



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

**Contra-expertise op bepalingen van
radioactiviteit in afvalwater en
ventilatielucht van de kernenergie-
centrale Borssele**

Periode 2017

RIVM Briefrapport 2019-0126
P.J.M. Kwakman



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

**Contra-expertise op bepalingen van
radioactiviteit in afvalwater en
ventilatielucht van de kernenergie-
centrale Borssele**

Periode 2017

RIVM Briefrapport 2019-0126
P.J.M. Kwakman

Colofon

© RIVM 2019

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-2019-0126

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

Contact:

P.J.M. Kwakman
Centrum Veiligheid
Pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) in het kader van project 390020/17/SM, 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 de kernenergiecentrale Borssele.

Periode 2017

De kerncentrale Borssele (KCB) meet hoeveel radioactiviteit de centrale in afvalwater en ventilatielucht loost. Het RIVM controleert deze metingen acht keer per jaar. Met deze 'contra-expertise' controleert RIVM of de analyses die de kerncentrale zelf uitvoert, betrouwbaar zijn. De te analyseren monsters worden verspreid over het jaar door KCB genomen.

Net als in voorgaande jaren komen de gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2017 op hoofdlijnen overeen met de resultaten van de kerncentrale.

Enkele verschillen waren zichtbaar bij radionucliden in twee afvalwatermonsters. In de overige zes monsters was de overeenstemming goed. De overeenkomst in de ^3H -data was redelijk, maar kan nog worden verbeterd. Zowel de kerncentrale als het RIVM heeft geen strontium-isotopen en alfa-activiteit in het afvalwater aangetroffen.

In ventilatielucht heeft zowel het RIVM als de kerncentrale geen gamma-activiteit aangetroffen. De resultaten van de bepaling van ^3H en ^{14}C in ventilatielucht, bemonsterd met een zeolietpatroon van 2017 kwamen goed (^3H) en redelijk (^{14}C) overeen.

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

Kernwoorden: kerncentrale Borssele, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatie lucht

Synopsis

Contra-expertise on the determination of radioactivity of waste water and ventilation air of the Borssele nuclear power plant.

Period 2017

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

The two different sets of measurements are generally in agreement, as is also the case in 2017.

In waste water, the agreement in the activity concentrations of gamma emitters was generally good with a few exceptions. Some differences were observed in two wastewater samples. In the other six samples the agreement was good. For ^3H in waste water the agreement was reasonable, but can be improved further. Both KCB and RIVM did not find any strontium isotopes and gross-alpha activity in wastewater.

In ventilation air both KCB and RIVM did not find any gamma activity. The data for ^3H and ^{14}C , which were collected by a zeolite cartridge in the first and second quarter of 2017, show good agreement (^3H) and reasonable agreement (^{14}C).

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

Keywords: nuclear power plant Borssele, radioactivity, discharges, wastewater, ventilation air

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Monsters en analyses — 13

3 Analysemethoden — 15

3.1 Tweevoudbepalingen — 15

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

3.3 Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater — 16

3.4 Bepaling van de ³H-activiteitsconcentratie in afvalwater — 16

3.5 Bepaling van de ⁸⁹Sr- en ⁹⁰Sr-activiteitsconcentratie in afvalwater — 17

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

3.7 Bepaling van de activiteitsconcentratie van ³H en ¹⁴C in ventilatielucht — 18

3.8 Foutenberekening — 18

3.9 Kwaliteitsborging — 19

3.10 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 - RIVM-gel — 23

4.2.2 Afvalwater- KCB-gel — 24

4.2.3 Ventilatielucht — 25

4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise — 25

5 Bijlage A Vergelijking meetresultaten — 27

6 Bijlage B Analyseprocedures van KCB in 2017 — 31

7 Bijlage C Stabilisering van watermonsters – zuur en dragerionen — 43

8 Referenties — 45

Samenvatting

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM heeft in 2017 in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uitgevoerd van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2017.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van de kernenergiecentrale te Borssele (KCB). 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 en $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$ in afvalwater, en van ^3H , ^{14}C en gammastralers in ventilatielucht.

Net als in voorgaande jaren komen de gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2017 op hoofdlijnen overeen met de resultaten van de kerncentrale.

Enkele verschillen waren zichtbaar bij radionucliden in twee afvalwatermonsters. In de overige zes monsters was de overeenstemming goed. De overeenkomst in de ^3H -data was redelijk, maar kan nog verbeterd worden. Zowel de kerncentrale als het RIVM heeft geen strontium-isotopen en alfa-activiteit in het afvalwater aangetroffen.

In ventilatielucht heeft zowel het RIVM als de kerncentrale geen gamma-activiteit aangetroffen.

De resultaten van de bepaling van ^3H en ^{14}C in ventilatielucht, bemonsterd met een zeolietpatroon, in het eerste en tweede kwartaal van 2017 kwamen goed (^3H) en redelijk (^{14}C) overeen.

1 Inleiding

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM voert in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2017.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van de kerncentrale Borssele. Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht 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 het onderzochte bedrijf zijn vergeleken. Hoofdstuk 4 bevat een korte bespreking van de resultaten van het contra-expertiseonderzoek. De meetresultaten zelf zijn – naast de resultaten van het onderzochte bedrijf – opgenomen in Bijlage A. De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door het onderzochte bedrijf, zijn gereproduceerd in Bijlage B.

2 Monsters en analyses

RIVM haalt periodiek afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij KCB. Van het afvalwater (batchmonsters) stelt KCB het eigen gelpreparaat en circa 1 liter ongegeleerd, geconditioneerd water (aangezuurd tot pH 2) beschikbaar voor contra-expertise door RIVM.

Voor het bepalen van de radioactiviteit in uitgaande ventilatielucht gebruikt KCB aerosolfilters en DSM11- en kool-absorbers. De ventilatieluchtmonsters voor RIVM komen uit een aparte, 'redundante' bemonsteringsinstallatie. Tabel 1 bevat een overzicht van het, vooraf met de ANVS afgesproken, aantal monsters en de analyses [1].

Tabel 1: Overzicht van vooraf afgesproken aantal monsters en analyses

Monsters	Aantal	Soort monster	Analyses (Q)
Afvalwater	8	Batchmonster. Water en gel. Zo mogelijk vier uit de splijtstofwisselperiode.	Q: Gelmonster gammastralers*, Watermonster: gammastralers* en $^3\text{H}^*$
	1	Kwartaalmengmonster; om het jaar afkomstig uit de splijtstofwisselperiode	Q: Totaal- α^{**} ^{89}Sr , $^{90}\text{Sr}^{**}$
Ventilatielucht	8	Weekmonsters (filterpakketten bestaande uit 1 x aërosolfilter, 2 x DSM11-absorber en 2 x kool-absorber)	Q: gammastralers* in filterpakket als geheel; bij indicatie van aanwezigheid van halogenen tevens onderdelen apart $^3\text{H}^{**}$ en $^{14}\text{C}^{**}$
	2	Kwartaalmonster (zeolietmateriaal)	

Q De aanduiding Q betekent dat de betreffende verrichting valt onder de lijst van geaccrediteerde verrichtingen (RvA : L 153).

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

De splijtstofwisselperiode vond in 2017 van eind april tot medio juli plaats. Dit is een lange en complexe onderhoudsstop geweest om de maatregelen die uit de tien-jaarlijkse evaluatie naar voren zijn gekomen uit te voeren [2]. Tabel 2 bevat de gegevens van de door RIVM geanalyseerde afvalwatermonsters. De monsters 2 en 3 bevatten afvalwater uit de splijtstofwisselperiode. Het kwartaalmengmonster komt uit het tweede kwartaal van 2017.

Om uitzakken van radioactieve componenten ondanks het geleermiddel te voorkomen wordt er naar gestreefd de gammaspectrometrische analyse binnen twee weken na ontvangst van het monster uit te voeren. Ter illustratie hiervan is ook de datum van de analyses in Tabel 2 vermeld.

Tabel 3 bevat de gegevens van de door RIVM geanalyseerde ventilatieluchtmonsters. De ventilatieluchtmonsters worden doorgaans op dezelfde dag opgehaald als de afvalwatermonsters.

Tabel 2: Monstergegevens afvalwater in 2017

Nr.	Lozingsdatum	Ophaaldatum	Datum gammaspectrometrie *
1	3 april	5 april	10 april
2	27 mei	31 mei	6 juni
3	28 mei	31 mei	7 juni
4	11 juni	14 juni	19 juni
5	12 juni	14 juni	21 juni
6	20 juli	26 juli	2 augustus
7	14 september	27 september	12 oktober
8	25 oktober	1 november	2 november

* Gestreefd wordt naar het uitvoeren van de meting binnen 2 weken na ontvangst monsters (analyse gereed binnen 3 weken)

Het kwartaalmengmonster komt uit het tweede kwartaal van 2017 en is opgehaald op 27 september 2017.

Tabel 3: Monstergegevens ventilatielucht in 2017

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Datum* gammaspectrometrie
1	24 - 31 maart	5 april	7 april
2	12 - 19 mei	31 mei	12 juni
3	19 - 26 mei	31 mei	8 juni
4	26 mei - 2 juni	14 juni	15 juni
5	2 - 9 juni	14 juni	15 juni
6	14 - 21 juli	26 juli	31 juli
7	15 - 22 september	27 september	28 september
8	2 - 27 oktober	1 november	1 november

* De datum is de meetdatum van het filterpakket als geheel. Indien er een aantoonbare activiteit in het filterpakket wordt aangetroffen worden de onderdelen van het pakket gemeten.

3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door KCB in 2017, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn aangepaste versies van de methoden toegepast in de voorgaande rapportages (Bijlage B en [3]). In opdracht van de ANVS worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503.1 [4], en KTA-1504 [5]) voor de uitvoering van de analyses aangehouden. Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die gehaald moeten kunnen worden.

Indien mogelijk hanteren RIVM en KCB dezelfde NEN-normen. Voor gamma-spectrometrie wordt gewerkt conform NEN 5623 [6]; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636 [7]. Waar er geen Nederlandse norm voorhanden is, wordt gewerkt volgens eigen methoden met een onderliggend validatierapport. Dit geldt voor totaal alfa en totaal bèta in afvalwater en voor de bepaling van ^3H in afvalwater.

3.1 Tweevoudbepalingen

VLH voert sommige analyses in tweevoud uit. Wanneer het verschil tussen de twee meetwaarden van een tweevoudbepaling groter is dan 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. 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.

In dit rapport zijn de gammaspectrometrische metingen door RIVM van het door KCB gegeleerde preparaat en van het door RIVM gegeleerde preparaat als twee afzonderlijke metingen behandeld. De reden hiervoor is, dat het door KCB gegeleerde preparaat en het (op een later tijdstip) door RIVM gegeleerde preparaat, vaak in samenstelling bleken te verschillen.

3.2 Bepaling van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater

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

telopbrengst wordt berekend uit het verschil in de resultaten van de beide telpreparaten en de toegevoegde activiteit aan ^{241}Am .

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

3.3 Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater

Van het ongegeleerde afvalwatermonster wordt een monster van 250 ml afgemeten. Het monster wordt in een teldoos gemengd met behangplaksel en geschud tot een homogene stijve massa verkregen is. Dit 'geleren' dient ter voorkoming van het uitzakken van de radioactieve componenten bij gammaspectrometrische analyses met lange teltijden [8]. De monsters worden gemeten op een N-type halfgeleiderdetector gekoppeld aan een pulssorteerder met 8192 kanalen over een energiebereik van 30 keV tot 2 MeV in een meettijd van 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma Genie2000 (onder APEX) aan de hand van een nuclidenbibliotheek.

Tabel A3 in Bijlage A toont de nucliden die in de nuclidenbibliotheek zitten. Daarnaast wordt door het analyseprogramma melding gemaakt van pieken die wel gedetecteerd zijn in het spectrum maar die niet aan één van de nucliden in de bibliotheek zijn toe te wijzen. Is dit het geval dan vindt een nadere analyse van het spectrum plaats. RIVM corrigeert voor radioactief verval, door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar 12.00 uur op de dag van de lozingsdatum. KCB corrigeert voor verval naar het tijdstip van de monstername (zie ook H6, Analyseprocedures van KCB).

Indien door RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetroffen, wordt de detectielimiet voor ^{60}Co gegeven. De waarde van de detectielimiet voor ^{60}Co geeft een indicatie van de bereikte gevoeligheid volgens KTA 1504 [5]. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ^{60}Co lager is dan 1 kBq m^{-3} .

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

3.4 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 dit monster is gedestilleerd, wordt door middel van LSC-meting de activiteitsconcentratie van tritium bepaald. Per monsterflesje wordt één telling tot een telfout van 1% of tot maximaal 200 minuten 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.

3.5 **Bepaling van de ⁸⁹Sr- en ⁹⁰Sr-activiteitsconcentratie in afvalwater**

De bepaling van strontium in afvalwater berust op selectieve complexatie van strontiumionen door een kroonether op een Sr-specifieke kolom. De kroonether is in staat Sr²⁺-ionen selectief te complexeren in aanwezigheid van een overmaat aan Ca²⁺- en Ba²⁺-ionen.

Aan een deelmonster van, bijvoorbeeld, 250 mL wordt ⁸⁵Sr-merker en Sr-drager toegevoegd. Met ammonia wordt de oplossing op pH 10 gebracht. Vervolgens wordt een CaCl₂ en een Na₂CO₃-oplossing toegevoegd en dit wordt onder verwarmen geroerd. Eénwaardige en tweewaardige ionen worden door middel van een carbonaatprecipitatie van elkaar gescheiden. Het supernatant, met daarin de éénwaardige ionen K⁺ en NH₄⁺, wordt gedecanteerd. Het precipitaat (zonder éénwaardige ionen) wordt opgelost in een salpeterzuur/aluminiumnitraat-oplossing en daarna op een voorgespoelde Sr-specifieke kolom gebracht waarop de Sr-ionen achterblijven. Met water worden de Sr-ionen gedesorbeerd en opgevangen in een telflesje. Na toevoeging van scintillatiecocktail wordt het preparaat direct gemeten op de vloeistofscintillatieteller. Na twee weken volgend op de eerste meting wordt het preparaat wederom gemeten om de ingroei van ⁹⁰Y te bepalen. Voor de opbrengstbepaling van strontium wordt ⁸⁵Sr gebruikt. Het LSC-spectrum wordt in drie 'windows' onderscheiden. Uit het spectrum met bijdragen van ⁸⁵Sr, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr en ⁹⁰Y wordt de activiteitsconcentratie van ⁸⁹Sr- en ⁹⁰Sr in het afvalwatermonster berekend.

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

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

Per analyse wordt van het filterpakket een te analyseren preparaat samengesteld bestaande uit, in volgorde, het geponste aerosolfilter, de DSM11-absorber 1 en de kool-absorber 1. Van dit preparaat wordt een gammaspectrum opgenomen en geanalyseerd op dezelfde wijze als dit bij afvalwater gebeurt.

De nucliden in de nuclidenbibliotheek zijn weergegeven in Tabel B3 in Bijlage B. Indien uit de analyse blijkt dat er vluchtige nucliden in het pakket aanwezig zijn, worden de vijf afzonderlijke delen (dus ook het tweede monster DSM11 en het tweede monster kool) van het totale pakket gemeten en geanalyseerd. Voor radioactief verval van de gedetecteerde nucliden wordt gecorrigeerd naar het midden van de monsterperiode. Voor de kalibratie van de gammaspectrometrie-opstelling wordt gebruik gemaakt van een bekende hoeveelheid activiteit overgebracht in preparaatvormen van eenzelfde vorm, afmeting, mate van homogeniteit en dichtheid als de te meten filters.

Voor de meetgevoeligheid wordt gerefereerd aan de detectielimiet voor ⁶⁰Co en ¹³¹I. De KTA 1503.1⁴ 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 VLH-H-004 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

3.7 **Bepaling van de activiteitsconcentratie van ^3H en ^{14}C in ventilatielucht**

KCB bemonstert anorganisch en organisch ^3H en ^{14}C in een deelstroom van de geloosde ventilatielucht door middel van molecuulzeven (zie Bijlage B) in twee parallel functionerende (redundante) bemonsteringssystemen. EPZ stuurt de zeolietmonsters van TL080R019 op voor analyse door Areva (Erlangen, D). RIVM haalt de korrels uit de zeolietpatroon TL080R020 op bij KCB voor analyse.

Elk monsternamesysteem (TL080R019 en -R020) bestaat uit twee zeolietpatronen in serie met ertussen een katalytische oxidator. Het zeolietmateriaal absorbeert alleen de chemische vormen H_2O en CO_2 . De eerste zeoliet absorbeert $^3\text{H}_2\text{O}$ en $^{14}\text{CO}_2$, maar laat de organische fracties met ^3H en ^{14}C passeren. De organische fracties ^3H en ^{14}C worden katalytisch geoxideerd tot $^3\text{H}_2\text{O}$ en $^{14}\text{CO}_2$. Deze oxidatieproducten $^3\text{H}_2\text{O}_{\text{org}}$ en $^{14}\text{CO}_{2,\text{org}}$ worden op de tweede zeoliet geabsorbeerd.

De zeolietmonsters van TL080R020 worden door RIVM opgehaald. Het zeolietmateriaal wordt onder het doorleiden van een N_2 -stroom uitgestookt bij ca. $380\text{ }^\circ\text{C}$. Het vrijkomende H_2O wordt in een koude val gecondenseerd; het telpreparaat bestaat uit 10 ml water en 10 ml Ultima Gold LLT vloeistofscintillatiecocktail. Het vrijkomende CO_2 wordt geabsorbeerd in een organische base (Carbosorb-E); het telpreparaat bestaat uit ca. 8 ml Carbosorb E plus 12 ml Instagel-plus, analoog aan de methode voor het bepalen van ^{14}C in COVRA afvalwater.

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

3.8 **Foutenberekening**

De door RIVM opgegeven fout 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) [9]. Indien de analyse in tweevoud is uitgevoerd wordt het gemiddelde en de fout daarin gerapporteerd. Bij het schatten van de totale fout worden telfouten, kalibratiefouten en experimentele fouten meegenomen. Onder experimentele fouten vallen bijvoorbeeld fouten bij wegen en volumebepalingen.

Waar van toepassing, is voor de volumebepaling in de hoeveelheid bemonsterde lucht een fout van 1% opgenomen in de experimentele fout. Een correctie voor de achtergrond is in alle gevallen meegenomen in de activiteitsberekening en in de foutenberekening.

Bepaling van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater

Hier wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een ^{241}Am -standaard. De totale fout in de totaal alfa-activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat

zonder standaard, een telfout van het preparaat met standaard, een kalibratiefout en een experimentele fout.

Gammaspectrometrie

Voor de gammastraling uitzendende nucliden vindt rapportage plaats met een aangegeven fout voortkomend uit telstatistiek, kalibratie, achtergrond, onzekerheid in de yield, monstervoorbehandeling en –in het geval van luchtmonsters– het bemonsterde volume. Aan het door KCB aangemaakte gelpreparaat dat door RIVM wordt gemeten, wordt geen fout voortkomend uit de monstervoorbehandeling toegekend. Indien er sprake is van cascadeverval dan is een extra fout toegevoegd aan de gerapporteerde activiteitsconcentraties.

Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater

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

Bepaling van de ^{89}Sr -en ^{90}Sr -activiteitsconcentratie in afvalwater

Voor ^{89}Sr wordt de totale fout samengesteld uit de telfout, de fout in de ^{89}Sr - quenchcurve, de fout in de ^{85}Sr -opbrengstbepaling en een experimentele fout. Voor ^{90}Sr wordt de totale fout gelijk gesteld aan de fout in de ^{90}Y -bepaling. Deze is samengesteld uit de telfout na minimaal 2 weken ingroei van ^{90}Y , de fout in de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -quenchcurve, de fout in de ^{85}Sr -opbrengstbepaling en een experimentele fout. Indien er ^{89}Sr in het monster aanwezig is dan wordt de fout in de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -bepaling groter door de onzekerheid in de verschilbepaling van (^{89}Sr plus ^{90}Y na ingroei) - ^{89}Sr .

Bepaling van de ^3H en ^{14}C -activiteitsconcentratie in ventilatielucht

De totale fout is samengesteld uit de telfout, een onzekerheid die samenhangt met de ^3H en de ^{14}C quenchcurve en een experimentele fout. RIVM ontvangt en analyseert het ^{14}C - en ^3H monster dat door KCB genomen is en kan geen uitspraak doen over de onzekerheid in de monsternamen door KCB en de onzekerheid in de bepaling van het debiet in de hoofdstroom en de deelstroom.

3.9 Kwaliteitsborging

Het Centrum Veiligheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM/VLH) is voor een aantal verrichtingen geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie volgens NEN-EN-ISO 17025 [10] (registratienummer L153). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties (ANVS) en zijn gemarkeerd met een 'Q'. Zie Tabel 1 in hoofdstuk 2.

In het kader van de bewaking van de kwaliteit van de gebruikte analyse- en meetmethoden neemt RIVM jaarlijks deel aan het ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [11]. Door een misverstand met de transporteur DHL heeft KCB in 2017 niet deelgenomen aan het Abwasser ringonderzoek. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door KCB bepaalde activiteitsconcentraties worden afgerond overgenomen uit de opgaven van KCB [12]. KCB geeft 2s op als de fout, RIVM 1s. De door KCB opgegeven fouten worden door 2 gedeeld, zodat in dit rapport overal 1s als fout wordt toegepast.

De overeenkomst tussen de meetresultaten van RIVM en die van de onderzochte nucleaire installatie (NI) wordt ingedeeld in één van de categorieën A1, A2, B, of C, die gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Vergelijking vindt alleen plaats als zowel RIVM als het onderzochte bedrijf een activiteit hebben aangetoond en opgegeven. Het vergelijken van de gemeten waarden x_{NI} en x_{RIVM} is ook te verwoorden als het bepalen van het verschil $\Delta = x_{NI} - x_{RIVM}$. Het verschil tussen de meetwaarden wordt berekend uit de getallen zoals deze worden weergegeven, dus na afronding van de meetwaarde van RIVM (volgens NEN 1047 [13]). De fout in dit verschil is: $s_{\Delta} = \sqrt{(s_{NI}^2 + s_{RIVM}^2)}$. Indien de NI geen opgave doet van de onzekerheid in het analysesresultaat, wordt verondersteld dat de fout in de meetwaarde van de NI, s_{NI} , gelijk is aan de fout in de meetwaarde van RIVM, s_{RIVM} .

In het ideale geval, bij een voldoende groot aantal metingen van hetzelfde monster, ligt het gemiddelde ten opzichte van de toevallige variaties zeer dicht bij de 'ware waarde' en komt de standaarddeviatie van de meetwaarden overeen met de opgegeven fouten. Als de spreiding benaderd kan worden met de normale verdeling (zie figuur), dan kunnen de volgende frequenties of waarschijnlijkheden van voorkomen van de categorieën verwacht worden:

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

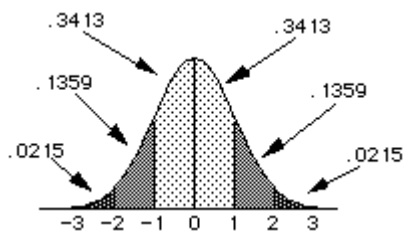


Fig 1 Schematische weergave van een Gausse verdeling

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

Ten behoeve van de contra-expertise geeft KCB bij de resultaten van de afvalwatermonsters twee fouten op, namelijk de totale fout inclusief en exclusief inhomogeniteitsfout. Bij de vergelijking van de RIVM meetwaarden in KCB-gel met KCB meetwaarden wordt voor s_{NI} de fout

exclusief inhomogeniteitsfout gehanteerd. Bij het beoordelen van de resultaten behaald bij de RIVM-gel wordt de totale fout echter inclusief inhomogeniteitsfout toegepast. Er wordt immers een (mogelijk inhomogeen) watermonster na schudden gegeleerd.

4 Resultaten en discussie

4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door RIVM en KCB [12] en de daarbij behorende fouten ('s', zie hoofdstuk 3) zijn te vinden in Bijlage A. In Tabel A1 van deze bijlage zijn alleen die gammastralers opgenomen die in de afvalwatermonsters zijn aangetoond. Indien een gammastraler wel door KCB maar niet door RIVM is aangetoond dan wordt de detectielimiet van RIVM voor het betreffende nuclide in deze Tabel opgenomen.

De activiteitsconcentratie van gammastralers in ventilatielucht zoals bepaald door RIVM en KCB en de vergelijking daarvan staan in Tabel A4. In deze Tabel 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. Toont RIVM geen activiteit aan in een gemeten onderdeel van het pakket, dan wordt de MDA (minimaal detecteerbare activiteit) opgegeven.

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie

Het resultaat van de vergelijking zoals beschreven in paragraaf 3.10 is in de tabellen van Bijlage A vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van KCB met die van RIVM voor de RIVM-gel en KCB-gel zijn samengevat in Tabel 4 en Tabel 5. 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 - RIVM-gel

In het afvalwatermonster (door RIVM gegeleerd) werden twee verschillende gammastralers en tritium zowel door RIVM als door KCB aangetoond (zie Tabel 4 en A1). Let op dat in tabel A1 de onzekerheden van KCB in 2s zijn gegeven.

Tabel 4 RIVM-gel: vergelijking van RIVM-meetresultaten aan een door RIVM gegeleerd monster met KCB-meetresultaten aan het KCB gelmonster

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	ΣB *	ΣC *
Co-60			C			A1		A1	2 (1-3)	0 (0-2)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)
Cs-137								A1	1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
H-3	B	B	C	B	B	B	A2	C	<u>0</u> (3-7)	1 (0-4)	<u>5</u> (0-1)	<u>2</u> (0-0)
Totaal									<u>3</u> (5-11)	1 (1-6)	<u>5</u> (0-2)	<u>3</u> (0-0)

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

Er zijn door RIVM in de afvalwatermonsters in totaal zeven gammastralers aangetoond, namelijk ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{109}Cd , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{133}Xe en ^{137}Cs . KCB toonde ^{60}Co , $^{123\text{m}}\text{Te}$, ^{133}Xe en ^{137}Cs aan.

De activiteitsconcentraties van RIVM liggen tussen 0,3 en 199 kBq.m⁻³.

Verder is opvallend dat RIVM in monster 2 ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ en ^{133}Xe aantreft, en in monster 3 ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{109}Cd , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb en ^{137}Cs waar

KCB heel weinig (^{60}Co) of niets rapporteert. Hoogstwaarschijnlijk speelt de monster-inhomogeniteit een rol. Het feit dat de genoemde nucliden allen hetzelfde gedrag vertonen, dat wil zeggen dat de RIVM waarden veel hoger zijn dan de KCB-waarden, is daarvoor een sterke aanwijzing.

^3H

In elk van de acht batchmonsters is door zowel KCB als RIVM het nuclide ^3H aangetoond: met eenmaal A2, vijfmaal B en tweemaal C zijn de overeenkomsten duidelijk minder vergeleken met de voorgaande rapportage [3]. Opvallend is dat er een systematisch verschil is van gemiddeld +10 % (9-11 %) in ^3H -data van de monsternummers 1, 4, 5, 6, 7 van RIVM en KCB; dat wil zeggen dat RIVM altijd hogere waarden rapporteert. Gezien de constante verhouding lijkt het verschil veroorzaakt te worden door een afwijkende kalibratie bij een van de 2 laboratoria. Uitzondering zijn juist de monsters nr 2, 3 en 8, waar RIVM 10-50% lagere waarden rapporteert. De oorzaak is niet duidelijk.

Vergelijking ^3H resultaten behaald in BfS Abwasser 2017

In het BfS-ringonderzoek in 2017 heeft KCB niet deelgenomen door een misverstand bij de aflevering van de watermonsters door DHL. RIVM heeft in 2017 zowel in Modellwasser als Reales Wasser ^3H bepaald met een afwijking van de doelwaarde van minimaal -1,5 % en maximaal 2%.

^{90}Sr en ^{89}Sr , totaal-alfa

In het kwartaalmengmonster van het tweede kwartaal is door RIVM en KCB geen ^{90}Sr en ^{89}Sr gevonden (Tabel A4). De resultaten voor ^{90}Sr en totaal-alfa in het mengmonster van het tweede kwartaal zijn gelijk aan of vlak boven de detectiegrens. De detectiegrens van RIVM voor ^{89}Sr is ruim hoger dan de door de KTA vereiste $0,5 \text{ kBq.m}^{-3}$. Dit is te wijten aan het erg lange tijdsverloop tussen het tweede kwartaal van 2017, de aanmaak van het kwartaalmengmonster in het derde kwartaal, het ophalen van het monster en de bepaling begin 2018. De resultaten van RIVM voor ^{89}Sr in het Abwasser 2017 ringonderzoek zijn goed en onderbouwen dat de kwaliteit van de bepaling van ^{89}Sr in afvalwater niet ter discussie staat.

4.2.2

Afvalwater- KCB-gel

In de KCB-gel werden drie verschillende gammastralers zowel door RIVM als door KCB aangetoond (zie Tabel 5 en A2).

Tabel 5 KCB-gel: vergelijking van RIVM-meetresultaten met KCB-meetresultaten aan het KCB gelmonster

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	ΣA1^*	ΣA2^*	ΣB^*	ΣC^*
Co-60			A2			B		A2	0 (1-3)	2 (0-2)	1 (0-1)	0 (0-0)
Xe-133	A1								1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Cs-137								A1	1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Totaal									2 (2-5)	2 (0-3)	1 (0-1)	0 (0-0)

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

Opvallend is het lage aantal radionucliden en de lage activiteitsconcentraties (< 5 kBq.m^{-3} ; zie Tabel A1). De overeenstemming is goed. Bij de vergelijking van de gemeten

concentraties van de gammastralers in de KCB-gel komt de categorie A1 en A2 volgens de statistische verwachting voor.

4.2.3 Ventilatielucht

RIVM en KCB hebben beide in de filterpakketten geen enkele ^{131}I activiteit of gamma activiteit van een ander nuclide aangetroffen.

^3H en ^{14}C

KCB heeft de gehele zeoliethouders van het bemonsteringssysteem TL080R019 laten analyseren op het ^3H en ^{14}C gehalte door het radiochemisch laboratorium van Areva te Erlangen (D). De data in de kwartaalrapportages zijn aangeleverd door Areva (in Bq/zeolietpatroon).

RIVM heeft de data van Areva gedeeld door het volume per patroon van TL080R019; het resultaat is dus een activiteitsconcentratie in $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. De data van RIVM zijn gedeeld door het volume van het patroon van TL080R020 ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$). De vergelijking is dus uitgevoerd met de verkregen activiteitsconcentratie in het bemonsterde deelvolumen van het kwartaal. Zie de tabellen A6 en A7.

De data van de zeolietmonsters van het eerste en tweede kwartaal van 2017 zijn in dit rapport opgenomen. Voor elk kwartaal is er een anorganische en een organische fractie waarin de activiteitsconcentratie van $^3\text{H}_2\text{O}$ en $^{14}\text{CO}_2$ wordt bepaald. Zie tabel 6.

Tabel 6 vergelijking van RIVM- en KCB-meetresultaten voor ^3H en ^{14}C in kwartaalmonsters van ventilatielucht ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) in 2017

Parameter		^3H	^{14}C
Kwartaal 1	org	A2	C
	anorg	A2	A2
Kwartaal 2	org	A2	B
	anorg	A2	A2

De (an)organische ^3H -fracties vertonen een goede overeenkomst; 4 maal A2.

RIVM rapporteert een lagere activiteit dan KCB voor de organische ^{14}C fracties in het 1^e en 2^e kwartaalmonster (voor RIVM en KCB: 103 en 132, respectievelijk, 202 en 245 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$). Waarschijnlijk zijn er kleine verschillen tussen de beide bemonsterings-systemen. Met een realistische experimentele onzekerheid van 10 % zou de vergelijking voor ^{14}C in de organische fractie verbeteren tot B en A2; in de anorganische fractie tot A1 en A2.

4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise

Er komen net als vorig jaar weinig structurele problemen voor bij de vergelijking van de analytische resultaten die behaald zijn tijdens de contra-expertise van afvalwater en ventilatieluchtmonsters. Bij de afvalwatermonsters 2 en 3 heeft RIVM enkele nucliden aangetoond die KCB niet heeft aangetroffen. In de overige 6 monsters is er een opvallend laag aantal nucliden aangetoond met een erg lage activiteitsconcentratie.

De overeenkomst in de ^3H resultaten in afvalwater is acceptabel, maar kan zeker nog verbeterd worden.

De vergelijking van de ventilatieluchtdata voor ^3H en ^{14}C is in het eerste en tweede kwartaal redelijk tot goed. Mogelijk spelen onbekende verschillen tussen de twee monstersystemen een rol.

Ter wille van de overzichtelijkheid is in tabel 7 een samenvatting gegeven van de uitgevoerde contra-expertise in 2017.

Tabel 7 Overzicht van overeenstemming tussen KCB en RIVM meetresultaten in 2017

Parameter	Afvalwater	Ventilatielucht
Totaal-alfa	< MDA	-
Gamma spectrometrie		Geen gamma activiteit
- KCB-gel	goed	
- RIVM-gel	redelijk	
Strontium-89	< MDA	-
Strontium-90	< MDA	-
Koolstof-14	-	Redelijk/goed
Tritium	redelijk	Goed

MDA = minimaal detecteerbare activiteit

5 Bijlage A Vergelijking meetresultaten

Afvalwater - 2017

Tabel A1 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers in afvalwatermonster, gegeleid door RIVM (kBq.m-3); 3H in MBq m-3.

WATER	periode 1			periode 2		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Mn-54				0,17 ± 0,06		< 0,4
Co-60	0,27 ± 0,06		< 0,5	13,0 ± 0,6		< 0,6
Ru-106						
Cd-109						
Ag-110m				43,9 ± 1,5		
Te-123m						
Sb-124						
Xe-133	< 4		3,1 ± 0,3	4,1 ± 1,2		
Cs-137						
H-3	6900 ± 200	B	6300 ± 300	137 ± 5	B	153 ± 8

WATER	periode 3			periode 4		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Mn-54	0,45 ± 0,10		< 0,4			
Co-60	118 ± 5	C	1,9 ± 0,9	0,40 ± 0,06		< 0,8
Ru-106	43 ± 4					
Cd-109	0,6 ± 0,2					
Ag-110m	199 ± 6					
Te-123m						
Sb-124	0,61 ± 0,18		< 0,4			
Xe-133						
Cs-137	0,98 ± 0,19		< 0,8			
H-3	15,8 ± 0,5	C	24,2 ± 1,5	2370 ± 80	B	2110 ± 110

WATER	periode 5			periode 6		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Mn-54						
Co-60				1,89 ± 0,12	A1	1,7 ± 0,8
Ru-106						
Cd-109						
Ag-110m						
Te-123m						
Sb-124						
Xe-133						
Cs-137						
H-3	2490 ± 80	B	2240 ± 120	74 ± 2	B	67 ± 4

Tabel A1 (vervolg): Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers in afvalwatermonster uit 2017, gegeleid door RIVM (kBq.m⁻³); 3H in MBq m⁻³.

WATER	periode 7			periode 8		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Mn-54	0,56 ± 0,06		0,69 ± 0,13	4,6 ± 0,2	A1	5 ± 2
Co-60						
Ru-106						
Cd-109						
Ag-110m						
Te-123m	< 0,13					
Sb-124						
Xe-133						
Cs-137				0,57 ± 0,10	A1	0,57 ± 0,14
H-3	71 ± 4	A2	65 ± 4	1,02 ± 0,06	C	2,1 ± 0,3

Tabel A2 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers in afvalwatermonsters uit 2017, gegeleid door KCB (kBq.m⁻³)

GEL	periode 1			periode 2		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60				0,60 ± 0,07		< 0,6
Ag-110m						
Te-123m						
Xe-133	3,0 ± 0,2	A1	3,1 ± 0,3			
Cs-137						

GEL	periode 3			periode 4		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	2,24 ± 0,15	A2	1,9 ± 0,3	0,46 ± 0,08		< 0,8
Ag-110m	0,18 ± 0,06		< 0,39			
Te-123m						
Xe-133						
Cs-137	0,89 ± 0,11		< 0,8			

GEL	periode 5			periode 6		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60				2,05 ± 0,14	B	1,67 ± 0,12
Ag-110m						
Te-123m				0,14 ± 0,03		< 0,2
Xe-133						
Cs-137						

GEL	periode 7			periode 8		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	0,57 ± 0,06		< 0,75	4,3 ± 0,2	A2	4,7 ± 0,2
Ag-110m						
Te-123m	< 0,2		0,69 ± 0,07			
Xe-133						
Cs-137				0,59 ± 0,10	A1	0,57 ± 0,14

Tabel A3 : De nucliden in de bibliotheek van RIVM voor analyse van gammaspectra van monsters afvalwater en ventilatielucht

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

* Volgens KTA 1504 en KTA 1503.1⁴ te onderzoeken nucliden

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden⁵

Tabel A4 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie van totaal-alfa, ⁸⁹Sr en ⁹⁰Sr in het afvalwater mengmonster van kwartaal 2, 2017 van KCB (kBq m⁻³)

2017 kwartaal-2			
nuclide	RIVM	V	KCB
totaal-alfa	0,092 ± 0,018		<0,17
⁸⁹ Sr	n.d.		<0,50
⁹⁰ Sr	<0,15		<0,50

N.d. Niet detecteerbaar. De detectielimiet van RIVM voor ⁸⁹Sr voldoet niet aan KTA1504 (< 0,5 kBq.m⁻³); dit heeft te maken met de tijd tussen monsternamen en uitvoering van de ⁸⁹Sr bepaling.

Ventilatielucht - 2017

In de filterpakketten uit de periodes (zie tabel A5) is *geen enkele gamma activiteit* aangetroffen door zowel RIVM als KCB.

Tabel A5 : weekperiodes in 2017 waarvan de ventilatielucht filterpakketten gammaspectrometrisch zijn onderzocht.

1	24-31 maart	< MDA *
2	12-19 mei	< MDA *
3	19-26 mei	< MDA *
4	26 mei- 2 juni	< MDA *
5	2 -9 juni	< MDA *
6	14 - 21 juli	< MDA *
7	15-22 september	< MDA *
8	20-27 oktober	< MDA *

* KTA 1503.1⁴ eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor ⁶⁰Co en ¹³¹I minder dan 20 mBq m⁻³ bedraagt.

Tabel A6 : Vergelijking van ^3H -activiteitsconcentraties ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) in de zeolietkwartaalmonsters van ventilatielucht genomen met de opstelling TL080R020 (RIVM) en TL080R019 (EPZ)

Periode	Aard v.d. 2017 fractie	H-3		
		RIVM	V	EPZ
1ste kwart	organisch	$3,5 \pm 0,2$	A2	$3,1 \pm 0,2$
	anorganisch	168 ± 11	A2	145 ± 10
2de kwart	organisch	$9,3 \pm 0,6$	A2	$10,9 \pm 0,7$
	anorganisch	410 ± 30	A2	460 ± 30

* EPZ rapporteert geen onzekerheden bij de ^3H activiteitsconcentraties. Vergelijking is uitgevoerd met de (relatieve) meetonzekerheid van RIVM.

Tabel A7 : Vergelijking van ^{14}C -activiteitsconcentraties ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) in de zeolietkwartaalmonsters van ventilatielucht genomen met de opstelling TL080R020 (RIVM) en TL080R019 (EPZ)

Periode	Aard v.d. 2017 fractie	^{14}C		
		RIVM	V	EPZ
1ste kwart	organisch	103 ± 5	C	132 ± 7 $13,8 \pm$
	anorganisch	$15,3 \pm 0,8$	A2	$0,7$
2de kwart	organisch	202 ± 10	B	245 ± 12
	anorganisch	47 ± 2	A2	41 ± 2

* EPZ rapporteert geen onzekerheden bij de ^{14}C activiteitsconcentraties. Vergelijking is uitgevoerd met de (relatieve) meetonzekerheid van RIVM.

6 Bijlage B Analyseprocedures van KCB in 2017

B1 Bepaling van C-14 en H-3 lozing door de ventilatieschacht Documentgegevens

Titel: Bepaling van de koolstof-14 en tritium lozing door de ventilatieschacht

Identificatie: N04-26-033

Versie: 9

Opsteldatum: 11-12-2015

Documentsoort: Analysevoorschrift KMC

Opstelprocedure: PO-N04-26

Reviewfrequentie: 48 maanden

Volgende review: 11-12-2019

7. WERKWIJZE

7.1 WISSELEN VAN DE CILINDERS MET MOLECULAIRZEEF

- Enkele dagen voor plaatsing in het monsternameapparaat nieuwe molecuulairzeef gedurende 8 uur uitstoken op 350 EC onder doorleiden van stikstof (5 NI/h). De molecuulairzeef af laten koelen onder doorleiden van stikstof.
- Vul een lege cilinder met uitgestookte molecuulairzeef, schroef de cilinder dicht en bepaal de massa van de cilinders plus molecuulairzeef. Noteer de massa op de betreffende cilinder. Bovenstaande wordt voor iedere cilinder apart uitgevoerd
- Voor verwijderen van de cilinders de wacht inlichten.
- Zet de schakelaar in de monsternamekast op 0 en noteer de datum/tijd op de cilinder.
- Verwijder de geplaatste cilinders met molecuulairzeef uit de automatische monstername- apparatuur.
- Noteer de tellerstand van het aantal pompslagen op de meetstaat.
- Plaats de cilinders met nieuwe molecuulairzeef in het monsternameapparaat en reset de teller.
- Wissel het papierfilter in de inlaat van het monsternameapparaat (alleen in TL080R020).
- In de maanden januari en juli ook de katalysatormassa in de oven van het monstername- apparaat wisselen (pas op HEET).
- Zet de schakelaar in de monsternamekast op stand 4 en noteer de datum/tijd op de cilinders.
- Bepaal de massa's van de gewisselde cilinders plus molecuulairzeef en noteer deze massa's ook op de cilinder.

7.2 UITSTOKEN VAN DE MOLECULAIRZEEF

De werkwijze is voor beide cilinders, organisch en anorganisch gelijk

- Schakel de koeler in de dag voor uitstoken en stel de koelertemperatuur in op 10 EC.
- Op de dag van uitstoken de koelertemperatuur instellen op 1 EC.

- Controleer de uitstookopstelling (zie bijlage 2) op compleetheid, de aanwezigheid van stikstof en de elektrische aansluitingen. Controleer ook de aanwezige o-ringen op beschadigingen.
- Breng m.b.v. een maatcilinder 70 ml carbosorb in gaswasflesje 1 en 60 ml carbosorb in gaswasflesje 2. Eventueel eerst voorspoelen met carbosorb.
- Stel de stikstofdruk op de reduceer in op ca. 0,25 bar, open de toevoer en stel het debiet in op ca. 3,0 NI/h. Wacht op een regelmatige bellenstroom in de gaswasflesjes.
- Sluit de beide afvoeren van het tweede gaswasflesje en wacht tot de bellenstroom stopt. Het stikstofdebiet moet < 0,3 NI/h worden, bij een druk van 0,25 bar. Na de lektest de stikstoftoevoer sluiten en de druk voorzichtig aflaten door de afvoer van het tweede gaswasflesje te openen.
- Breng de uit te stoken molecuulairzeef over in de glazen ovenbuis en sluit deze goed.
- Stel het stikstofdebiet in op 0,3 NI/h en voeg via het septum langzaam water toe totdat het watergehalte van de molecuulairzeef 12,5-15,0 g per 100 g molecuulairzeef bedraagt. Het patroon bevat 320 g zeoliet, dit komt neer op een toevoeging van 48 gram water. Het patroon heeft al water opgenomen, dus toegevoegd moet worden: 48 gram min massa water geadsorbeerd.
Let op dat het bellenpatroon in de gaswasflesjes niet te heftig wordt, anders kan de vrijkomende CO₂ niet voldoende reageren met de Carbosorb.
- Schakel na 10 minuten wachten de buisoven in op 50 EC. Het gasdebiet door de gaswasflesjes zal tijdens opwarmen stijgen t.g.v. desorptie van CO₂
- Als het gasdebiet door de gaswasflesjes weer afgenomen is tot ca. 0,3 NI/h (na ca. 15 minuten) de oven-temperatuur verhogen tot 80 EC. Ook nu zal het gasdebiet door de gaswasflesjes weer stijgen.
- Als het gasdebiet door de gaswasflesjes weer afgenomen is tot ca. 0,3 NI/h (na ca. 15 minuten) de oven-temperatuur verhogen tot 100 EC. Ook nu zal het gasdebiet door de gaswasflesjes weer stijgen.
- Als het gasdebiet door de gaswasflesjes weer afgenomen is tot ca. 0,3 NI/h (na ca. 15 minuten) de oven-temperatuur verhogen tot 150 EC.
- 10 minuten na het bereiken van een temperatuur van 150 EC deze verhogen tot 200 EC en 10 minuten wachten.
- Temperatuur in stappen van 10 EC verhogen tot 240 EC steeds het bellenpatroon in de gaswasflesjes beoordelen (bij ca. 220 EC komt het water vrij).
- Na 20 minuten de oventemperatuur verhogen tot 350 EC en het stikstofdebiet tot 1,0 NI/h.
- Na 5 uur op 350 EC de stikstoftoevoer sluiten en de koeler uitschakelen.
- Voor de koolstof-14 bepaling.
De inhoud van gaswasflesje 1 of 2 overbrengen in een droge maatcilinder van 100 ml. Het gaswasflesje spoelen met carbosorb via de gastoevoer met 3 maal 5 ml carbosorb en dit ook in de maatcilinder brengen. Na spoelen het volume van de carbosorb

bepalen en deze vanuit de maatcilinder overbrengen in een, vooraf gemerkt, glazen monsterflesje van 100 ml.

- Voor de tritiumbepaling.
Spoel met ca. 15 ml met een injectiespuit met naald de laatste resten condensaat uit de gasafvoer van de ovenbuis via de koeler in de rondbodemkolf. Spoel daarna de koeler met ca. 15 ml water en vang dit ook op in de rondbodemkolf. Breng de inhoud van de rondbodemkolf over in een droge maatcilinder van 100 ml. Spoel de kolf enkele malen met weinig deminwater en breng dit ook over in de maatcilinder. Lees het volume water af en breng dit over in een, vooraf gemerkt, plastic monsterflesje van 100 ml.

7.3 METEN VAN DE MONSTERS

7.3.1 Aanmaken van de monsters voor de meting

- Koolstof-14
De werkwijze is voor alle monsters carbosorb gelijk. Omdat de efficiëntie van de monsters afhankelijk is van eventuele verontreiniging wordt deze per monster bepaald. De monsters voor de scintillatiemeting worden aangemaakt in telflesjes van 20 ml

Tabel 2: Aanmaken monsters voor scintillatiemeting koolstof-14, hoeveelheden zijn in ml

	achtergrond	standaard 3,11 E+3 Bq	(AN)ORG fles 1 + BL	(AN)ORG fles 1 + ST	(AN)ORG fles 2 + BL	(AN)ORG fles 2 + ST
carbosorb	11	10	1	0	1	0
standaard	0	1	0	1	0	1
monster	0	0	10	10	10	10
permafluor	9	9	9	9	9	9

Hierna de telflesjes goed schudden en in het rekje met protocolvlag 19 plaatsen.

- Tritium
De werkwijze is voor beide monsters (organische en anorganische fase) gelijk.
Filtreer het monster af via een 0,2 micrometerfilter af en breng 10 ml in een telflesje en 10 ml ultima gold LLT scintillatievloeistof toevoegen. Telflesje goed schudden en in het rekje met protocolvlag 18 plaatsen.
Opmerking: destilleren levert een te grote kans op besmetting en is om deze reden afgeschaft.

Tabel 3: Aanmaken monsters voor scintillatiemeting Tritium, hoeveelheden zijn in ml

	blanco	Standaard E3	Org	Anorg
Demi	10	0	0	0
Standaard	0	10	0	0
Monster	0	0	10	10
Scintillatievloeistof	10	10	10	10

7.3.2 Meten van de monsters

- Koolstof-14
 - * Het telrekje met IPA-standaarden in het instrument plaatsen en de vlag uitschuiven
 - * Het telrekje met de monsterflesjes in het instrument plaatsen en de volgende gegevens invullen:
 - naam uitvoerende
 - de naam en de directory van te creëren bestand (C:\C14\YY\KW\anorg of org)
 - kies voor opslaan van de spectra en geef de directory waar de spectra opgeslagen moeten worden (C:\C14\YY\KW\anorg of org)
 - alle verdere gegevens liggen vast in het protocol
 - start de meting door de toets F11 in te drukken

- Tritium
 - * Het telrekje met IPA-standaarden in het instrument plaatsen en de vlag uitschuiven
 - * Het telrekje met de monsterflesjes in het instrument plaatsen en de volgende gegevens invullen:
 - naam uitvoerende
 - de naam en de directory van te creëren bestand (C:\C14\YY\KW\3H)
 - kies voor opslaan van de spectra en geef de directory waar de spectra opgeslagen moeten worden (C:\C14\YY\KW\3H)
 - alle verdere gegevens liggen vast in het protocol
 - start de meting door de toets F11 in te drukken

7.4 VERWERKEN_VAN DE MEETRESULTATEN

Alle berekeningen worden uitgevoerd in het excel-werkblad TL080R019_blanco.xls. Om deze berekeningen uit te kunnen voeren moeten de meetwaarden in het werkblad ingevoerd worden.

- Voer de meetwaarden in Excel. Voer ook de waarden in voor de SIS (Spectral Index of the Sample) en de IPA(Instrument Performance Assessment)-standaarden
- Rapportage geschiedt via een uitdraai van het tabblad rapportage.

7.5 BEPALING SLAGVOLUME ZUIGERPOMP

Jaarlijks wordt van beide systemen TL080R019 en TL080R020 het slagvolume van de zuigerpomp bepaald. De afvoer van TL080R019, respectievelijk TL080R020 wordt tijdelijk aangesloten op een natte gas (debiet) meter. De beginstand van de teller en het volume van de debietmeter worden genoteerd. Na een week wordt de debietmeter verwijderd en de tellerstand en volume weer genoteerd. Het slagvolume wordt nu berekend met de volgende formule:

$$\text{Slagvolume in ml/slag} = \frac{(Volume_{eind} - Volume_{begin})}{(Slagen_{eind} - Slagen_{begin})}$$

Er is sprake van een wijziging in de systemen, namelijk de afvoer ventilatielucht wordt nu niet retour gevoerd naar de ventilatieschacht (TL076), maar over een debietmeter geleid. Daarom moet er een tijdelijk modificatieblad ingevuld worden die door de plaatsvervangend wachtingenieur ingeschreven en getekend wordt. Dit formulier is te vinden onder formulieren, bedrijfsvoering, tijdelijk modificatieblad (TMB). De plaatsvervangend wachtingenieur geeft een blauw label (TMB-W) mee dat bevestigd moet worden aan het monsternamesysteem.

Het bepaalde slagvolume wordt aangepast in het excelblad TL080R019_blanco.

8 BEREKENING

Berekening C-14 en Tritium

Hierna volgt de berekening van de geloosde activiteit aan C-14/tritium over een bepaalde periode. Uitgangspunt is de gemeten impulsnelheid van het monster (cpm)

Het totaal bruto impulsen van het monster en de achtergrond wordt berekend door de impulsen per minuut (cpm) te vermenigvuldigen met de teltijd (20 minuten).

B2 Bepaling van de lozing van aerosolen en jodium via de ventilatieschacht

Documentgegevens

Titel: Bepaling van de lozing van aerosolen en jodium via de ventilatieschacht
 Identificatie: N17-25-220
 Versie: 4
 Opsteldatum: 25-3-2014
 Documentsoort: Meet- bedieningsinstructie
 Opstelprocedure: PO-N17-25
 Reviewfrequentie: 48 maanden
 Volgende review: 25-3-2018

3 UITVOERING

3.1 FILTERWISSEL

- Neem uit de kast een nieuw RVS filterpatroon en vul dit als volgt met verse zeoliet DSM11 en actieve kool, TEDA geïmpregneerd. Van boven naar beneden:
 - * 2 aerosolfilters, S-klasse, glasfaser, 90 mm (ligt los op filterpatroon);
 - * 2 bedden van 100 cm³ DSM11;
 - * 2 bedden van 200 cm³ actieve kool, TEDA geïmpregneerd. De zeoliet/koolbedden worden door gridjes gescheiden.
- Neem het gevulde patroon en het aerosolfilter mee naar TL080R015 (03415) danwel naar TL080R018 (03416).
- Open vervolgens de kast (tweede paneel van onder).
- Maak de vergrendeling van de hefboom links naast het filter los (palletje) en trek de hefboom naar voren. Hierdoor zakken het filter en de teflonbus die daaromheen zitten omlaag. Het filter komt daardoor vrij en de pomp slaat automatisch af.

- Noteer het doorstroomde volume en de standtijd zoals die zijn geregistreerd door de Microquant. Normaal gesproken staat het apparaat in de bedrijfsstand. In het display staat dan:

Qt= X.XX [m ³ /h]	Qt is de actuele doorstroming
Met behulp van de toetsen D en E kunnen de volgende bedrijfsparameters worden uitgelezen:	
Qt= X.XX [m ³ /h]	actuele doorstroming
ΣQ= X.XX [m ³]	actuele doorstroomde volume
T= X.X [h]	actuele standtijd
Δp= X.XX [mbar]	actuele drukval over het filter
Max 200,0 [mbar]	drukval over filter waarboven alarm wordt gegenereerd
Min 40,0 [mbar]	drukval over filter waaronder alarm wordt gegenereerd
Q0= X.XX [m ³ /h]	totale doorstroming tijdens vorige cyclus; de eenheid staat niet correct in het display, moet zijn [m ³].
T0= X.X [h]	totale standtijd van vorige cyclus

Als het apparaat na filterwissel wordt herstart worden SQ en ST opgeslagen. Deze gegevens zijn van de laatste tien periodes terug te halen. Daartoe moet vanuit de bedrijfstoestand op toets F worden gedrukt. In het display verschijnt dan <1> Betrieb. Door een druk op toets D verschijnt in het display <2> Speicher. Druk nu op toets C (Enter). In het display verschijnt dan $Q_0 = X.XX [m^3]$. Met behulp van toetsen D en E kunnen de laatste 10 doorgestroomde volumina en standtijden worden teruggelezen, Q_0 heeft betrekking op de meest recente, Q_9 op de oudste.

- Verwissel het filter.
- Plaats het nieuwe filter recht in het apparaat en vergrendel het filter met behulp van de hefboom Vergrendel ook de hefboom. Zorg ervoor dat het filter recht zit: na vergrendeling moet de teflon huls rond kunnen draaien.
- Druk op de knop Neustart nach Filterwechsel, op het bovenste paneel naast het Microquant paneel.
- Druk daarna op de witte vierkante knop (Ein/on) midden op het apparaat.
- De temperatuur aflezing dient ongeveer 13 K aan te geven, het duurt echter ongeveer een half uur voordat de juiste waarde wordt bereikt.
- Zolang TL080R015 of TL080R018 uit bedrijf is ook de edelgasmetering TL080R011 danwel TL080R012 uit bedrijf!
- De instellingen dienen als volgt te zijn:
 - * TL080R015Qt ongeveer 4,2 [m^3/h].
 - * TL080R018Qt ongeveer 4,2 [m^3/h].
- De sleutelschakelaar: intern/internal.
- Blauwe keuzeschakelaar: temperatuurgradiënt, K/temperatuurgradiënt.
- Zwarte hoofdschakelaar ingedrukt.
- Op paneel microquant dienen links 2 groene lampjes te branden.
- In display microquant brandt groene lampje OK en $Q_t = \dots [m^3/h]$.
- Naast witte Ein/on knop brandt groen lampje: continuous light power on.

3.2 AËROSOLLOZING

De aërosolozing wordt bepaald op basis van het glasfaserfilter in de TL080R018. In de opstelling zit een glasvezel filter op het jodiumpatroon. Voor de bepaling dient als volgt te worden gehandeld:

- Bepaal met behulp van de HpGe (instructie N17-26-042) de activiteit op het filter door dit filter als geheel plat op de HpGe te leggen. Gebruik daarvoor geometrie 15, filter 90 mm. Noteer het resultaat van de meting.
- De uiteindelijk te rapporteren hoeveelheid aërosolen is 2x de gevonden hoeveelheid als bepaald met behulp van de HpGe en de monitorgegevens. Dit geldt ook voor de MCA waarde. Dit i.v.m. de buisfactor van het monsternamesysteem, die bepaald is op 2.

3.3 α EN $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ LOZING

Na de meting dient het bovengenoemde filter te worden bewaard. Eens per kwartaal dient de bepaling van de α $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ activiteit op de filters plaats te vinden.

Deze bepaling wordt uitgevoerd door de KEMA en de resultaten worden verwerkt in de rapportage aan de overheid. Indien de α activiteit $> 5\text{E-}3 \text{ Bq/m}^3$, dan moet ook een α nucliden specifieke bepaling worden uitgevoerd.

3.4 JODIUMLOZING

De jodiumlozing wordt wekelijks bepaald met behulp van het filterpatroon uit de TL080R018 en wordt opgesplitst in de lozing van organisch gebonden jodium (CH_3I) en anorganisch gebonden jodium (I_2). Het filterpatroon is daarom gevuld met twee materialen. Eerst het zeoliet 'A41 absorbermateriaal DSM11' voor het absorberen van I_2 , en vervolgens de met TEDA geïmpregneerde actieve kool voor het absorberen van CH_3I . Beide absorberbedden zijn dubbel uitgevoerd.

- In eerste instantie dient slechts het eerste bed te worden gemeten (op de HpGe volgens instructie N17-26-042). Het volume van de DSM11 is 100 ml, geometrie 3, 100 ml op 0 cm.

B3 Metingen en berekeningen aan monsters van radioactief afvalwater

Documentgegevens

Titel: Metingen en berekeningen aan monsters van radioactief afvalwater

Identificatie: N04-28-012

Versie: 8

Opsteldatum: 2-7-2015

Documentsoort: Chemie instructie

Opstelprocedure: PO-N04-28

Reviewfrequentie: 48 maanden

Volgende review: 1-2-2017

4 WERKWIJZE

4.1 BEMONSTERING EN ANALYSE OPVANG- EN LOZINGTANKS TR-SYSTEEM

Bemonstering opvangtanks

De opvangtanks TR011B001, TR012B001, TR013B001 en TR014B001 worden bemonsterd en geanalyseerd: 1 × 1 liter puntmonster zonder toevoeging van drageroplossingen in een monsterfles (ZPE, wijdmonds).

Analyses TR011B001 en TR012B001

pH, boriumgehalte, chloridegehalte en de totaal gamma activiteit (NaI, geometrie 1 liter).

Analyses TR013B001 en TR014B001

pH, boriumgehalte, chloridegehalte, bepaling van de hoeveelheid loog en antischuim, vaste stof gehalte en de totaal gamma activiteit (NaI, geometrie 5 ml).

Bemonstering en analyses lozingtanks

De lozingtanks TR041B001 en TR042B001 worden bemonsterd en geanalyseerd:

- a. 1 × 500 ml puntmonster zonder toevoeging van drageroplossingen in een schone monsterfles (ZPE, wijdmonds). Van dit monster wordt de pH, het boorgehalte en de tritiumactiviteit bepaald. De meetfout in de tritiumactiviteit wordt tevens vermeld. De aantoonbaarheidsgrens voor tritium moet 40 kBq/m³ zijn.
- b. 1 × 2 liter puntmonster met drageroplossingen in een schone monsterfles (ZPE, wijdmonds). Voorzie de monsterfles van een unieke code: XX-YYY (XX = jaartal en YYY = volgnummer). Het eerste monster in een betreffend jaar krijgt het volgnummer 001. Noteer op de fles ook het bemonsteringstijdstip en de betreffende lozingstank.
Drageroplossing 1 wordt vooraf in de monsterfles gebracht. Na het vullen van de fles (niet spoelen en niet overvullen!) wordt drageroplossing 2 toegevoegd. De toe te voegen hoeveelheid drageroplossingen bedraagt 1 ml per liter monster.
Na het toevoegen van de drageroplossingen wordt het

monster aangezuurd met geconcentreerd (65 %) salpeterzuur in een hoeveelheid van 10 ml per liter monster. Meet na aanzuren de pH (1 – 2) en noteer de waarde in het afvalwaterschrift.

Van dit monster wordt de totaal gamma activiteit (NaI, geometrie 1 liter) en de nuclidensamenstelling bepaald. De puntmonsters worden minimaal één jaar bewaard voor het RIVM dat steekproefsgewijs een contra expertise uitvoert.

De bepaling van de chemische parameters, de uit te voeren afvalwaterbehandeling en de bepaling van de totaal gamma- en tritiumactiviteit is beschreven in de betreffende analysevoorschriften. De te hanteren werkdocumenten zijn:

- N04-26-056 Titrimetrische bepaling van chloride met zilvernitraat;
- N04-26-057 Titrimetrische bepaling van boor in watermonsters;
- N04-26-126 Bepaling gehalte totaal vaste stoffen, onopgeloste vaste stoffen en opgeloste vaste stoffen in vloeibare monsters door indampen en drogen;
- N04-26-002 Bepaling van de tritiumactiviteit in waterige oplossingen met behulp van vloeistofscintillatie;
- N04-26-001 Bepaling van de totaal gamma-activiteit in waterige oplossingen;
- N04-26-049 Bepaling van de hoeveelheid antischuim in afvalwatermonsters;
- N04-26-109 Bepaling te doseren hoeveelheid NaOH in een afvalwatertank;
- N04-27-006 pH-meter.

Het bepalen van de nuclidensamenstelling is beschreven in paragraaf 4.2.

Voor het vaststellen van het volume afvalwater in de opvang- en lozingtanks wordt het PPS geraadpleegd om het waterniveau af te lezen: $\text{volume (m}^3\text{)} = \text{niveau (m)} \times 7,5 \text{ (m}^2\text{)}$.

De uit te voeren afvalwaterbehandeling, verpompen, doseren van chemicaliën en verdampen, wordt door de technicus chemie aan de afdeling KPB gemeld.

Het verwerken van de chemische en radiochemische analyseresultaten gebeurt met het programma Excel onder de afdelingsdirectory:

G:\6142\database\afvalwater\afvalwaterlozingenXXXX.xls, onder de tabbladen **herkomst** en **invoerblad lozingen**.

Incidenteel kan het gebeuren dat de inhoud van de lozingtank teruggepompt moet worden naar de TR013B001 of TR014B001 tank om opnieuw te verdampen. Dit is het geval indien de activiteit in de lozingtank $> 200 \text{ kBq/m}^3$ is. Ook als de activiteit $< 200 \text{ kBq/m}^3$ is maar nog relatief hoog door een slecht werkende verdamper of een andere oorzaak kan, in overleg met de chef KMC, besloten worden de inhoud van de lozingtank terug te pompen.

Indien reeds een volgnummer onder het tabblad herkomst is toegewezen met de corresponderende analyseresultaten van de TR013B001 of TR014B001 tank blijven het volgnummer en de analyseresultaten ongewijzigd.

Na het verwerken van de resultaten wordt onder het tabblad **formulier** het afvalwaterformulier gegenereerd. Het afvalwaterformulier vermeldt de analyseresultaten, de uit te voeren afvalwaterbehandeling en de te lozen hoeveelheid activiteit inclusief de cumulatieve lozingen van het lopende jaar. De technicus chemie controleert en ondertekent het formulier en overhandigt dit aan de afdeling KPB.

Na lozing van het afvalwater wordt het geloosde volume gecorrigeerd voor de resterende hoeveelheid water in de lozingtank.

4.2 BEPALING VAN DE NUCLIDENSAMENSTELLING

Het puntmonster uit de lozingtank (TR041B001 en TR042B001) wordt radiochemisch nuclidespecifiek geanalyseerd. De radiochemische analyse gebeurt in een gel die als volgt wordt geprepareerd:

- Weeg 6,5 g behangplaksel af in een 250 ml geldoos;
- Smeer wat vaseline op de binnenrand van het deksel;
- Voeg daarna 250 g puntmonster toe;
- Maak de doos lekdicht door het sluiten van de doos en het afplakken met tape;
- Na goed schudden is het preparaat na vijf minuten geschikt om het radiochemisch te analyseren;

Voorzie de geldoos van hetzelfde opschrift als op de monsterfles (zie paragraaf 4.1).

De radiochemische analyse vindt plaats op het conventionele laboratorium op detector 1 of 5. Kies in de genie 2k gamma spectrometrie programmatuur de achtereenvolgende menu's en vul de gevraagde parameters in. De *sample date* is de datum waarop de lozing gebeurd of plaats vond. De teltijd is 50000 s. De *random error* = 1 % en de *systematic error* = 0 %.

De aantoonbaarheidsgrens voor ^{60}Co in gedemineraliseerd water moet 1 kBq/m³ zijn.

Het verwerken van de resultaten gebeurt met het programma Excel onder de afdelingsdirectory:

G:\6142\database\afvalwater\afvalwaterlozingenXXXX.xls. Per nuclide wordt opgegeven de gemeten activiteit, de fout (2s) en de MDA, onder het tabblad **invoerblad lozingen**. Indien de opgegeven activiteit kleiner is dan de MDA dan wordt de MDA gerapporteerd.

De gelpreparaten worden minimaal één jaar bewaard voor het RIVM dat steekproefsgewijs een contra expertise uitvoert.

4.3 HET KWARTAAL MENGMONSTER

Het kwartaal mengmonster dient te worden samengesteld uit de puntmonsters van de lozingtanks in een verhouding van de geloosde hoeveelheid in dat kwartaal. Het mengmonster, in totaal 5 liter, wordt samengesteld in een schone 5 l jerrycan. De berekeningswijze

voor de juiste hoeveelheid puntmonster in ml is als volgt:

geloosde volume afvalwater per tank (m³)
 -----x 5000 ml
 totaal geloosde volume afvalwater in het betreffende kwartaal (m³)

Het mengmonster wordt verdeeld over nieuwe 1 l monsterflessen (ZPE, wijdmonds).

Het NRG bepaalt de totaal alfa-, ⁸⁹Sr-, en ⁹⁰Sr-activiteit in het kwartaal mengmonster. Als de totaal alfa-activiteit > 1 kBq/m³ is dient alfa-nuclide specifiek te worden gemeten.

Het RIVM bepaalt tevens de totaal alfa-, ⁸⁹Sr-, en ⁹⁰Sr-activiteit in het kwartaal mengmonster waarin de splijtstofwisselperiode valt.

Aantoonbaarheidsgrenzen: totaal alfa = 0,2 kBq/m³, ²⁴¹Am = 0,05 kBq/m³, ⁸⁹Sr = 0,5 kBq/m³ en

⁹⁰Sr = 0,5 kBq/m³.

Het kwartaal mengmonster wordt minimaal één jaar bewaard.

4.4 HET JAAR MENGMONSTER

Het jaar mengmonster dient te worden samengesteld uit de kwartaalmonsters in een verhouding van de geloosde hoeveelheid in dat jaar. Het mengmonster, in totaal 3 liter, wordt samengesteld in een schone 5 l jerrycan. De berekeningswijze voor de juiste hoeveelheid kwartaalmonster in ml is als volgt:

geloosde volume afvalwater in dat kwartaal (m³)
 -----x 3000 ml
 totaal geloosde volume afvalwater in het betreffende jaar (m³)

Het mengmonster wordt verdeeld over nieuwe 1 l monsterflessen (ZPE, wijdmonds). Areva in Erlangen bepaalt de ⁵⁵Fe en ⁶³Ni activiteit in het jaar mengmonster. De aantoonbaarheidsgrens moet voor elk van de nucliden 2 kBq/m³ zijn.

Het jaar mengmonster wordt minimaal één jaar bewaard.

7 Bijlage C Stabilisering van watermonsters – zuur en dragerionen

Door de aard van de werkzaamheden bij KCB is was- en spoelwater een belangrijk deel van het te lozen afvalwater. Hierdoor bevat het afvalwater vaak vlokkige en uitzakkende delen. Een aantal radionucliden, zoals bijvoorbeeld Co^{2+} , Ru^{3+} , Ce^{4+} , hechten zich relatief makkelijk aan zwevende deeltjes en zal daardoor na verloop van tijd uitzakken en op de bodem van de monsterfles liggen. De verdeling van dergelijke metaalionen over het watermonster is dan zeker niet homogeen. Nucliden zoals het alkalimetaal $^{134/137}\text{Cs}^+$ vertonen een veel minder sterke neiging tot adsorptie aan zwevende deeltjes en zijn doorgaans wel homogeen verdeeld. Tritium is als $^3\text{H}_2\text{O}$ in water (H_2O) per definitie homogeen verdeeld.

Naast een homogene verdeling over het monster speelt mogelijke adsorptie aan de fleswand een rol. Dit is van groot belang bij glazen monsterflessen: de meeste radionucliden hebben een sterke affiniteit voor glasoppervlakken en zullen na verloop van tijd adsorberen aan de glaswand. Ongewenste wandadsorptie kan geminimaliseerd worden door het gebruik van kunststof monsterflessen, het aanzuren van het monster tot circa pH 1, en het toevoegen van stabiele metaalionen (dragerionen). Dit staat omschreven in KTA 1504 [5]. Een nadeel van het toevoegen van stabiele metaalionen kan het induceren van uitvlokking zijn. Het is daarom van belang in ieder geval de pH op circa 1 te handhaven en een zodanige hoeveelheid stabiele metaalionen toe te voegen dat er geen extra uitvlokking optreedt.

In een intern KCB onderzoek¹ uit 2001 is onderzoek gedaan naar het gedrag van radionucliden in aangezuurd en van dragers voorzien afvalwater. Het bleek dat er drie groepen van nucliden waren te definiëren die zich als goed homogeeniseerbaar (fout van 5%, 2s), als redelijk homogeeniseerbaar (fout 15 %, 2s) en als matig/slecht homogeeniseerbaar (fout 45%, 2s) waren in te delen.

Tabel C1 Kwantificering van inhomogeniteitsfout voor diverse nucliden

Nuclide	Inhomogeniteitsfout (%)	Nuclide	Inhomogeniteitsfout (%)	Nuclide	Inhomogeniteitsfout (%)
H-3	5	Nb-95	45	Sb-124	15
Cr-51	45	Zr-95	45	I-131	5
Mn-54	45	Ag-110m	15	Xe-133	5
Co-58	15	Te-123m	15	Cs-134	5
Co-60	45	I-124	5	Cs-137	5
				I-133	5

Bij de beoordeling van de vergelijkingsresultaten moet met de bovenstaande schatting van de inhomogeniteit rekening gehouden worden.

¹ Haaij G.L.J. (2001), *FoutanalyseSb-124 gammaspecifieke afvalwateranalyse*, ref. Lous/Haaij/R015045, EPZ-KE Borssele.

8 Referenties

- 1 Project M/390020/17/SM – Jaarplan 2017; besproken op 10-1-2017 met G. Breas en P. Arends (ANVS). Vastgelegd in brief met bijlage van ANVS aan RIVM d.d. 15-feb-2017; kenmerk ANVS-2017/864, "Nadere specificatie programma ANVS 2017".
- 2 "Onderhoudsstop 2017 kerncentrale Borssele afgerond". Zie website van kerncentrale Borssele d.d. 24-juli-2017.
<https://epz.nl/actueel/onderhoudsstop-2017-kerncentrale-borssele-afgerond>.
- 3 P.J.M. Kwakman. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van de kernenergiecentrale Borssele. Periode 2016, RIVM rapport 20170164.
- 4 KTA 1503.1. Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebundener radioaktiver Stoffe. Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb, KTA, 2013-11.
- 5 KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2015-11.
- 6 NEN 5623. Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van de activiteit van gammastraling uitzendende nucliden in een telmonster met halfgeleider-gammaspectrometrie
- 7 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. NEN, Delft, 2007.
- 8 Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Brief van RIVM/LSO aan de nucleaire installaties d.d. 18 september 1990, kenmerk 1364/90 VLH Sm/eh.
- 9 NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, augustus 1990.
- 10 NEN-EN-ISO 17025. Algemene eisen voor de bekwaamheid van beproevings- en kalibratielaboratoria. NEN, Delft, 2005.
- 11 I. Krol, Ch. Lucks. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2017", September 2017, SW 1 – 02/2017, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- 12 Kwartaalrapportages betreffende lozingen van gasvormige en vloeibare radioactieve stoffen in:
 - 2017 kwartaal 1 – ref KM/FEN/GGo/R17 334 dd. 24-jul-2017.
 - 2017 kwartaal 2 – ref KM/FEN/GGo/R18 288 d.d. 28-juli-2017.
 - 2017 kwartaal 3 – ref KM/JMr/GGo/R18 267 dd. 12-maart-2018.
 - 2017 kwartaal 4 – ref KM/JMr/GGo/R18 280 dd. 19-april-2018.

Lozingsrapportages afvalwater t.b.v. contra-expertise RIVM:

- 1 datum lozing TR41 3 april 17, volgnummer 17-20
- 2 datum lozing TR42 27 mei 17, volgnummer 17-45
- 3 datum lozing TR41 28 mei 17, volgnummer 17-46
- 4 datum lozing TR41 11 juni 17, volgnummer 17-54
- 5 datum lozing TR41 12 juni 17, volgnummer 17-55

- 6 datum lozing TR42 20 juli 17, volgnummer 17-67
- 7 datum lozing TR42 14 sept 17, volgnummer 17-74
- 8 datum lozing TR41 25 oktober 17, volgnummer 17-80.

Meetgegevens ventilatieschacht Kernenergiecentrale Borssele,
opgesteld door afd. KMS;
monsteromschrijving en periode

- 1 TL080 R018 periode 24-31 maart 2017;
 - 2 TL080 R018 periode 12-19 mei 2017;
 - 3 TL080 R018 periode 19-26 mei 2017;
 - 4 TL080 R018 periode 26 mei-2 juni 2017;
 - 5 TL080 R018 periode 2-9 juni 2017.
 - 6 TL080 R018 periode 14-21 juli 2017;
 - 7 TL080 R018 periode 15-22 september 2017;
 - 8 TL080 R018 periode 20-27 oktober 2017;
- 13 NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van
waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1991.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag