HABOG ventilatielucht met een A1 als vergelijkingsresultaat.

4.3 Discussie

4.3.1 Afvalwater

gammaspectrometrie

Met uitzondering van het resultaat voor een zeer lage activiteitsconcentratie aan ^{22}Na in het zesde monster zijn de overeenkomsten in de RIVM en COVRA meetresultaten goed.

Rest-bèta (COVRA) en totaal-bèta (RIVM)

De verbeterde overeenstemming in vergelijking met voorgaande jaren is hoogstwaarschijnlijk te wijten aan het feit dat in de zes afvalwatermonsters de bèta/gamma-stralers ^{106}Ru , ^{125}Sb en vooral ^{137}Cs de totaal-bèta activiteit bepalen. Deze nucliden zijn niet vluchtig en zijn in de zes monsters in ongeveer gelijke verhouding aanwezig. Bovendien bedraagt het gehalte aan organisch ^{14}C ca. 10-25 % ten opzichte van ^{137}Cs en is daardoor vrijwel verwaarloosbaar in de gasdoorstroomtelling van het RIVM. Hierdoor verbetert de overeenkomst, want in de LSC-bèta meting van COVRA worden alleen bèta-stralers met een energie hoger dan ^{14}C meegeteld.

^3H en totaal-alfa

De overeenkomst in de analyses van ^3H en totaal-alfa in afvalwater valt binnen de marges van wat verwacht mag worden.

¹⁴C en ³⁵S

De vergelijkingsresultaten voor ¹⁴C zijn vergelijkbaar met die van voorgaand jaar [KW06]. Gezien de chemische complexiteit van de bepaling is het verkregen resultaat in de afgelopen jaren goed en waarschijnlijk niet verder te verbeteren. RIVM heeft geen ³⁵S activiteit aangetroffen. RIVM voert na ca. 3 maanden een hertelling uit van de Carbosorb telflesjes met ¹⁴C om de eventuele aanwezigheid van ³⁵S aan te kunnen tonen. ¹⁴C en ³⁵S hebben immers nagenoeg dezelfde bèta-energie en door oxidatie van ³⁵S-gelabelde verbindingen zou ³⁵S als SO₂ of SO₃ uit de vloeistof geborreld kunnen worden. Een activiteitsconcentratie voor ³⁵S kan echter niet gegeven worden daar de oxidatie- en doorborrel-efficiëntie en de adsorptie in de silicagelpatroon en in Carbosorb onbekend is. Het vaststellen van deze efficiënties vergt desgewenst nader onderzoek.

4.3.2 Ventilatielucht AVG

De vergelijking van de totaal-bèta-waarden leverde een B en zevenmaal een C. De reden van deze matige overeenkomst is onduidelijk; de aanwezigheid van kortlevende radondochters kan slechts voor een deel de verklaring zijn. RIVM en COVRA hebben in 2007 aanvullend onderzoek gestart om hier enige duidelijkheid in te krijgen².

De meetresultaten behaald door COVRA en RIVM voor totaal-alfa en gammaspectrometrie zijn zeven van de acht monsters onder de detectiegrens. In het resterende monster waar een activiteit is aangetroffen is de vergelijking goed (A1 en A2) en geen punt van discussie. Dit geldt ook voor goede ³H en ¹⁴C resultaten in het maandmonster van november 2006.

4.3.3 Ventilatielucht HABOG

Omdat in het HABOG alleen kunstmatige nucliden worden 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 zijn niet in de emissieberekening meegenomen.

Afgezien van een zeer geringe totaal-alfa activiteit in het zevende monster hebben zowel COVRA als RIVM verder geen kunstmatige alfa-, bèta- en gamma-activiteit in ventilatielucht van het HABOG aangetroffen.

² Onderzoek van COVRA en RIVM in de periode 2007-2008 heeft aangetoond dat de achtergrond waarde voor totaal-beta in blanco filters sterk kan verschillen. Per afzonderlijke batch filters dient een nieuwe blanco waarde vastgesteld te worden.

5 Referenties

- [CO06] COVRA NV, Kwartaalrapport nr. 74, week 1-13 2006. COVRA-rapport nr. 06.168, 11 mei 2006.
COVRA NV, Kwartaalrapport nr. 75, week 14 - 26 2006. COVRA-rapport nr. 06.268, 1 september 2006.
COVRA NV, Kwartaalrapport nr. 76, week 27 - 39 2006, COVRA rapport nr. 06.419, 13 november 2006.
COVRA NV, Kwartaalrapport nr. 77, week 40 - 52 2006, COVRA-rapport nr. 07.009, 20 februari 2007.
- [Hi98] Hiemstra YS, Kwakman PJM, Nissan LA, Aldenkamp FJ. Bepaling van ¹⁴C in afvalwater. RIVM rapportnr. 610330004. Bilthoven, 1998.
- [KT93] KTA 1503.1 Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe. Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb. KTA, Köln, 1993.
- [KT94] KTA 1504 Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, Köln, 1994.
- [KW06] Kwakman PJM, Overwater RMW. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van COVRA. Periode 2005. RIVM/LSO briefrapport 470/06.
- [LS90] Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Bij brief 1364/90 LSO Sm/eh d.d. 18 september 1990.
- [NE06] NEN 6421: 2006. Water. Bepaling van de totale bèta-activiteitsconcentratie en rest- bèta-activiteitsconcentratie van niet-vluchtige bestanddelen. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 2006.
- [NE07] NVN 5636:2006. 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, Delft, 2006.
- [NE90] NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 2e druk, augustus 1990.
- [NE91] NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1991.
- [Ob06] D. Obrikat, Ch. Hohmann, I. Krol. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2006", August 2006, SW 2 - 12/2006, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- [RI06] Jaarplan project 610330 - 2006. Notitie van RIVM/LSO aan VROM-Inspectie KFD, januari 2006.
- [VI07] Brief van R.D. Woittiez, directeur sector RIVM-MEV, aan P.J.W.M. Müskens, directeur VROM-KFD, kenmerk VI/KFD/2007069434_.526, datum 30 juli 2007.

Bijlage A Vergelijking meetresultaten

COVRA afvalwater

Tabel A1 : Vergelijking activiteitsconcentraties gammastralers, totaal-alfa, totaal-bèta, 'rest-bèta', ^3H en ^{14}C in afvalwater ($\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$)
— Deel 1 van 2

Monsternr. Datum Grootheid	1 1 februari 2006			2 11 mei 2006			3 3 juli 2006		
	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
^{22}Na									
^{60}Co	43 ± 2	A1	45 ± 1	21,0 ± 1,2	A2	23 ± 1	7,6 ± 0,5	A1	7,9 ± 0,3
^{106}Ru	2800 ± 400	A1	2790 ± 80	1280 ± 160	A2	960 ± 30	520 ± 70	A1	550 ± 20
^{124}Sb									
^{125}I									
^{125}Sb	1280 ± 80	A1	1320 ± 20	209 ± 13	A1	220 ± 4	114 ± 7	A2	100 ± 2
^{134}Cs	40 ± 6	A1	43 ± 1	21 ± 3	A1	24 ± 1	6,6 ± 1,0	A1	6,0 ± 0,3
^{137}Cs	16900 ± 1000	A1	17700 ± 370	8500 ± 500	A2	9340 ± 220	2540 ± 140	A1	2680 ± 60
^{181}W	130 ± 15	A1	130 ± 3	23 ± 3	A1	22 ± 1			
totaal- α	8,5 ± 0,7	A1	9,1 ± 1,4	4,1 ± 0,4	A1	4,5 ± 0,7	1,47 ± 0,14	A1	1,6 ± 0,3
totaal- β /rest- β	19500 ± 900	A2	21300 ± 800	10100 ± 500	A1	9660 ± 340	3290 ± 160	A1	3120 ± 110
^3H	15600 ± 400	A2	16800 ± 600	8600 ± 200	A1	8550 ± 260	9500 ± 200	A1	9490 ± 290
^{14}C -anorg *	670 ± 20	A1	2750 ± 90	140 ± 5	A2	946 ± 28	33,6 ± 1,2	A1	434 ± 13
^{14}C -org *	2090 ± 70			880 ± 30			396 ± 14		

* COVRA rapporteert totaal- ^{14}C . Dit wordt vergeleken met de som ^{14}C -org van RIVM.

Tabel A1 : Vergelijking activiteitsconcentraties gammastralers, totaal-alfa, totaal-bèta, 'rest-bèta', ^3H en ^{14}C in afvalwater ($\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$)
— Deel 2 van 2

Monsternr. Datum Grootheid	4 28 september 2006			5 1 november 2006			6 29 november 2006		
	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
^{22}Na	1,5 ± 0,3			1,8 ± 0,3	A1	1,5 ± 0,2	1,6 ± 0,2	C	0,79 ± 0,11
^{60}Co	9,7 ± 0,6	A1	10,2 ± 0,4	9,7 ± 0,6	A1	10,4 ± 0,4	6,0 ± 0,4	B	5,1 ± 0,2
^{106}Ru	440 ± 60	A1	430 ± 20	290 ± 40	A1	290 ± 10	220 ± 30	A1	220 ± 10
^{124}Sb	2,1 ± 0,4						1,6 ± 0,3		
^{125}I							9 ± 3		
^{125}Sb	274 ± 17	A1	290 ± 5	192 ± 12	A1	180 ± 3	79 ± 5	A1	75 ± 1
^{134}Cs	140 ± 20	A1	160 ± 3	150 ± 20	A1	160 ± 3	50 ± 7	A1	53 ± 1
^{137}Cs	2590 ± 150	A1	2720 ± 60	2550 ± 140	A1	2600 ± 60	1870 ± 110	A1	1840 ± 40
^{181}W									
totaal- α	2,7 ± 0,2	A1	2,6 ± 0,4	5,3 ± 0,4	A1	5,1 ± 0,8	1,29 ± 0,13	A1	1,2 ± 0,2
totaal- β /rest- β	3590 ± 170	B	3080 ± 110	3580 ± 170	C	2960 ± 100	2250 ± 110	A2	2030 ± 80
^3H	12800 ± 300	A1	12900 ± 400	8700 ± 200	A1	8650 ± 260	10000 ± 300	A1	9760 ± 290
^{14}C -anorg *	178 ± 6	A2	822 ± 25	165 ± 6	A1	668 ± 20	54,2 ± 1,9	A1	207 ± 7
^{14}C -org *	680 ± 20			522 ± 18			158 ± 5		

COVRA ventilatielucht AVGTabel A2 : Meetresultaten totaal-alfa en vergelijking activiteitsconcentraties totaal- β in ventilatielucht AVG (mBq m^{-3})

Nr.	Periode	Totaal- α			Totaal- β		
		RIVM	V	COVRA	RIVM	V [#]	COVRA
1	10 - 17 januari	<0,03		<0,024	0,39 \pm 0,04	C	0,58 \pm 0,02
2	31 januari - 7 februari	<0,03		0,066 \pm 0,007	0,34 \pm 0,04	C	0,54 \pm 0,02
3	4 - 11 april	<0,04		<0,024	0,46 \pm 0,04	C	0,89 \pm 0,04
4	9 - 16 mei	<0,04		0,061 \pm 0,006	0,58 \pm 0,05	C	1,42 \pm 0,06
5	15 - 22 augustus	<0,04		0,080 \pm 0,008	2,67 \pm 0,17	C	1,88 \pm 0,08
6	26 september - 3 oktober	<0,03		0,034 \pm 0,003	1,69 \pm 0,11	C	1,26 \pm 0,05
7	24 - 31 oktober	<0,04		0,046 \pm 0,005	1,74 \pm 0,11	B	2,11 \pm 0,08
8	7 - 14 november	0,08 \pm 0,03	A2	0,115 \pm 0,012	2,27 \pm 0,14	C	1,43 \pm 0,06

Zie voetnoot bij par. 4.3

Tabel A3 : Meetresultaten gammaspectrometrie (^{125}I) in ventilatielucht AVG (mBq m^{-3}); deel 1

Nr.	Periode	Pakket	Nuclide	Aërosolfilter			DSM11-1		
				RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
1	10 - 17 januari	<	^{125}I ^{214}Pb	< 4		1,40 \pm 0,18	< 4		< 1,0
2	31 januari - 7 februari	<	^{125}I	< 15		0,92 \pm 0,15	< 4		< 1,0
3	4 - 11 april	<	^{125}I	< 6		3,0 \pm 0,2	< 5		< 1,0
4	9 - 16 mei	<	^{125}I	< 7		5,4 \pm 0,3	< 6		< 1,0
5	15 - 22 augustus	<	^{125}I	< 6		7,3 \pm 0,2	< 9		< 1,0
6	26 september - 3 oktober	<	^{125}I	< 7		3,8 \pm 0,3	< 6		< 1,0
7	24 - 31 oktober	<	^{125}I	< 6		11,0 \pm 0,5	< 6		< 1,0
8	7 - 14 november	>	^{125}I	5 \pm 2	A1	6,5 \pm 0,3	< 5		2,8 \pm 0,3

Tabel A3 : Meetresultaten gammaspectrometrie (^{125}I) in ventilatielucht AVG (mBq m^{-3}); deel 2

Nr.	Periode	Nuclide	DSM11-2			Kool-1			Kool-2		
			RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
1	10 - 17 januari	^{125}I ^{214}Pb	< 6		< 1,0	< 5		1,0 \pm 0,2 2,1 \pm 0,3	< 5		< 1,1
2	31 januari - 7 februari	^{125}I	< 6		< 1,0	< 5		< 1,1	< 5		< 1,1
3	4 - 11 april	^{125}I	< 3		< 1,0	< 4		< 1,1	< 8		< 1,1
4	9 - 16 mei	^{125}I	< 5		< 1,0	< 4		< 1,1	< 5		< 1,1
5	15 - 22 augustus	^{125}I	< 6		< 1,0	< 11		< 1,1	< 1,6		< 1,1
6	26 september - 3 oktober	^{125}I	< 7		< 1,0	< 5		< 1,1	< 7		< 1,1
7	24 - 31 oktober	^{125}I	< 6		< 1,0	< 5		< 1,1	< 4		< 1,1
8	7 - 14 november	^{125}I	< 6		< 1,0	< 1,5		< 1,1	< 3		< 1,1

MDA van COVRA bepaald volgens KTA1503 met ^{60}Co : in aerosolfilter < 0,5 mBq.m^{-3} en in DSM11 < 1,0 mBq.m^{-3} .

Tabel A4 : Meetresultaten ^3H en ^{14}C in ventilatielucht AVG (Bq m^{-3})

Monster	^3H			^{14}C		
	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
1 november - 1 december 2006	6,5 \pm 0,3	A2	7,1 \pm 0,3	1,64 \pm 0,10	A1	1,63 \pm 0,10

Tabel A5 : Detectielimieten, bereikt bij de monsters ventilatielucht (mBq m^{-3})

		Detectiegrens RIVM	Detectiegrens COVRA
^{125}I (pakket)		1,5–3,6	
^{60}Co (pakket)	a)	0,7	0,5
^{60}Co (aërosol)	a)	0,3	0,5
^{131}I (DSM-11)	b)	1,1	1,0 °)
^{131}I (act.kool.)	b)	1,1	1,1 °)
Totaal-alfa		0,03–0,05	0,024
Totaal-bèta		0,06	0,052

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

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

Tabel A6 : Nucliden in de bibliotheek[‡] voor gammaspectrometrische analyses

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

[‡] Voor de bepaling van de activiteitsconcentratie van het nuclide ^{125}I is nuclidespecifiek gekalibreerd

* Volgens KTA 1504 en KTA 1503.1 te onderzoeken nucliden [KT94, KT93]

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden [KT94]

COVRA ventilatielucht HABOG**Tabel A7 : Meetresultaten totaal-alfa en vergelijking activiteitsconcentraties totaal-bèta in ventilatielucht HABOG ($mBq m^{-3}$)**

Nr.	Periode	Totaal- α			Totaal- β		
		RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
1	3 - 17 januari	<0,011		<0,010	<0,03		<0,56
2	31 januari - 14 februari	<0,012		<0,010	<0,03		<0,56
3	28 maart - 11 april	<0,012		<0,010	<0,03		<0,44
4	9 - 23 mei	<0,011		<0,010	<0,03		<0,55
5	1 - 15 augustus	<0,012		<0,010	<0,03		<1,05
6	26 september - 10 oktober	<0,011		<0,010	<0,02		<0,46
7	10 - 24 oktober	0,019 \pm 0,007		<0,350	<0,02		<0,85
8	24 oktober - 7 november	<0,010		<0,010	<0,02		<0,41

Tabel A8 : Meetresultaten gammaspectrometrie in ventilatielucht HABOG ($mBq m^{-3}$)

Nr.	Periode	Nuclide	Aërosolfilter			Koolfilter			Koolpatroon		
			RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
1	3 - 17 januari	^{125}I	< 1.4		< 0.3	< 1.2		< 0.4	< 0.6		< 0.4
2	31 januari - 14 februari	^{125}I	< 1.4		< 0.3	< 1.5		< 0.4	< 1.6		< 0.4
3	28 maart - 11 april	^{125}I	< 2		< 0.3	< 0.8		< 0.4	< 4		< 0.4
4	9 - 23 mei	^{125}I	< 1.8		< 0.3	< 1.6		< 0.4	< 1.5		< 0.4
5	1 - 15 augustus	^{125}I	< 0.8		< 0.3	< 1.0		< 0.4	< 1.8		< 0.4
6	26 september - 10 oktober	^{125}I	< 1.9		< 0.3	< 1.6		< 0.4	< 1.6		< 0.4
		^{214}Pb						2.8 \pm 0.4			
		^{214}Bi						1.8 \pm 0.4			
7	10 - 24 oktober	^{125}I	< 1.5		< 0.3	< 1.4		< 0.4	< 1.6		< 0.4
8	24 oktober - 7 november	^{125}I	< 1.4		< 0.3	< 0.8		< 0.4	< 1.8		< 0.4

* MDA van COVRA is 0,3 mBq/m^3 ** MDA van COVRA is 0,4 mBq/m^3 ; voor MDA van RIVM, zie tabel A5.**Tabel A9 : Meetresultaten 3H in ventilatielucht HABOG ($Bq m^{-3}$)**

Periode	3H		
	RIVM	V	COVRA
1 november - 5 december 2006	0,21 \pm 0,11	A1	0,34 \pm 0,16

Bijlage B Monsternamen en analyse door COVRA

Procedures geldig ten tijde van rapportageperiode 2006.

Procedures geldig ten tijde van rapportageperiode 2010.
Alex de Best, Covra. (e-mail d.d. 29-3-2012)

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 inhomogeniteiten 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 AVG

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 240 min. Voor de kalibratie wordt gebruikt gemaakt van een bekende hoeveelheid activiteit in 500 ml demiwater en 15 g behangplaksel. Genie2K berekent ook de fout in de meting. Tevens kunnen alle andere fouten, zoals kalibratiefout en experimentelefout, als randomfout worden ingegeven zodat er op de print een totaal 1σ -fout ontstaat.

Totaal alfa: 20 ml afvalwater wordt drooggedampt in een roestvrij stalen schaalte met een diameter van 50 mm. Dit gebeurt door porties van 4 ml bij een temperatuur van ± 70 °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 μ l 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 fout in de bepaling is groot omdat we bij alfa te maken hebben met zelfabsorptie. Ook de hele monstervoorbereiding is redelijk foutgevoelig.

Afhankelijk van de concentratie komt hier nog de telfout bij. De totale 1σ -fout 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 rondbodemkolf, 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 fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een experimentelefout. De totale 1σ -fout bedraagt minimaal 2%.

Koolstof-14: Bepaling dmv de C-14 borrelmethode. Breng in een driehalsrondbodemkolf 100 ml afvalwater. Vul aan met demiwater tot 200 ml. Opstelling maken volgens voorschrift: Bep. C-14 in afvalwater. In het telflesje zit 7 ml Carbosorb-E. Hierna 3 ml H_2SO_4 (geconc.) toevoegen en 90 min. koken. In dit telflesje zit het anorganisch gebonden C-14. Hierna het telflesje vervangen door een nieuwe (ook met 7 ml Carbosorb-E), 30 ml KMnO_4 (75 g/l) toevoegen en 5 uur koken. We bepalen nu het organisch gebonden C-14. Hierna het telflesje opnieuw vervangen (weer 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 alle drie de flesjes 10 ml Instagel-plus toe. De monsters 3 x 120 min. meten op

de LSC. Als er in het laatste flesje meer dan 3 % zit van flesje 2, moet er de andere dag nog 2 uur extra gekookt worden.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een experimentelefout. De totale 1σ -fout 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 ^{136}Cl . 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 ^{40}K activiteit.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een pipetteerfout. De totale 1σ -fout bedraagt minimaal 3%.

3.2 Ventilatielucht AVG

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 fout in de meting. Tevens kunnen alle andere fouten, zoals kalibratiefout en experimentelefout, als random fout worden ingegeven zodat er op de print een totaal 1σ -fout ontstaat.

Totaal alfa en totaal bèta: uit het glasvezelfilter wordt een schijf geponst met een diameter van 58 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 ^{241}Am en bèta mbv ^{136}Cl . We krijgen dan voor alfa een telopbrengst van 22% en voor bèta een telopbrengst van 48%. De fouten bij deze bepaling wordt bijna geheel bepaald door de telfout omdat de gemeten waarden heel laag zijn. Experimenteel is deze fout voor alfa vastgesteld op 10% en voor bèta op 3%.

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 gaat 10 ml naar 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) 120 min. meten dmv LSC.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een experimentelefout. De totale 1σ -fout 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 tot poeder vermalen. Hierna wordt het totaal gewicht bepaald 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) 120 min. meten dmv LSC.

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

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratie fout en een experimentele fout. De totale 1σ -fout bedraagt minimaal 6%. De experimentele fout 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 fout in de meting. Tevens kunnen alle andere fouten, zoals kalibratiefout en experimentele fout, als random fout worden ingegeven zodat er op de print een totaal 1σ -fout ontstaat.

Totaal alfa en totaal bèta: uit het glasvezelfilter wordt een schijf gepolst met een diameter van 58 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 fouten bij deze bepaling wordt bijna geheel bepaald door de telfout omdat de gemeten waarden heel laag zijn. Experimenteel is deze fout voor alfa vastgesteld op 10% en voor bèta op 3%.

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 gaat 10 ml naar 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) 120 min. meten dmv LSC.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een experimentele fout. De totale 1σ -fout bedraagt minimaal 4%.

Koolstof-14: bij het uitstoken van tritium wordt het stikstof, na de koude val, door een verzadigde Ba(OH)_2 - opl. geleid. Hierbij ontstaat BaCO_3 neerslag. Dit neerslag wordt 2 uur gedroogd bij 300 °C en na afkoelen tot poeder vermalen. Hierna wordt het totaal gewicht bepaald 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) 120 min. meten dmv LSC.

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

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



Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl