



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

**Contra-expertise op bepalingen van
radioactiviteit van afvalwater en
ventilatielucht van de
kernenergiecentrale Borssele**
Periode 2012

RIVM Briefrapport 300002001/2013
P.J.M. Kwakman | R.M.W. Overwater



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

**Contra-expertise op bepalingen van
radioactiviteit van afvalwater en
ventilatielucht van de
kernenergiecentrale Borssele**

Periode 2012

RIVM Briefrapport 300002001/2013
P.J.M. Kwakman | R.M.W. Overwater

Colofon

© RIVM 2013

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

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

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

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

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van de kernenergiecentrale Borssele – periode 2012

Het RIVM controleert achtmaal per jaar de metingen van de kerncentrale Borssele. Het gaat hierbij om lozingen van radioactiviteit in water en lucht. De contra-expertise onderbouwt de betrouwbaarheid van de analyses die de kerncentrale uitvoert. Doorgaans komen de analyses overeen, zo ook in 2012. Enkele verschillen in dat jaar betreffen radionucliden in afvalwater met een grote neiging tot adsorptie aan vaste deeltjes. Deze verschillen komen voort uit de inhomogene verdeling van activiteit in een watermonster en zijn daardoor nauwelijks kleiner te maken. De vergelijking in de ^3H data in afvalwater was redelijk, maar kan nog verbeterd worden.

In ventilatielucht is slechts in twee monsters door RIVM een zeer lage concentratie aan ^{131}I aangetroffen en wel onder de detectiegrens van KCB. De data voor ^3H en ^{14}C in ventilatielucht zijn vertraagd door de tijdrovende validatie van de uitstookmethode door het RIVM. Deze data worden in 2014 door RIVM gerapporteerd.

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

Trefwoorden:

kerncentrale Borssele, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatie lucht

Abstract

Contra-expertise on the determination of radioactivity of waste water and ventilation air of the Borssele nuclear power plant - 2012

Within the framework of a monitoring programme, the RIVM measures the release of radioactivity into the waste water and atmosphere of the nuclear power plant at Borssele. 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 the Borssele plant. The two different sets of measurements are generally in agreement, as is also the case in 2012. The agreement in the activity concentrations of gamma emitters in waste water was reasonable. Some differences concern radionuclides in waste water with a tendency to attach to solid particles. These differences originate from an inhomogeneous distribution in the water sample and can hardly be improved. For ^3H the agreement was acceptable, but there is still room for improvement.

In ventilation air only in two air samples a minute concentration of ^{131}I was observed. This was well below the detection limit of KCB. The data for ^3H and ^{14}C are delayed because of the time-consuming validation of the thermal desorption procedure. These data are due in 2014.

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

Key words:

nuclear power plant Borssele, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air

Inhoudsopgave

1	Inleiding–7
2	Monsters en analyse–8
3	Analysemethoden–10
3.1	Tweevoudbepalingen–10
3.2	Bepaling van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater–10
3.3	Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater–11
3.4	Bepaling van de ³ H-activiteitsconcentratie in afvalwater–11
3.5	Bepaling van de ⁸⁹ Sr- en ⁹⁰ Sr-activiteitsconcentratie in afvalwater–11
3.6	Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht–12
3.7	Bepaling van de activiteitsconcentratie van ³ H en ¹⁴ C in ventilatielucht–12
3.8	Foutenberekening–13
3.9	Kwaliteitsborging–14
3.10	Presentatie van resultaten en vergelijking–14
4	Resultaten en discussie–16
4.1	Meetresultaten–16
4.2	Vergelijking van de resultaten en discussie–16
4.3	Algemeen oordeel over de contra-expertise–18
5	Vergelijking meetresultaten–20
6	Analyseprocedures van KCB–23
7	Stabilisering van watermonsters – zuur en dragerionen–32
8	Referenties–33

Samenvatting

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van RIVM heeft in 2012 in opdracht van de Kernfysische Dienst van de Inspectie Leefomgeving en Transport radioactiviteitsmetingen uitgevoerd van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari –december 2012.

De contra-expertisemonsters 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. Het 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.

Doorgaans komen de analyses overeen, zo ook in 2012. Enkele verschillen in dat jaar betreffen radionucliden in afvalwater met een grote neiging tot adsorptie aan vaste deeltjes. Deze verschillen komen voort uit de inhomogene verdeling van activiteit in een watermonster en zijn daardoor nauwelijks kleiner te maken. De vergelijking in de ^3H data in afvalwater was redelijk, maar kan nog verbeterd worden. Bij de vergelijking van de gemeten concentraties door het RIVM en de KCB aangetoonde gammastralers in het door RIVM ge-geleerde monster blijkt een redelijke overeenstemming.

In ventilatielucht is slechts in twee monsters door RIVM een zeer lage concentratie aan ^{131}I aangetroffen en wel onder de detectiegrens van KCB. De data voor ^3H en ^{14}C in ventilatielucht zijn vertraagd door de tijdrovende validatie van de uitstookmethode door het RIVM. De data worden in 2014 door RIVM gerapporteerd.

1 Inleiding

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

De indeling van dit rapport is als volgt. Na deze inleiding volgt hoofdstuk 2 met een beschrijving van de voor de contra-expertise gebruikte monsters en de hiervan bepaalde radioactieve eigenschappen. In hoofdstuk 3 staat een beschrijving van de door RIVM toegepaste analysemethoden en de wijze waarop de resultaten van RIVM met die van het onderzochte bedrijf zijn vergeleken. Hoofdstuk 4 bevat een korte bespreking van de resultaten van het contra-expertiseonderzoek. De meetresultaten zelf zijn – naast de resultaten van het onderzochte bedrijf – opgenomen in Bijlage A. De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door het onderzochte bedrijf, zijn gereproduceerd in Bijlage B.

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

2 Monsters en analyse

Het RIVM haalt periodiek afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij de KCB. Van het afvalwater (batchmonsters) stelt de KCB het eigen gelpreparaat en circa 1 liter ongegeleerd, geconditioneerd water (aangezuurd tot pH 2) beschikbaar voor contra-expertise door RIVM. Vanaf 2004 bepaalt RIVM tritium in alle meegenomen batchmonsters.

Voor het bepalen van de radioactiviteit in uitgaande ventilatielucht gebruikt de KCB aerosolfilters en DSM11- en kool-absorbers. De ventilatieluchtmonsters voor het RIVM komen uit een aparte, 'redundante' bemonsteringsinstallatie. Tabel 1 bevat een overzicht van het, vooraf met de KFD afgesproken, aantal monsters en de analyses¹.

Tabel 7: Overzicht van vooraf afgesproken aantal monsters en analyses

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

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

De splijststofwisselperiode vond in 2012 in april plaats. Tabel 2 bevat de gegevens van de door het RIVM geanalyseerde afvalwatermonsters. De monsters 2 en 3 bevatten afvalwater uit de splijststofwisselperiode. Het kwartaalmengmonster komt uit het tweede kwartaal van 2012.

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 zijn ook de data van analyse in Tabel 2 vermeld.

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

Tabel 2: Monstergegevens afvalwater

Nr.	Lozingsdatum	Ophaaldatum	Datum γ -spectrometrie *
1	07 feb	22 feb	22 feb
2	05 apr	11 apr	12 apr
3	19 apr	25 apr	25, 27 apr
4	20 apr	25 apr	25 apr, 1 mei
5	22 apr	25 apr	26 apr, 1 mei
6	13 sep	19 sep	20, 25 sep
7	07 nov	13 nov	14, 15 nov
8	30 nov	10 dec	12 dec

* Eerste datum: meting KCB-gel, tweede datum: meting RIVM-gel. Indien er maar één datum vermeld is zijn beide monsters op dezelfde dag gemeten. Gestreefd wordt naar meten binnen 2 weken na ontvangst monsters (analyse gereed binnen 3 weken)

Het kwartaalmengmonster komt uit het tweede kwartaal van 2012 en is opgehaald op 22 augustus 2012.

Tabel 3: Monstergegevens ventilatielucht

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Datum γ -spectrometrie*
1	10 feb - 17 feb	22 feb	24 feb - 29 feb
2	30 mrt - 6 apr	11 apr	12 apr - 18 apr
3	6 apr - 13 apr	25 apr	26 apr
4	13 apr - 20 apr	25 apr	26 apr - 1 mei
5	3 aug - 10 aug	22 aug	23 aug
6	7 sep - 14 sep	19 sep	20 sep - 26 sep
7	2 nov - 9 nov	13 nov	14 nov
8	30 nov - 7 dec	10 dec	11 dec

* De 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 de KCB in 2012, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn vrijwel identiek aan de methoden toegepast in de voorgaande rapportages (Bijlage B en [2]). In opdracht van Inspectie Leefomgeving en Transport / KFD worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503.1³, en KTA-1504⁴) 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 5623⁵; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636⁶. Waar er geen Nederlandse norm voorhanden is heeft RIVM/LSO een methode als een eigen methode gevalideerd. Hierbij wordt zoveel mogelijk volgens internationaal aanvaarde standaarden gewerkt. Dit geldt voor totaal alfa en totaal bèta in afvalwater (ISO 10704⁷), en voor de bepaling van ³H in afvalwater (ISO 9698⁸).

3.1 Tweevoudbepalingen

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

3.2 Bepaling van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater

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

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0121: handboek gasdoorstroomtelling.

3.3 **Bepaling van de 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 teltijden⁹ [LS90]. 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 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. Het 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 monsternamen (zie ook H6, Analyseprocedures van KCB).

Indien door het RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetroffen, wordt de detectielimiet voor ⁶⁰Co gegeven. De waarde van de detectielimiet voor ⁶⁰Co geeft een indicatie van de bereikte gevoeligheid volgens KTA 1504⁴. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ⁶⁰Co lager is dan 1 kBq m⁻³. Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0238 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

3.4 **Bepaling van de ³H-activiteitsconcentratie in afvalwater**

Aan 25 ml van het monster wordt 0,2 g Na₂CO₃ 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 LSO-0133: 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 NH_4^+ , 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 ^{90}Y te bepalen. Voor de opbrengstbepaling van strontium wordt ^{85}Sr gebruikt. Het LSC-spectrum wordt in drie 'windows' onderscheiden. Uit het spectrum met bijdragen van ^{85}Sr , ^{89}Sr , ^{90}Sr en ^{90}Y wordt de activiteitsconcentratie van ^{89}Sr - en ^{90}Sr in het afvalwatermonster berekend.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0133: 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 gammaspectrometrieopstelling 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 ^{60}Co en ^{131}I . De KTA 1503.1³ eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor ^{60}Co en ^{131}I minder dan 20 mBq m⁻³ bedraagt.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0238 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

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

De KCB bemonstert anorganisch en organisch 3H en ^{14}C in een deelstroom van de geloosde ventilatielucht door middel van molecuulairzeven (zie Bijlage B). Na afloop van een kwartaal worden deze uitgestookt bij 350 °C. Het vrijkomende CO₂ en H₂O wordt, respectievelijk, geadsorbeerd in een organische base en gecondenseerd. Het RIVM ontvangt van de KCB een bekend deel van het condenswater en de organische base en bepaalt daarin de activiteit van 3H en, respectievelijk, ^{14}C door middel van vloeistofscintillatietelling.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0133: Handboek Vloeistofscintillatietelling

3.8 Foutenberekening

De door RIVM opgegeven fout is het 1σ -schattingsinterval. 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)¹⁰ [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 fouten meegenomen. Onder experimentele fouten vallen bijvoorbeeld fouten bij wegingen en volumebepalingen.

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

- *Bepaling van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater*
Hier wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een ²⁴¹Am-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 de KCB aangemaakte gelpreparaat dat door het 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 ⁸⁹Sr-en ⁹⁰Sr-activiteitsconcentratie in afvalwater*
Voor ⁸⁹Sr wordt de totale fout samengesteld uit de telfout, de fout in de ⁸⁹Sr- quenchcurve, de fout in de ⁸⁵Sr-opbrengstbepaling en een experimentele fout. Voor ⁹⁰Sr wordt de totale fout gelijk gesteld aan de fout in de ⁹⁰Y-bepaling. Deze is samengesteld uit de telfout na minimaal 2 weken ingroei van ⁹⁰Y, de fout in de ⁹⁰Sr/⁹⁰Y-quenchcurve, de fout in de ⁸⁵Sr-opbrengstbepaling en een experimentele fout. Indien er ⁸⁹Sr in het monster aanwezig is dan wordt de fout in de ⁹⁰Sr/⁹⁰Y -bepaling groter door de onzekerheid in de verschilbepaling van (⁸⁹Sr plus ⁹⁰Y na ingroei) -⁸⁹Sr.
- *Bepaling van de ³H en ¹⁴C-activiteitsconcentratie in ventilatielucht*
De totale fout is samengesteld uit de telfout, een onzekerheid die samenhangt met de ³H en de ¹⁴C quenchcurve en een experimentele fout. Het RIVM ontvangt en analyseert het ¹⁴C- en ³H monster dat door de KCB genomen is en kan geen uitspraak doen over de onzekerheid in de monsternamen door de KCB en de onzekerheid in de bepaling van het debiet in de hoofdstroom en de deelstroom.

3.9 Kwaliteitsborging

RIVM/LSO is sinds 1994 Sterlab geaccrediteerd en vanaf 2002 gecertificeerd volgens ISO 17025. In het kader van de bewaking van de kwaliteit van de gebruikte analyse- en meetmethoden neemt RIVM, evenals KCB, jaarlijks deel aan het ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)¹¹. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking

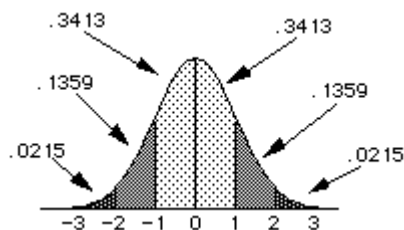
De door de KCB bepaalde activiteitsconcentraties worden afgerond overgenomen uit de opgaven van de KCB¹². De KCB geeft 2s op als de fout, het RIVM 1s. De door de KCB opgegeven fouten worden door 2 gedeeld, zodat in dit rapport overall 1s als fout wordt toegepast.

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 1047¹³). 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 analyseresultaat, wordt verondersteld dat de fout in de meetwaarde van de NI, s_{NI} , gelijk is aan de fout in de meetwaarde van RIVM, s_{RIVM} .

Het is hierbij in het bijzonder van belang, dat alle partijen (RIVM en NI's) een gedegen foutenberekening uitvoeren. In het ideale geval, bij een voldoende groot aantal metingen van hetzelfde monster, ligt het gemiddelde ten opzichte van de toevallige variaties zeer dicht bij de 'ware waarde' en komt de standaarddeviatie van de meetwaarden overeen met de opgegeven fouten. Als de spreiding benaderd kan worden met de normale verdeling (zie figuur), dan kunnen de volgende frequenties of waarschijnlijkheden van voorkomen van de categorieën verwacht worden:

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



In de praktijk wijkt de verdeling vaak af van de normale verdeling waardoor rekening gehouden moet worden met iets meer voorkomen van de categorie C dan hierboven wordt gesuggereerd. Veel vaker dan verwacht voorkomen van B's

en C's is echter een aanwijzing voor niet onderkende, mogelijk systematische, fouten.

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

4 Resultaten en discussie

4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door het RIVM en de KCB¹² 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 de KCB maar niet door het RIVM is aangetoond dan wordt de detectielimiet van het RIVM voor het betreffende nuclide in deze Tabel opgenomen.

De activiteitsconcentratie van gammastralers in ventilatielucht zoals bepaald door het RIVM en de KCB en de vergelijking daarvan staan in Tabel A4. In deze Tabel staat onder de kop 'Pakket' '>' als het RIVM in het pakket als geheel activiteit heeft aangetoond en anders '<'. RIVM meet de onderdelen van het pakket alleen in het eerste geval. Toont het 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 de KCB met die van het RIVM voor de RIVM-gel en de 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 vier verschillende gammastralers zowel door het RIVM als door de KCB aangetoond (zie Tabel 4 en A1).

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

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	ΣA1 *	ΣA2 *	ΣB *	ΣC *
Ag-110m							A1	A1	2 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-58			A1						1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Co-60	A1	C	A1	A1	A2	A1	A1	B	5 (3-7)	1 (0-4)	1 (0-1)	1 (0-0)
Cs-137	C	A1	B	A1	B	C	A2	C	2 (3-7)	1 (0-4)	2 (0-1)	3 (0-0)
H-3	A1	B	C	A1	A1	C	C	A1	4 (3-7)	0 (0-4)	1 (0-1)	3 (0-0)
Totaal									14 (14-22)	2 (4-11)	4 (0-3)	7 (0-1)

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

Bij de vergelijking van de gemeten concentraties door het RIVM en de KCB aangetoonde gammastralers in de RIVM-gel, blijkt een redelijke overeenstemming. De categorie A1 voldoet aan de verwachting, de categorie A2 komt echter te weinig, en B en C komen te vaak voor. Enkele opvallende bevindingen zijn de slechte overeenkomst voor ⁶⁰Co in monster 2. Hier is hoogstwaarschijnlijk een inhomogene verdeling van ⁶⁰Co in het watermonster de

oorzaak; zie Bijlage C. Verder zijn enkele matige vergelijkingen voor ^{137}Cs in monster 1, 3, 5, en 6 te wijten aan de zeer lage activiteitsconcentraties ($< 3 \text{ Bq.l}^{-1}$) die makkelijk beïnvloed kunnen worden door cross contaminatie of back groundcorrecties. De vergelijking voor ^{137}Cs in het 8^e monster is sterk afwijkend : RIVM rapporteert 141 Bq.l-1 waar KCB 2,0 Bq.l-1 aantreft. Het feit dat er in het monster in bruin neerslag is aangetroffen in combinatie met de hoge waarde voor ^{137}Cs en de aanwezigheid van ^{241}Am , ^{154}Eu en ^{155}Eu suggereert een inhomogene verdeling; bijvoorbeeld aan zwevende deeltjes of aan een neerslag. Hierdoor is de samenstelling van het deelmonster voor RIVM en KCB wezenlijk verschillend.

^3H

In elk van de acht batchmonsters is door zowel de KCB als het RIVM het nuclide ^3H aangetoond.

In de monsters 3, 6 en 7 rapporteert KCB een 16-50% hogere waarde dan RIVM. Het is mogelijk dat het in behandeling nemen van afvalwatermonsters met een zeer hoge ^3H activiteitsconcentratie op het lab van KCB (zoals bv monster 1), cross-contaminatie tussen monsters tot gevolg heeft. Dit zou incidenteel tot te hoge waarden kunnen leiden.

Vergelijking ^3H resultaten behaald in BfS Abwasser 2012

In het BfS-ringonderzoek in 2012 rapporteert KCB, net als in 2011, voor ^3H in Modellwasser een 9 % lagere waarde dan de Sollwert; RIVM rapporteert een 2-3 % te lage waarde. Er lijkt een bij dit ringonderzoek een (geringe) systematische afwijking bij KCB een rol te spelen. Die wordt echter niet teruggevonden in de vergelijking van de ^3H resultaten in de monsters 1, 4, 5 en 8.

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

In het kwartaalmengmonster van het tweede kwartaal is door het 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 het RIVM voor ^{89}Sr is hoger dan de door de KTA vereiste $0,5 \text{ kBq.m}^{-3}$. Dit is te wijten aan de lange periode tussen het tweede kwartaal van 2012, het ophalen van het monster in het erop volgende kwartaal en de meting in 2012.

4.2.2

Afvalwater- KCB-gel

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

Tabel 5 KCB-gel: vergelijking van RIVM- en KCB-metresultaten aan het KCB gelmonster

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	ΣA1^*	ΣA2^*	ΣB^*	ΣC^*
Ag-110m							A1	A1	2 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-58			A2						0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Co-60	A2	A2	A1	A2	A1	A2	A1	C	3 (3-7)	4 (0-4)	0 (0-1)	1 (0-0)
Cs-137	C	C	B	A1	C	C	A1	A1	3 (3-7)	0 (0-4)	1 (0-1)	4 (0-0)
Nb-95						A2			0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Totaal									8 (10-17)	6 (2-9)	1 (0-3)	5 (0-1)

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

Bij de vergelijking van de gemeten concentraties door het RIVM en de KCB aangetoonde gammastralers in de KCB-gel komt de categorie A1 net te weinig volgens de statistische verwachting voor. De categorieën A2 en B voldoen aan de verwachting, maar een C komt te vaak voor; één C voor ^{60}Co , waarschijnlijk door een inhomogene verdeling van ^{60}Co . Voor ^{137}Cs wordt viermaal een C gevonden. Net als hierboven bij het door RIVM gekeerde monster speelt bij KCB mogelijk cross contaminatie of een backgroundcorrectie een rol.

4.2.3 Ventilatielucht

RIVM heeft alleen in het 4^e en 6^e ventilatieluchtfilterpakket een ^{131}I activiteit aangetroffen (zie Tabel A5). De activiteitsconcentraties zijn echter zeer laag en liggen onder die van KCB zodat er geen vergelijking uitgevoerd kan worden.

^3H en ^{14}C

Beschrijving van de monsternamen

KCB bemonstert de geloosde ventilatielucht met twee parallel functionerende (redundante) bemonsteringssystemen: TL080R019 en TL080R020. Elk systeem bestaat uit twee zeolietpatronen die uit (een klein deel van) de ventilatielucht in de eerste zeoliet $^3\text{H}_2\text{O}$ en $^{14}\text{CO}_2$ absorberen. Het deel aan organisch gebonden ^3H en ^{14}C gaat door de eerste zeoliet heen, wordt katalytisch geoxideerd tot $^3\text{H}_2\text{O}$ en $^{14}\text{CO}_2$ dat op de tweede zeoliet geabsorbeerd wordt.

KCB heeft de gehele zeoliethouders van het bemonsteringssysteem TL080R019 laten analyseren op het ^3H en ^{14}C gehalte door derden. Het zeolietmateriaal van het bemonsteringssysteem TL080R020 is door KCB zelf uitgestookt en geanalyseerd. Voor zover praktisch mogelijk zijn de uitgestookte fracties $^3\text{H}_2\text{O}$ en $^{14}\text{CO}_2$ gesplitst en heeft het RIVM een deel geanalyseerd. De overeenstemming tussen KCB en RIVM in deze (door KCB !) uitgestookte fracties is doorgaans redelijk tot goed.

In de voorgaande jaren is er echter een discrepantie geweest tussen de meetresultaten die behaald zijn voor ^3H en met name ^{14}C in het zeolietmateriaal van het bemonsteringssysteem TL080R019 in vergelijking met de KCB waarden in het zeolietmateriaal van TL080R020.

Op verzoek van de Inspectie Leefomgeving en Transport is er bij RIVM een onderzoek gestart naar het uitstoken van de zeolietkorrels die door KCB gebruikt worden voor de ^3H en ^{14}C bemonstering. Het doel is uiteindelijk dat RIVM de contra-expertise uitvoert op het zeolietmateriaal en niet op de door KCB uitgestookte fracties.

Het valideren van deze methode en het vaststellen van de prestatiekenmerken is echter een tijdrovende zaak en de methode was eind 2012 nog niet operationeel.

De kwartaal-zeolietmonsters van 2012 worden niet in dit rapport opgenomen maar in een separaat briefrapport gerapporteerd.

4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise

Er komen weinig problemen voor bij de vergelijking van de analytische resultaten die behaald zijn tijdens de contra-expertise van afvalwater en ventilatieluchtmonsters. Bij afvalwater zorgen inhomogeen verdeelde monsters nog steeds voor incidenteel matige vergelijkingen bij de gammastralers, met name voor nucliden die goed adsorberen aan vlokkige delen in het water.

De overeenkomst in de ^3H resultaten in afvalwater is minder goed dan mogelijk bij deze eenvoudige bepaling.

Ter wille van de overzichtelijkheid is in tabel 6 een samenvatting gegeven van de uitgevoerde contra-expertise in 2012.

Tabel 6 Overzicht van overeenstemming tussen de KCB en RIVM meetresultaten

Parameter	Afvalwater	Ventilatielucht
Totaal-alfa	OK	-
Gammaspectrometrie	Redelijk	OK
Tritium	Redelijk	Rapportage volgt
Koolstof-14	-	Rapportage volgt
Strontium-89	OK	-
Strontium-90	OK	-

De data voor ^3H en ^{14}C in ventilatielucht zijn vertraagd door de tijdrovende validatie van de uitstookmethode door het RIVM. De data worden in de loop van 2014 door RIVM gerapporteerd.

5 Vergelijking meetresultaten

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

WATER	periode 1			periode 2			periode 3			periode 4		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Ag-110m				0,84 ± 0,15			1,8 ± 0,3					
Co-58							0,67 ± 0,14	A1	0,73 ± 0,17			
Co-60	6,1 ± 0,4	A1	7 ± 3	33 ± 2	C	9 ± 4	7,0 ± 0,5	A1	9 ± 4	3,8 ± 0,4	A1	4 ± 2
Cs-134												
Cs-137	1,6 ± 0,2	C	2,8 ± 0,2	3,6 ± 0,3	A1	3,6 ± 0,3	1,94 ± 0,18	B	2,4 ± 0,2	1,1 ± 0,3	A1	0,90 ± 0,16
I-131							0,7 ± 0,2					
K-40												
Mn-54							< 0,5					
Nb-95							0,78 ± 0,10					
Sb-124							1,4 ± 0,2					
Sb-125				3,1 ± 0,4								
Te-123m												
Am-241												
Eu-154												
Eu-155												
H-3	2250 ± 80	A1	2220 ± 120	4,84 ± 0,16	B	5,4 ± 0,3	24,6 ± 0,8	C	38 ± 2	132 ± 4	A1	130 ± 7

N.B. ^3H in MBq.m^{-3}

WATER	periode 5			periode 6			periode 7			periode 8		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Ag-110m	< 0,5						8,4 ± 1,3	A1	8,6 ± 1,3	4,6 ± 0,7	A1	5,2 ± 0,8
Co-58										0,51 ± 0,10		
Co-60	6,3 ± 0,4	A2	9 ± 4	4,5 ± 0,3	A1	6 ± 3	11,3 ± 0,8	A1	12 ± 5	10,3 ± 0,7	B	23 ± 10
Cs-134										13,3 ± 1,9		
Cs-137	1,59 ± 0,19	B	2,1 ± 0,2	0,49 ± 0,11	C	1,48 ± 0,16	1,8 ± 0,3	A2	1,48 ± 0,18	141 ± 10	C	2,0 ± 0,2
I-131												
K-40												
Mn-54												
Nb-95				< 0,6		1,0 ± 0,5	1,9 ± 0,6			0,4 ± 0,2		
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m	< 0,3											
Am-241										3,6 ± 0,3		
Eu-154										4,5 ± 0,5		
Eu-155										1,3 ± 0,2		
H-3	130 ± 4	A1	128 ± 7	79 ± 3	C	92 ± 5	19,8 ± 0,7	C	26,1 ± 1,4	18,3 ± 0,6	A1	18,6 ± 1,0

N.B. ^3H in MBq.m^{-3}

Tabel A2 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers in afvalwatermonster, gezeleerd door KCB (kBq.m^{-3})

GEL	periode 1			periode 2			periode 3			periode 4		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Ag-110m				0,79 ± 0,14			1,9 ± 0,3					
Co-58							0,51 ± 0,13	A2	0,73 ± 0,13			
Co-60	5,9 ± 0,4	A2	6,6 ± 0,2	8,1 ± 0,5	A2	8,7 ± 0,3	9,6 ± 0,6	A1	9,0 ± 0,3	4,1 ± 0,3	A2	4,45 ± 0,19
Cs-134												
Cs-137	1,8 ± 0,2	C	2,82 ± 0,18	2,8 ± 0,2	C	3,6 ± 0,2	1,96 ± 0,18	B	2,37 ± 0,18	0,94 ± 0,16	A1	0,90 ± 0,15
I-131							0,9					
Mn-54							0,26 ± 0,11					
Nb-95							0,55 ± 0,16					
Sb-124							1,6 ± 0,2					
Sb-125				< 1,4								
Te-123m												
Am-241												
Eu-154												
Eu-155												

Tabel A2 - vervolg (*Monster 8 bevat bruine neerslag)

GEL	periode 5			periode 6			periode 7			periode 8		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Ag-110m	0,40 ± 0,09						8,6 ± 1,3	A1	8,6 ± 0,2	4,9 ± 0,7	A1	5,2 ± 0,2
Co-58										< 0,6		
Co-60	9,0 ± 0,5	A1	8,6 ± 0,3	5,1 ± 0,3	A2	5,7 ± 0,2	12,0 ± 0,8	A1	11,6 ± 0,4	11,6 ± 0,7	C	23,0 ± 0,6
Cs-134										< 0,6		
Cs-137	1,52 ± 0,15	C	2,08 ± 0,17	0,87 ± 0,10	C	1,48 ± 0,14	1,4 ± 0,2	A1	1,48 ± 0,16	1,85 ± 0,17	A1	1,97 ± 0,17
I-131												
Mn-54												
Nb-95				0,67 ± 0,15	A2	0,99 ± 0,13	0,8 ± 0,5					
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m	0,30 ± 0,08											
Am-241										< 0,7		
Eu-154										< 0,7		
Eu-155										< 0,8		

Tabel A3 : De nucliden in de bibliotheek 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 15044 hierboven en KTA 1503.1³ te onderzoeken nucliden

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden⁴

Tabel A4 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie van totaal-alfa, ⁸⁹Sr en ⁹⁰Sr in het afvalwater mengmonster van kwartaal 2, 2012 van KCB (kBq m⁻³)

periode nuclide	2de kwartaal		
	RIVM	V	KCB
totaal-α	0,18 ± 0,03		< 0,13
⁸⁹ Sr	< 5		< 0,5
⁹⁰ Sr	< 0,16		< 0,5

N.B. De detectielimiet van RIVM voor ⁸⁹Sr voldoet niet aan KTA1504 (< 0,5 kBq.m⁻³); dit heeft te maken met de lange wachttijd voor de ⁸⁹Sr bepaling en de korte halfwaardetijd van ⁸⁹Sr.

Tabel A5 : Vergelijking van gamma-activiteitsconcentraties van I-131 in de weekmonsters ventilatielucht (mBq m⁻³)

Monsternummer Periode	Pakket	Nuclide	Aërosolfilter			DSM11-1			DSM11-2		
			RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
10 feb - 17 feb	<	¹³¹ I									
30 mrt - 6 apr	<	¹³¹ I									
6 apr - 13 apr	<	¹³¹ I									
13 apr - 20 apr	>	¹³¹ I	< 1,1		< 0,9	0,43 ± 0,16	< 2				< 0,4
3 aug - 10 aug	<	¹³¹ I									
7 sep -14 sep	>	¹³¹ I	< 0,5			< 0,8					< 0,4
2 nov - 9 nov	<	¹³¹ I									
30 nov - 7 dec	<	¹³¹ I									

Tabel A5 : vervolg

Monsternummer Periode	Pakket	Nuclide	Kool-1			Kool-2		
			RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
10 feb - 17 feb	<	¹³¹ I						
30 mrt - 6 apr	<	¹³¹ I						
6 apr - 13 apr	<	¹³¹ I						
13 apr - 20 apr	>	¹³¹ I	0,8 ± 0,2		< 1,9	< 0,4		
3 aug - 10 aug	<	¹³¹ I						
7 sep -14 sep	>	¹³¹ I	0,41 ± 0,09		< 0,9	< 0,7		
2 nov - 9 nov	<	¹³¹ I						
30 nov - 7 dec	<	¹³¹ I						

Tabel A6 : Vergelijking geloosde ¹⁴C-activiteitsconcentratie in ventilatielucht in kwartaalmonsters in 2012 (Bq.m⁻³)

Nog niet geanalyseerd door vertraging in de validatie van de zeoliet-stookmethode. Rapportage volgt in separaat briefrapport.

Tabel A7 : Vergelijking geloosde ³H-activiteitsconcentratie in ventilatielucht in kwartaalmonsters in 2012 (Bq.m⁻³)

Nog niet geanalyseerd door vertraging in de validatie van de zeoliet-stookmethode. Rapportage volgt in separaat briefrapport.

6 Analyseprocedures van KCB



AVS

Analysevoorschrift KMC
N04-26-033 versie 7

6. WERKWIJZE

6.1 WISSELEN VAN DE CILINDERS MET MOLECULAIRZEEF

- Enkele dagen voor plaatsing in het monsternameapparaat nieuwe molecuulairzeef gedurende 8 uur uitstoken op 350 °C 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.

6.2 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 °C.
- Op de dag van uitstoken de koelertemperatuur instellen op 1 °C.
- 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 lekttest 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.

Figuur B1 Bepaling van Koolstof-14 en tritium lozing door de ventilatieschacht. Analysevoorschrift KMC, N04-26-33, versie 7 (pag 1 van 3)



AVS

Analysevoorschrift KMC
N04-26-033 versie 7

- Schakel na 10 minuten wachten de buisoven in op 50 °C. 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 °C. 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 °C. 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 °C.
- 10 minuten na het bereiken van een temperatuur van 150 °C deze verhogen tot 200 °C en 10 minuten wachten.
- Temperatuur in stappen van 10 °C verhogen tot 240 °C steeds het bellenpatroon in de gaswasflesjes beoordelen (bij ca. 220 °C komt het water vrij).
- Na 20 minuten de oventemperatuur verhogen tot 350 °C en het stikstofdebiet tot 1,0 NI/h.
- Na 5 uur op 350 °C 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.

6.3 METEN VAN DE MONSTERS

6.3.1 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.

Figuur B1 Bepaling van Koolstof-14 en tritium lozing door de ventilatieschacht. Analysevoorschrift KMC, N04-26-33, versie 7 (pag 2 van 3)



- Tritium
De werkwijze is voor beide monsters (organische en anorganische fase) gelijk. Breng 40 ml monster in een destillatiekolf en destilleer dit. De eerste 10 ml weggoeien. Van het volgende condensaat 10 ml in een telflesje brengen en 10 ml ultima gold LLT scintillatievloeistof toevoegen. Telflesje goed schudden en in het rekje met protocolvlag 18 plaatsen.

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

6.3.2 Metten 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

6.4 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.

Figuur B1 **Bepaling van Koolstof-14 en tritium lozing door de ventilatieschacht. Analysevoorschrift KMC, N04-26-33, versie 7 (pag 3 van 3)**

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:

$Q_t = X.XX [m^3/h]$	Q_t is de actuele doorstroming
Met behulp van de toetsen D en E kunnen de volgende bedrijfsparameters worden uitgelezen:	
$Q_t = X.XX [m^3/h]$	actuele doorstroming
$\Sigma Q = X.XX [m^3]$	actuele doorstroomde volume
$T = X.X [h]$	actuele standtijd
$\Delta p = X.XX [mbar]$	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
$Q_0 = X.XX [m^3/h]$	totale doorstroming tijdens vorige cyclus; de eenheid staat niet correct in het display, moet zijn [m ³].
$T_0 = X.X [h]$	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.

- Wissel 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.

blad 3 van 5

Figuur B2 Bepaling van de lozing van aerosolen en Jodium via de ventilatieschacht , pag 1 van 3 Meet/bedieningsinstructie, N17-25-220, versie 3.

- 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 edelgasmeting TL080R011 danwel TL080R012 uit bedrijf!
- De instellingen dienen als volgt te zijn:
 - * TL080R015Qt ongeveer 4,2 [m³/h].
 - * TL080R018Qt ongeveer 4,2 [m³/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 Qt= ...[m³/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 ⁸⁹Sr/⁹⁰Sr LOZING

Na de meting dient het bovengenoemde filter te worden bewaard. Eens per kwartaal dient de bepaling van de α en ⁸⁹Sr/⁹⁰Sr 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 > 5E-3 Bq/m³, 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 (CH₃I) en anorganisch gebonden jodium (I₂). Het filterpatroon is daarom gevuld met twee materialen. Eerst het zeoliet 'A41 absorbermateriaal DSM11' voor het absorberen van I₂, en vervolgens de met TEDA geïmpregneerde actieve kool voor het absorberen van CH₃I. 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.

blad 4 van 5

Figuur B2

Bepaling van de lozing van aërosolen en Jodium via de ventilatieschacht
Meet/bedieningsinstructie, N17-25-220, versie 3, pag 2 van 3.

- De actieve kool heeft een volume van 200 ml per bed, hiervoor gebruikt men geometrie 8, 200 ml op 0 cm.
- ALS in het eerste DSM11 bed jodium wordt gemeten dan dient ook het tweede DSM11 bed te worden gemeten.
- De totale halogenen lozing wordt bepaald aan de hand van de bijelkaar opgetelde activiteiten van zowel de zeoliet als de actieve koolbedden.
- ALS in het eerste met TEDA geïmpregneerde actieve kool bed jodium wordt gemeten dan dient ook het tweede bed te worden gemeten.
- Wanneer jodium gevonden wordt in het tweede bed, dan dient bij de berekening van de lozing rekening gehouden te worden met het vangst percentage van de bedden. De I_2 en CH_3I lozingen dienen afzonderlijk te worden genoteerd en gerapporteerd.

Van de TWEEDE opstelling, TL080R015, dienen het filter en de inhoud van de filterelementen te worden bewaard. Deze filters dienen t.z.t naar het RIVM te worden gestuurd om daar te worden onderzocht.

3.5 DETECTIEGRENZEN

In de rapportage naar de overheid moeten de minimale en maximale detectiegrenzen, die in de 13 weken van het betreffende kwartaal zijn voorgekomen, worden vermeld. Hiertoef moeten de detectiegrenzen van aërosol en jodium bepaling van het betreffende kwartaal worden verzameld. Deze detectiegrenzen worden door het meetprogramma gegenereerd.

Figuur B2 Bepaling van de lozing van aërosolen en Jodium via de ventilatieschacht , pag 3 van 3
Meet/bedieningsinstructie, N17-25-220, versie 3.



AVS

Chemie instructie
N04-28-012 versie 6

1. DOEL

Deze instructie geeft een opsomming van activiteiten die door afdeling KMC uitgevoerd worden die betrekking hebben op het lozen van radioactief afvalwater. Het betreft activiteiten over:

- de te nemen puntmonsters van afvalwatertanks;
- de samenstelling van bewaarmonsters;
- de uit te voeren analyses in de punt- en bewaarmonsters;
- de rapportage.

2. DEFINITIES

Deze paragraaf is niet van toepassing.

3. EISEN

De activiteiten die in deze instructie beschreven zijn, komen voort uit norm KTA 1504. Voor de lozingscriteria en de te nemen maatregelen bij overschrijdingen van specificaties wordt verwezen naar de uitvoeringsprocedure PU-N06-03: behandeling van radioactief afvalwater.

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 aantoonbaarheids grens voor tritium moet 40 kBq/m³ zijn.

**Figuur B3 Meting en berekening aan monsters van radioactief afvalwater.
Chemie instructie, N04-28-12, versie 6 (pag 1 van 3)**



AVS

Chemie instructie

N04-28-012 versie 6

- 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 Titrimerische bepaling van chloride met zilvernitraat;
- N04-26-057 Titrimerische 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: $\text{volume (m}^3\text{)} = \text{niveau (m)} \times 7,5 \text{ (m}^3\text{)}$.

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 $> 500 \text{ kBq/m}^3$ is. Ook als de activiteit $< 500 \text{ kBq/m}^3$ is maar nog relatief hoog door een slecht werkende verdampert 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.

Figuur B3 Meting en berekening aan monsters van radioactief afvalwater. Chemie instructie, N04-28-12, versie 6 (pag 2 van 3)



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 ⁶⁰Co 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.

**Figuur B3 Meting en berekening aan monsters van radioactief afvalwater.
Chemie instructie, N04-28-12, versie 6 (pag 3 van 3)**

7 Stabilisering van watermonsters – zuur en dragerionen

Door de aard van de werkzaamheden bij de KCB is was- en spoelwater een belangrijk deel van het te lozen afvalwater. Hierdoor bevat het afvalwater vaak vlokke 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 1504⁴. 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.

8 Referenties

- 1 Jaarplan project 610330 - 2012. Brief R.C.G.M. Smetsers van RIVM/LSO aan P.J.W.M Müskens van VROM-Inspectie KFD, briefnr. LSO 302/11 SME/Kwa/dh d.d. 23 december 2011.
- 2 Kwakman PJM, Overwater RMW. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van de kernenergiecentrale Borssele. Periode 2011, RIVM rapport 610330132/2013.
- 3 KTA 1503.1. Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebundener radioaktiver Stoffe. Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb, KTA, 2002.
- 4 KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2006.
- 5 NEN 5623: 2002. Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van de activiteit van gammastraling uitzendende nucliden in een telmonster met halfgeleider-gammaspectrometrie
- 6 NEN 5636. Radioactiviteitsmetingen. Bepaling van de kunstmatige totale alfa-, kunstmatige totale bèta-activiteit en gammaspectrometrie van luchtfilters en berekening van de volumieke activiteit van de bemonsterde lucht. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 2007.
- 7 ISO 10704:2010. Water quality – Measurement of gross alpha and gross beta activity in non-saline water – Thin source deposit method
- 8 ISO 9698: 2009. Water quality – Determination of tritium activity concentration – Liquid scintillation counting method. ISO, Geneva.
- 9 Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Brief van LSO aan de nucleaire installaties d.d. 18 september 1990, kenmerk 1364/90 LSO Sm/eh.
- 10 NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, augustus 1990.
- 11 I. Krol, Ch. Hohmann. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2012", August 2012, SW 1 – 02/2012, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- 12 Kwartaalrapportages betreffende lozingen van gasvormige en vloeibare radioactieve stoffen in:
 - 2012 kwartaal 1 – ref KM/FEN/GGo/R124415 dd. 15-10-12.
 - 2012 kwartaal 2 – ref KM/FEN/GGo/R124417 dd. 17-10-12.
 - 2012 kwartaal 3 – ref KM/FEN/GGo/R124496 dd. 17-12-12.
 - 2012 kwartaal 4 – ref KM/FEN/GGo/R132066 dd. 8-4-13.

Lozingsrapportages afvalwater t.b.v. contra-expertise RIVM:
 datum lozing TR42 7 februari 12, volgnummer 12-07
 datum lozing TR41 5 april 12, volgnummer 12-26
 datum lozing TR41 19 april 12, volgnummer 12-37
 datum lozing TR42 20 april 12, volgnummer 12-36
 datum lozing TR42 22 april 12, volgnummer 12-38
 datum lozing TR41 13 september 12, volgnummer 12-68
 datum lozing TR41 7 november 12, volgnummer 12-83

datum lozing TR41 30 november 12, volgnummer 12-86.

Meetgegevens ventilatieschacht Kernenergiecentrale Borssele, opgesteld door afd. KMS;

monsteromschrijving en periode

TL080 R015 periode 10 - 17 februari 2012;

TL080 R015 periode 30 maart - 6 april 2012;

TL080 R015 periode 6 - 13 april 2012;

TL080 R015 periode 13 - 20 april 2012;

TL080 R015 periode 3 - 10 augustus 2012;

TL080 R015 periode 7 - 14 september 2012;

TL080 R015 periode 2 - 9 november 2012;

TL080 R015 periode 30 november - 7 december 2012.

13 NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1991.



RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag