



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

**Contra-expertise op bepalingen van
radioactiviteit in afvalwater en
ventilatielucht van van
Urenco Nederland B.V.**

Periode 2018

RIVM-briefrapport 2019-0163
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 Urenco Nederland B.V.**

Periode 2018

RIVM-briefrapport 2019-0163
P.J.M. Kwakman

Colofon

© RIVM 2020

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-2019-0163

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

Contact:

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

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS), in het kader van project 390020/18/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 Urenco Nederland B.V.

Periode 2018

De fabriek Urenco Nederland, die uranium verrijkt, meet hoeveel radioactiviteit het in het eigen afvalwater en ventilatielucht loost. Het RIVM controleert deze metingen acht keer per jaar. Met deze 'contra-expertise' controleert RIVM of de analyses die Urenco zelf uitvoert, betrouwbaar zijn. De te analyseren monsters worden verspreid over het jaar door Urenco genomen.

Dit jaar komen de totaal-alfa resultaten en de gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2018 goed overeen. De overeenstemming in de totaal-beta resultaten is redelijk. Uit de metingen blijkt dat de activiteitsconcentraties in afvalwater in de acht monsters laag zijn: 0,4 – 5,7 kBq.m⁻³ voor totaal-alfa en 0,4 – 8,1 kBq.m⁻³ voor totaal-bèta.

De radioactiviteit in ventilatielucht ligt zeer dicht bij het niveau van de hoeveelheid radon die van nature in de buitenlucht aanwezig is. Voor totaal alfa is een activiteitsconcentratie van 0,006 – 0,07 mBq.m⁻³ gevonden en voor totaal bèta 0,02 – 0,42 mBq.m⁻³. De resultaten van de meetwaarden van Urenco in ventilatielucht kwamen matig tot redelijk overeen met de RIVM-analyses.

In buitenlucht wordt de natuurlijke totaal alfa en bèta-activiteit veroorzaakt door radon-dochters, net als de verhouding tussen de totaal alfa- en totaal bèta-activiteit. De verhouding zou heel anders zijn wanneer uranium vrijkomt. Daarom is het aannemelijk dat er in 2018 geen uranium in ventilatielucht is vrijgekomen.

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

Kernwoorden: Urenco, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

Synopsis

Counterchecks on measurements of radioactivity in waste water and ventilation air at Urenco Nederland B.V.

Period 2018

The Urenco Nederland factory, which focuses on uranium enrichment, measures the quantity of radioactivity that it discharges via its own waste water and ventilation air. RIVM checks these measurements eight times a year. Via these counterchecks, RIVM determines whether the analyses performed by Urenco itself are reliable. Urenco takes the samples to be analysed at intervals throughout the year.

In 2018, the gross alpha results and the gamma analyses of wastewater in the counterchecks are in good agreement with the results found by Urenco itself. The agreement with regard to the gross beta results is reasonable.

The measurements show that the activity concentrations in waste water in the eight samples are low: 0.4 – 5.7 kBq.m⁻³ for gross alpha and 0.4 – 8.1 kBq.m⁻³ for gross beta.

The radioactivity in ventilation air is very close to the level of radon naturally present in outdoor air. The activity concentration of gross alpha measured was 0.006 – 0.07 mBq.m⁻³ and 0.02 – 0.42 mBq.m⁻³ for gross beta. The results of the values measured by Urenco in ventilation air agree moderately to reasonably well with the RIVM analyses.

The gross alpha and beta activity found naturally in outdoor air is caused by radon daughters, as is the ratio between the gross alpha and gross beta activity. This ratio would be completely different if uranium were to be released. It is therefore reasonable to assume that no uranium was released into ventilation air in 2018.

The Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS) commissions RIVM to carry out these counterchecks every year.

Keywords: Urenco, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Monsters en analyse — 13

3 Analysemethoden — 15

3.1 Tweevoudbepalingen — 15

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

3.3 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater — 16

3.4 Bepaling van de totaal alfa en bèta activiteitsconcentratie in ventilatielucht — 16

3.5 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht — 17

3.6 Foutenberekening — 17

3.7 Kwaliteitsborging — 18

3.8 Presentatie van resultaten en vergelijking — 18

4 Resultaten en discussie — 21

4.1 Meetresultaten — 21

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie — 21

4.3 Afvalwater — 21

4.4 Ventilatielucht — 23

4.5 Radonexhalatie van de betonnen verrijkingshallen — 23

4.6 Algemeen oordeel over de contra expertise resultaten — 26

5 Bijlage A Vergelijking meetresultaten in 2018 — 27

6 Bijlage B Urenco analyse van afvalwatermonsters voor lozing op het riool — 30

7 Bijlage C Analyse gegevens van Urenco — 40

8 Bijlage D Schatting van radon exhalatie van Urenco fabriekshallen; situatie in 2018 — 41

9 Referenties — 42

Samenvatting

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM heeft in 2018 in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteits-metingen 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 2018.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van Urenco Nederland B.V. te Almelo. Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee uitgaande ventilatielucht van verschillende gebouwen is bemonsterd. Het RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van totaal alfa, totaal bèta en gammastralers in afvalwatermonsters en ventilatielucht.

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. Doorgaans komen de afvalwateranalyses overeen met de resultaten van Urenco.

Dit jaar komen de totaal-alfa resultaten en de gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2018 goed overeen. De overeenstemming in de totaal-beta resultaten is redelijk. Uit de metingen blijkt dat de activiteitsconcentraties in afvalwater in de acht monsters laag zijn: 0,4 – 5,7 kBq.m⁻³ voor totaal-alfa en 0,4 – 8,1 kBq.m⁻³ voor totaal-bèta.

De radioactiviteit in ventilatielucht ligt zeer dicht bij het niveau van de hoeveelheid radon die van nature in de buitenlucht aanwezig is. Voor totaal alfa is een activiteitsconcentratie van 0,006 – 0,07 mBq.m⁻³ gevonden en voor totaal bèta 0,02 – 0,42 mBq.m⁻³. De resultaten van de meetwaarden van Urenco in ventilatielucht kwamen matig tot redelijk overeen met de RIVM-analyses.

In buitenlucht wordt de natuurlijke totaal alfa en bèta-activiteit veroorzaakt door radon-dochters, net als de verhouding tussen de totaal alfa- en totaal bèta-activiteit. Deze natuurlijke verhouding tussen alfa en bèta activiteit wijkt sterk af van de verhouding die het gevolg zou zijn van een besmetting door uranium. Daarom is het aannemelijk dat er in 2018, tijdens de reguliere bedrijfsvoering, geen uranium in ventilatielucht is vrijgekomen.

1 Inleiding

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM voert in opdracht van de 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 2018.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van Urenco Nederland B.V. te Almelo. Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht van verschillende gebouwen 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 analyse

Het RIVM haalt periodiek afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij Urenco Nederland B.V. Van het afvalwater bewaart Urenco circa 1 liter ongegeleerd water voor contra-expertise door RIVM. Voor het bepalen van de radioactiviteit in uitgaande ventilatielucht gebruikt Urenco aerosolfilters. Deze zijn beschikbaar voor het RIVM nadat de metingen door Urenco verricht zijn. Tabel 1 bevat een overzicht van het, vooraf met de ANVS afgesproken, aantal monsters en de te verrichten analyses [1]. In Tabel 2 staan gegevens van de opgehaalde afvalwatermonsters.

Tabel 1 Overzicht van het vooraf afgesproken aantal monsters en analyses

Monsters	Aantal	Soort monster	Analyses (Q*)
Afvalwater	8	Batchmonster	Q: Totaal alfa**, totaal-bèta**, gammastralers*
Ventilatie-lucht	25	Aerosolfilters 5-maal van 5 lozingspunten	Q: Totaal alfa**, totaal-bèta**, indien totaal bèta op filter > 0,5 Bq dan ook bepaling gamma-emitters**

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

* Analyse door RIVM in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

Het RIVM heeft Urenco zesmaal bezocht voor het ophalen voor de monsters uit 2018. De monsternamenpunten in 2018 zijn CSB (Central Services Building), RCC en SP5 voor de watermonsters, zie Tabel 2. En SP4, SP5 (1MA5 en 2MA5), RCC en CSB voor de ventilatieluchtfilters, zie Tabel 3.

Tabel 2 Monstergegevens afvalwater; de ophaaldata in 2018 voor de ventilatieluchtfilters zijn gelijk aan de ophaaldata van afvalwater

Nr	Datum afvalwater*	Ophaaldatum	Analysedatum alfa/beta	Fabriek
1	1 mrt	21 mrt	22-mei	CSB
2	21 mrt	11 apr	22-mei	CSB
3	27 mrt	11 apr	22-mei	SP5
4	13 jun	04 jul	28-aug	SP5
5	23 aug	3 okt	28-aug	CSB
6	29 aug	3 okt	28-aug	SP5
7	30 okt	15 nov	28-dec	CSB
8	15 nov	29 nov	28-dec	RCC

Tabel 3 Monstergegevens ventilatielucht; bemonsteringsperiodes en ophaaldata in 2018 voor de ventilatieluchtfilters van SP4, SP5 (1MA5 en 2MA5), RCC en CSB

Nr	Periode	Ophaaldatum	Analysedatum
1	18 feb - 25 feb	21 mrt	21-22 mrt
2	04 mrt - 11 mrt	11 apr	12-13 apr
3	20 mei - 27 mei	4 jul	11-17 jul
4	27 mei - 03 jun	4 jul	11-17 jul
5	19 aug - 26 aug	3 okt	4-5 okt

3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door Urenco in 2018, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn gelijk aan de door Urenco toegepaste methoden in het voorafgaande jaar [2].

In opdracht van de ANVS worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503 [3] en KTA-1504 [4]) 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 hanteert RIVM/VLH de Nederlandse NEN-normen. Voor gammaspectrometrie wordt gewerkt conform NEN 5623 [5]; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636 [7]. Voor de bepaling van de totaal-alfa en totaal-beta activiteit in afvalwater heeft RIVM/VLH een methode als een eigen methode gevalideerd [6].

3.1 Tweevoudbepalingen

VLH voert sommige analyses in tweevoud uit. Wanneer het verschil tussen de twee meetwaarden van een tweevoudbepaling groter is dan 4s (waarbij s de totale fout van de grootste van de twee meetwaarden is) wordt een tweevoudbepaling afgekeurd. In zo'n geval volgt een aanvullende controle, bijvoorbeeld een controle van de berekeningen, een herhaling van een meting of een nieuwe analyse met achtergehouden monstermateriaal. Het laatste gebeurt indien mogelijk bij afkeuring van een analyse op ^{60}Co of ^{137}Cs . Bij andere gammastralers dan ^{60}Co en ^{137}Cs worden in geval van een afgekeurde tweevoudbepaling de twee meetresultaten afzonderlijk gerapporteerd. Wordt het resultaat van een tweevoudbepaling niet afgekeurd, dan wordt het gemiddelde van de twee meetwaarden gerapporteerd. De analyses waarvan gedurende een langere periode gebleken is dat er weinig of geen afkeuringen plaatsvinden, worden uit oogpunt van efficiency in enkelvoud uitgevoerd. Welke analyses in enkelvoud en welke in tweevoud worden uitgevoerd, staat in Tabel 1 in hoofdstuk 2.

3.2 Bepaling van de totaal alfa- en bèta activiteitsconcentratie in afvalwater

Na krachtig schudden wordt van het gehomogeniseerde monster in twee verschillende flesjes elk 10,0 ml gepipetteerd. Aan één van de flesjes wordt 0,100 ml van een natuurlijk uraniumoplossing met bekende sterkte toegevoegd en goed gemengd. De twee oplossingen worden in gedeelten op roestvast stalen, geschuurde en ontvette telplaatjes 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 natuurlijk uranium. Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005; Handboek Gasdoorstroomtelling.

3.3 **Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater**

Per analyse wordt van het afvalwater één monster van 250 ml afgemeten. Dit 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 telltijden. Van het ontstane gegeleerde telpreparaat wordt over het energiebereik van 80 keV tot 2 MeV een gammaspectrum opgenomen met behulp van een P-type halfgeleiderdetector met hoge energieresolutie in combinatie met een pulssorteerder met 8192 kanalen. De meettijd is 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma Genie2000 aan de hand van een nuclidenbibliotheek. In 5 (Tabel A2) zijn de in de nuclidenbibliotheek opgenomen nucliden gegeven. In de gammabibliotheek zijn nucliden uit de uranium- en thoriumreeksen opgenomen, met daaraan toegevoegd de nucliden ^7Be , ^{40}K , ^{60}Co en ^{137}Cs . Daarnaast wordt door het analyseprogramma melding gemaakt van pieken die wel gedetecteerd zijn in het spectrum maar die niet aan één van de in de bibliotheek opgenomen nucliden toe te wijzen zijn. 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 de dag van bemonstering. Indien door het RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetoond, wordt slechts de detectielimiet voor ^{234}Th gegeven.

Formeel vereist KTA 1504 [4] dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ^{60}Co kleiner is dan 1 kBq m^{-3} . Bij het meten van afvalwater van Urenco is er echter voor gekozen om de detectiegrens te geven van ^{234}Th , de snel ingroeiende dochter van ^{238}U .

Voor 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 monsters.

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

3.4 **Bepaling van de totaal alfa en bèta activiteitsconcentratie in ventilatielucht**

Per analyse wordt uit een luchtstoffilter een schijf met een diameter van 46 mm geponst. Met behulp van een proportionele gasdoorstroomteller met een lage achtergrond, die van een dun venster ($< 0,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$) is voorzien, wordt hiervan de alfa- en bèta-telsnelheid gemeten. In afwijking van de NEN-norm inzake de analyse van luchtstoffilters wordt voor de bepaling van de totaal alfa en de totaal bèta activiteitsconcentratie natuurlijk uranium als referentienuclide toegepast [7]. Aangezien de invloed van de stofbelading op de totaal alfa efficiëntie aanzienlijk kan zijn en per monster onbekend, is in deze rapportage een onzekerheid van 30% in de waarde voor de totaal alfa activiteitsconcentratie in ventilatielucht opgenomen.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005; Handboek Gasdoorstroomtelling.

3.5 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht

Voor de controle van de α -, β - en γ -activiteiten wordt bij URENCO de geloosde ventilatielucht, afkomstig uit de verschillende verrijkingsfabrieken, door glasvezelfilters gezogen. De filters worden door URENCO met behulp van α/β pseudocoïncidentie meetapparatuur continu gecontroleerd. Eénmaal per week worden de filters door het bedrijf verwisseld. Uit elk te analyseren luchtstoffilter worden twee deelfilters met een diameter van 46 mm geponst. Met behulp van een laagnuleffectteller wordt van de deelfilters eerst de α en β -activiteit gemeten volgens de methode omschreven in SOP VLH-H-005. Indien de β -activiteit groter is dan 0,5 Bq wordt een spectrum opgenomen van het deelfilter met de hoogste β -activiteit op een gammaspectrometrie-opstelling.

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

3.6 Foutenberekening

De door RIVM opgegeven fout is het 1σ -schattingsinterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 [8] (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114 [9] (Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities). 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 in wegenen 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 en bèta activiteitsconcentratie in afvalwater

Hier wordt per analyse gebruikgemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een standaard (=tracer), ieder met de eigen tel- en experimentele fouten. De totale fout in de totaal alfa-activiteitsconcentratie, respectievelijk totaal bèta activiteitsconcentratie, is dan samengesteld uit een telfout van het preparaat bestaande uit het monster, een telfout van het preparaat bestaande uit het monster inclusief de standaard, een kalibratiefout en een experimentele fout.

Bepaling van de totaal alfa en bèta activiteitsconcentratie in ventilatielucht

Omdat bij de totaal alfa bepaling de invloed van de stoflaag op de telefficiëntie groot kan zijn en per monster verschillend wordt een onzekerheid van 30 % in de berekening van de totale fout verwerkt. De totale fout in de totaal alfa en totaal bèta activiteitsconcentratie in luchtstof is samengesteld uit een telfout van beide deelpreparaten, een kalibratiefout, een experimentele fout (inclusief de 1% onzekerheid als gevolg van het ponsen van een deel uit het gehele filter), en alleen voor totaal alfa de stoflaagonzekerheid van 30%.

Gammaspectrometrie

Voor de gammastraling uitzendende nucliden vindt rapportage plaats met een aangegeven fout voortkomend uit telstatistiek, kalibratie, achtergrond, onzekerheid in de yield en monstervoorbehandeling. Indien er sprake is van cascadeverval dan is een extra fout toegevoegd aan de gerapporteerde activiteitsconcentraties.

3.7 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 (registratienummer L153). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties 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/VLH jaarlijks deel aan het ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [10]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

3.8 Presentatie van resultaten en vergelijking

Voor de vergelijking worden de door Urenco bepaalde activiteitsconcentraties overgenomen uit de opgaven van Urenco [11] en zijn in deze rapportageperiode afgerond met de regels zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047 [8]).

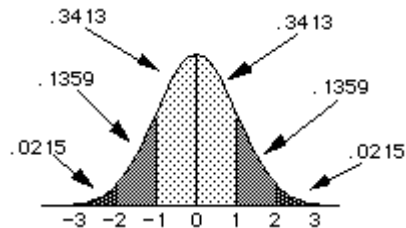
De overeenkomst tussen de meetresultaten van RIVM en die van de onderzochte nucleaire installatie (NI) wordt ingedeeld in één van de categorieën A1, A2, B, of C, die gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Vergelijking vindt alleen plaats als zowel RIVM als het onderzochte bedrijf een activiteit hebben 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 [8]). 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$	$\sim 68\%$, ofwel circa 2 uit 3
A2:	$s\Delta < \Delta \leq 2 s\Delta$	$\sim 27\%$, ofwel circa 1 uit 4
B:	$2s\Delta < \Delta \leq 3 s\Delta$	$\sim 4,3\%$, ofwel circa 1 uit 20
C:	$3s\Delta < \Delta $	$\sim 0,26\%$, ofwel circa 1 uit 400



Figuur 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.

4 Resultaten en discussie

4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door het RIVM en Urenco zijn te vinden in Hoofdstuk 5. De data van Urenco zijn overgenomen uit de kwartaalrapporten die Urenco [11] elk kwartaal opstuurt naar het RIVM. In de tabellen staan tevens de meetonzekerheden (fouten) in de meetwaarden van het RIVM (zie paragraaf 3.6). Urenco gaf onzekerheden op in de totaal alfa-, totaal bèta en totaal-gamma activiteitsconcentraties in afvalwater, maar niet in ventilatielucht.

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie

Het resultaat van de vergelijking (indien van toepassing) zoals beschreven in paragraaf 3.8 is in de tabellen van hoofdstuk 5 vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van Urenco met die van het RIVM is samengevat in Tabel 3 en Tabel 4. In deze tabellen is tevens tussen haakjes het volgens een normale verdeling verwachte voorkomen aan categorieën A1-A2-B-C te zien. Zo is af te lezen of er significant meer of minder resultaten in een categorie vallen dan verwacht.

4.3 Afvalwater

De vergelijking van de totaal alfa, totaal bèta en gammaspectrometrie resultaten in afvalwater is gegeven in Tabel 4. Met 11 van de 14 vergelijkingsparen van de categorie A1 + A2, tweemaal een B en een C is het resultaat goed.

In alle monsters zijn de activiteits-concentraties laag : 0,4 – 5,7 kBq.m⁻³ voor totaal-alfa en 0,4 – 8,1 kBq.m⁻³ voor totaal-bèta.

Tabel 4 Overeenkomst van meetresultaten totaal alfa, totaal bèta en gammastralers in afvalwater

Nr.	Plant	totaal- α	totaal- β	γ -stralers
1	CSB	B	B	A2
2	CSB	A1	A1	<
3	SP5	A2		<
4	SP5	A1	A1	<
5	CSB	A1	C	<
6	SP5	A2		<
7	CSB	A1	A2	<
8	RCC		A1	<

De gamma-activiteit ligt in zeven monsters volgens RIVM onder de detectiegrens. In monster 1 treft RIVM ²³⁴Th aan; Urenco rapporteert een iets hogere totaal-gamma activiteit. Opvallend in monster 5 is dat zowel RIVM als Urenco een licht verhoogde totaal-bèta activiteit rapporteren, zonder een significante verhoging van totaal-alfa.

Correctie voor verval van totaal-bèta activiteit tussen monsternamen en detectie

De vergelijkingsresultaten in de totaal bèta data zijn in deze rapportageperiode goed, met uitzondering van monster 5 waarin Urenco een bèta overschot waarneemt. Dit bèta overschot wordt mogelijk veroorzaakt door de kortlevende dochters van ^{238}U : ^{234}Th ($T_{1/2} = 24,1$ d) en $^{234\text{m}}\text{Pa}$ ($T_{1/2} = 1,1$ min). Het overschot verval in de tijd tussen monsternamen en meting bij benadering naar de totaal alfa waarde. Anderzijds kan er bij een alfa-overschot sprake zijn van een ingroei van ^{234}Th naar de alfa-activiteit.

Bij het uitvoeren van een ^{234}Th -vervalcorrectie is van de veronderstelling uitgegaan dat bij radiologisch evenwicht de totaal alfa en totaal bèta activiteit (ongeveer) gelijk aan elkaar zijn. Dit is echter bij afwijkingen van de natuurlijke verhouding van $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$ niet het geval. Aangezien het onduidelijk is in welke mate de daadwerkelijke $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$ verhouding in het monster afwijkt van de natuurlijke verhouding is het onredelijk om altijd een 'perfecte' overeenkomst, een A1, te verwachten.

In Tabel 5 zijn de ^{234}Th correcties in alle monsters weergegeven. Hierbij is aangenomen dat Urenco de meting uit heeft gevoerd op de dag van monsternamen. De correcties zijn uitgevoerd uitgaande van :

- het aantal dagen verschil tussen de monsterdatum van Urenco en de meetdatum van het RIVM
- het verschil in de totaal alfa en totaal bèta activiteit, beide van Urenco:
 - indien totaal bèta > totaal alfa dan wordt er gecorrigeerd voor verval van Th-234 naar de alfa activiteit.
 - indien totaal bèta < totaal alfa dan wordt er gecorrigeerd voor ingroei van Th-234 naar de alfa activiteit.
- de halfwaardetijd van ^{234}Th (24,1 dagen).

Tabel 5 Overeenkomst van meetresultaten (kBq.m^{-3}) activiteitsconcentraties totaal bèta in afvalwater na correctie voor ingroei of verval van ^{234}Th

Nr.	totaal- β ongecorrigeerd			totaal- β gecorrigeerd		
	RIVM	V	Urenco	Urenco	V	Th-234 +Corr.
1	$3,1 \pm 0,2$	B	$5,5 \pm 0,8$	$2,5 \pm 0,4$	A2	Verval
2	$4,8 \pm 0,3$	A1	$5,4 \pm 0,8$	$5,0 \pm 0,7$	A1	Verval
3	$0,63 \pm 0,10$		$< 0,89$			
4	$1,95 \pm 0,14$	A1	$1,5 \pm 0,8$	5 ± 3	A2	Ingroei
5	$8,1 \pm 0,5$	C	24 ± 2	$9,1 \pm 0,8$	A2	Verval
6	$< 0,4$		$< 1,3$			
7	$2,24 \pm 0,16$	A2	$3,4 \pm 0,7$	$2,4 \pm 0,5$	A1	Verval
8	$2,53 \pm 0,17$	A1	$2,5 \pm 0,7$	$1,0 \pm 0,3$	C	verval

* de fout van Urenco is ingeschat op basis van de relatieve fout in de eerste meting.

Het corrigeren voor verval of ingroei van ^{234}Th doet de overeenkomst tussen de waarde van Urenco en het RIVM bij monster 1 (B→A2), 5 (C→A2) en 7 (A2→A1) verbeteren. Echter bij monster 4 (A1→A2), 8 (A1→C) wordt de vergelijking slechter.

De vergelijking wordt uiteraard bemoeilijkt doordat er door het verrijgingsproces afwijkingen zijn van de natuurlijke verhouding van de

uraanisotopen. Daarbij zijn de totaal-alfa en totaal-bèta verhouding met elkaar in evenwicht. In sommige monsters is een verhoogd gehalte aan kaliumzouten aanwezig en wordt de totaal-bèta activiteit mede bepaald door ^{40}K .

4.4 Ventilatielucht

Tabel 6 bevat een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de totaal alfa en totaal bèta bepalingen in ventilatieluchtmonsters. Er konden 16 vergelijkingen worden gemaakt: 1-maal A1, 5-maal A2, 5-maal B en 5-maal C.

Tabel 6 Overeenkomst van meetresultaten activiteitsconcentraties totaal alfa en totaal bèta in ventilatielucht

Periode 2018	SP4		SP5-1MA5		SP5-2MA5		CSB		RCC	
	alfa	bèta	alfa	bèta	alfa	bèta	alfa	bèta	alfa	bèta
18 feb - 25 feb	A2	C	*	*	*	*	B	B	*	*
04 mrt - 11 mrt	A2						A1	B		
20 mei - 27 mei	A2	C					B	C		
27 mei - 03 jun	A2	C					C	B		
19 aug - 26 aug							A2			

* De meetresultaten bij de twee monsternamenpunten van SP5 en RCC hebben slechts detectiegrenzen opgeleverd. Hierdoor zijn er geen vergelijkingen uitgevoerd.

De totaal alfa meetresultaten benaderen de meetverwachting redelijk: 6-maal [A1+A2] en 3-maal [B+C].

De totaal bèta resultaten laten met zevenmaal [B+C] een erg matige vergelijking zien. De vergelijking wordt bemoeilijkt door het feit dat de activiteitsconcentraties in de buurt liggen van de natuurlijke achtergrond. Zie ook paragraaf 4.5, de 'radon-exhalatie van de betonnen verrijkingshallen'.

Volgens afspraak met de ANVS onderwerpt het RIVM de luchtfilters aan een nader onderzoek indien de totaal alfa activiteit $> 0,1$ Bq/filter of de totaal bèta activiteit $> 0,5$ Bq/filter. In 2018 is het geen enkele maal voorgekomen dat deze grenzen zijn overschreden; zie onderstaande paragraaf 4.5 en tabel A3.

4.5 Radonexhalatie van de betonnen verrijkingshallen

RIVM heeft in een eerdere rapportage aannemelijk gemaakt dat de totaal alfa en totaal bèta activiteit op de ventilatieluchtfilters van CSB hoogstwaarschijnlijk te wijten is aan radonochters afkomstig van radon in de buitenlucht [12]. Radon emaneert echter ook uit de betonnen oppervlakken van de verrijkingshallen. Het is mogelijk om een schatting te maken van de som van radon uit de buitenlucht + uit beton geëmaneerde radon. Dit radonniveau, en niet de detectiegrens van de apparatuur, beïnvloedt in grote mate de bepaalbaarheidsgrens voor totaal alfa en totaal bèta afkomstig van uranium. Deze zogenaamde radonruis kan omgerekend worden naar een realistische ondergrens voor de bepaling van totaal alfa en totaal bèta op de ventilatieluchtfilters.

Toelichting

Radon vervalft via een aantal kortlevende dochternucliden naar ^{210}Pb (+ dochter ^{210}Bi). Dit nuclide is een bèta/gammastraler en vervalft naar de (relatief langzaam) ingroeiende alfastraler ^{210}Po . Dit heeft als logisch gevolg dat de aanwezigheid van het edelgas radon in ventilatielucht uiteindelijk leidt op het filter tot een lage totaal alfa en totaal bèta activiteit die niet het gevolg is van een uraniumlozing. Kenmerk van een ^{210}Pb / ^{210}Po depositie op een filter is dat de totaal-alfa activiteit altijd een factor 3-7 lager is dan de totaal-bèta activiteit.

Dit in tegenstelling met natuurlijk uranium waarbij de activiteit aan totaal-alfa en totaal-bèta vrijwel met elkaar in evenwicht is; en verrijkt uranium waarbij de totaal-alfa activiteit hoger is dan de activiteit van totaal-bèta.

Schatting van totaal bèta als gevolg van radon in ventilatielucht

Met de aannames die gemaakt zijn in het bovengenoemde rapport [12] is voor SP4, SP5 en CSB een schatting gemaakt van de radonexhalatie uit betonnen oppervlakken. Dit leidt tot de productie van de bètastralers ^{210}Pb + ^{210}Bi . De daaruit volgende ^{210}Po -alfa activiteit is na 30 dagen voor 14% ingegroeid; dit houdt in dat de tijd tussen meting door Urenco en het RIVM van groot belang is voor de vergelijking van totaal alfa. Deze tijd kan in praktijk variëren tussen 10 en soms meer dan 80 dagen. Hierdoor heeft het vergelijken van totaal alfa data van Urenco en RIVM weinig zin indien de ingroei van ^{210}Po van dezelfde orde van grootte is als de 'normale' totaal alfa activiteit. In Tabel 7 worden de geschatte totaal bèta waarden vergeleken met daadwerkelijk aangetroffen totaal bèta waarden in 2018; de totaal alfa data zijn om de bovengenoemde reden buiten de tabel gehouden.

Tabel 7 Totaal bèta als gevolg van radon en reëel gemeten waarden (mBq.m^{-3})

Data 2018	Totaal bèta gemeten (RIVM)	Totaal bèta gemeten (Urenco)	Totaal bèta (berekend uit radon)	Ondergrens (berekend uit radon)
Plant				
SP4	0,05 – 0,4	0,05 – 0,6	0,09	0,18
SP5	< 0,09 -0,12	< 0,3	0,016	0,03
CSB	0,03 – 0,2	< 0,04- 0,3	0,01	0,02 (0,06)
RCC	< 0,02-0,02	< 0,04		
Buitenlucht – Bilthoven 2018*		0,15 – 1,13 mBq.m^{-3}		

* De waarde voor totaal bèta in luchtstof bemonsterd te Bilthoven is bepaald met de High Volume Sampler. Per week wordt circa 125.000 m^3 aangezogen en geanalyseerd.

De onzekerheden in de berekende totaal bèta waarden zijn groot. Dit komt door o.a. door onzekerheden in de schattingen van het betonoppervlak, in de radon exhalatie uit beton en schattingen van de flow door het betreffende gebouw. Ook de natuurlijke variatie van radon in de buitenlucht speelt een rol. Alle lucht van RCC en SP5 (1 en 2) wordt gefilterd voordat deze wordt geloosd en bemonsterd. Hierdoor is er voor RCC en SP5 geen invloed van radon in de buitenlucht en bij CSB

en SP4 wel. In SP4 en CSB wordt een groot deel ongefilterd geloosd waardoor radondochters niet zijn weg gefilterd.

Een totale onzekerheid in de totaal bèta activiteit laat zich lastig kwantificeren, maar het is aannemelijk dat een bandbreedte van een factor 2 ongeveer het minimum is. Dit is namelijk de spreiding in de radonexhalatie in betonnen oppervlakken. Deze spreiding kan volgens het Basisdocument Radon [13] variëren tussen 0,5 en 1 $\text{mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Vaststelling van ondergrens voor totaal-bèta

Met de data uit Tabel 6 en een ruime marge van een factor 2 is een ondergrens voor totaal bèta eenvoudig berekend. Onder deze grens heeft het uitvoeren van contra expertise geen nut omdat er feitelijk radondochters met elkaar worden vergeleken. Voor CSB valt de berekende ondergrens van 0,02 mBq.m^{-3} vrijwel op de detectiegrens. Het is echter niet doenlijk om elke waarde boven de detectiegrens als een 'echte' waarde voor totaal bèta te beschouwen. Vandaar dat er is gekozen voor een totaal bèta ondergrens voor CSB van minimaal een factor 3 boven de detectiegrens: 0,06 mBq.m^{-3} .

Alfa/bèta verhouding als criterium voor niet-natuurlijke activiteit

Op basis van de hierboven beschreven totaal bèta activiteit kan alleen aannemelijk gemaakt worden dat een deel van de ventilatieluchtlozing afkomstig is van natuurlijke activiteit. Er zijn echter gevallen denkbaar dat er sprake is van een (geringe) uranium vrijzetting. Hieronder wordt dit nader toegelicht.

- Indien radondochters op de schoorsteenfilters terechtkomen dan is radiochemisch evenwicht voor de bèta-stralers Pb-210 en Bi-210 betrekkelijk snel bereikt, maar voor Po-210 is er pas na 138 dagen een ingroei van 50 % bereikt. De natuurlijke totaal bèta activiteit zal doorgaans factoren (3-7) groter zijn dan de totaal-alfa activiteit.
- Een vrijzetting van uranium zou tot een verhoging van de totaal-alfa en totaal-bèta activiteit leiden die direct na de bemonstering ongeveer van vergelijkbare grootte is. De verhouding is afhankelijk van de verrijkingsgraad. Bij verrijkt uranium is de totaal-alfa activiteit groter dan de totaal-bèta activiteit.
- De absolute totaal-bèta activiteitsconcentratie is dus niet zozeer een reden om een Uranium-vrijzetting te vermoeden, maar de *verhouding alfa/bèta* is dat wel. Indien totaal alfa én totaal bèta beide dus verhoogd zijn en ongeveer gelijk aan elkaar bestaat er een vermoeden van een U-vrijzetting.

Toepassing op ventilatieluchtdata 2018

Bij CSB is er alleen in monster 1, 3 en 4 een verhoging van de totaal-bèta activiteit (boven de 0,06 mBq.m^{-3}). In deze drie gevallen is er geen sprake van een gelijktijdige totaal-alfa verhoging.

Bij SP4 is de totaal-bèta activiteitsconcentratie in monster 1, 3 en 4 boven de berekende ondergrens (boven 0,18 mBq.m^{-3}). De totaal-alfa activiteitsconcentratie bedraagt ongeveer 10-20% van de totaal-bèta activiteitsconcentratie. Dit betekent dat het hoogstwaarschijnlijk radondochters zijn.

Bij SP5 (1MA5 en 2MA5) en RCC is er in geen enkel geval sprake van een verhoogde alfa of bèta activiteitsconcentratie.

Er is dus geen reden om aan te nemen dat er sprake is geweest van een uraanvrijzetting in 2018.

4.6 Algemeen oordeel over de contra expertise resultaten

De trend van deze contra expertise is dat de door RIVM gemeten activiteitsconcentraties in afvalwater in de acht monsters laag zijn; 0,4 – 5,7 kBq.m⁻³ voor totaal-alfa en 0,4 – 8,1 kBq.m⁻³ voor totaal-bèta. De overeenstemming in de RIVM en Urenco resultaten was goed. De vergelijking van de totaal bèta resultaten in afvalwater is na correctie voor ingroei of verval van ²³⁴Th iets verbeterd.

De radon exhalatie uit de betonnen oppervlakken van de fabriekshallen veroorzaken een aanzienlijk deel van de totaal bèta-activiteit op de ventilatieluchtfilters. Naast een eventuele verhoging van de totaal bèta activiteit wordt ook de verhouding totaal bèta / totaal alfa meegenomen in de beoordeling van de ventilatieluchresultaten. Na toepassing van beide criteria is het niet aannemelijk dat er, tijdens reguliere bedrijfsvoering, een uranium-vrijzetting plaatsgevonden heeft.

5 Bijlage A Vergelijking meetresultaten in 2018

Tabel A1 Vergelijking activiteitsconcentraties totaal alfa, totaal bèta en gammastralers in afvalwater (kBq.m⁻³)

Activiteitsconcentratie (kBq/m3) totaal-α						totaal-β		
Nr.	Datum	Plant	RIVM	V	Urenco	RIVM	V	Urenco
1	01 mrt	CSB	2,1 ± 0,2	B	1,5 ± 0,2	3,1 ± 0,2	B	5,5 ± 0,8
2	21 mrt	CSB	5,2 ± 0,5	A1	4,7 ± 0,5	4,8 ± 0,3	A1	5,4 ± 0,8
3	27 mrt	SP5	1,11 ± 0,13	A2	0,75 ± 0,18	0,63 ± 0,10		< 0,9
4	13 jun	SP5	5,3 ± 0,5	A1	5,3 ± 0,5	1,95 ± 0,14	A1	1,5 ± 0,8
5	23 aug	CSB	5,7 ± 0,6	A1	5,3 ± 0,6	8,1 ± 0,5	C	24 ± 2
6	29 aug	SP5	0,20 ± 0,05	A2	0,37 ± 0,14	< 0,4		< 1,3
7	30 okt	CSB	2,5 ± 0,3	A1	2,2 ± 0,3	2,24 ± 0,16	A2	3,4 ± 0,7
8	15 nov	RCC	0,44 ± 0,06		< 0,3	2,53 ± 0,17	A1	2,5 ± 0,7

N.b. de detectiegrens gegeven door RIVM betreft ²³⁴Th.

De RIVM-detectiegrens voor de volgende gammastralers is :

0,7 kBq.m⁻³ voor ⁶⁰Co en ¹³⁷Cs , en 3 kBq.m⁻³ voor ²³⁵U.

Tabel A1 (Vervolg)

Activiteitsconcentratie (kBq/m3)					γ-stralers
Nr.	Datum	Plant	RIVM	V	Urenco [#]
1	01 mrt	CSB	1,7 ± 0,6	A2	5 ± 2
2	21 mrt	CSB	< 5		
3	27 mrt	SP5	< 10		
4	13 jun	SP5	< 4		3,2 ± 1,4
5	23 aug	CSB	< 7		11 ± 5**
6	29 aug	SP5	< 4		
7	30 okt	CSB	< 4		
8	15 nov	RCC	< 6		

* De detectiegrenzen zijn van ²³⁴Th.

** Urenco heeft 11,4 kBq/m3 aan ²³⁴Th gemeten. Inclusief de dochter ^{234m}Pa levert dit een totaal-beta activiteitsconcentratie op van 22,8 kBq/m3. Dit komt goed overeen met de door Urenco gerapporteerde 24 ± 2 kBq/m3. Door radioactief verval is de door RIVM gemeten totaal-beta activiteitsconcentratie lager.

Urenco rapporteert totaal-gamma.

Tabel A2 Nuclidenbibliotheek gebruikt voor bepaling van gammastralers

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

* Volgens KTA 1503.1 en KTA 1504 te onderzoeken nucliden [3, 4]

[†] Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden [4]^{Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.}

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

Tabel A3 Meetresultaten activiteitsconcentraties van totaal alfa in ventilatielucht (mBq m⁻³)

Totaal-alfa Periode 2018	SP4			SP5-1MA5			SP5-2MA5		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
18 feb - 25 feb	0,032 ± 0,004	A2	0,042	0,033 ± 0,005	< 0,06		< 0,03		< 0,06
04 mrt - 11 mrt	0,021 ± 0,004	A2	0,029	< 0,03		< 0,06	< 0,03		< 0,06
20 mei - 27 mei	0,060 ± 0,005	A2	0,048	< 0,03		< 0,06	< 0,04		< 0,06
27 mei - 03 jun	0,070 ± 0,006	A2	0,058	< 0,04		< 0,08	< 0,03		< 0,07
19 aug - 26 aug	0,023 ± 0,003		< 0,010	0,042 ± 0,010	< 0,06		< 0,04		< 0,07

Tabel A3 (vervolg)

Totaal-alfa Periode 2018	CSB			RCC	
	RIVM	V	UNL	RIVM	UNL
18 feb - 25 feb	0,0174 ± 0,0019	B	0,027	< 0,006	< 0,010
04 mrt - 11 mrt	0,0084 ± 0,0014	A1	0,0093	< 0,006	< 0,010
20 mei - 27 mei	0,028 ± 0,003	B	0,0201	< 0,006	< 0,008
27 mei - 03 jun	0,033 ± 0,003	C	0,023	< 0,006	< 0,010
19 aug - 26 aug	0,0100 ± 0,0015	A2	0,0073	< 0,006	< 0,008

Tabel A4 Vergelijking activiteitsconcentraties totaal bèta in ventilatielucht (mBq m⁻³)

Totaal-bèta Periode 2018	SP4			SP5-1MA5		SP5-2MA5	
	RIVM	V	UNL	RIVM	UNL	RIVM	INL
18 feb - 25 feb	0,42 ± 0,03	C	0,63	< 0,10	< 0,2	< 0,10	0,2
04 mrt - 11 mrt	0,082 ± 0,011		< 0,07	< 0,09	< 0,2	< 0,09	0,2
20 mei - 27 mei	0,35 ± 0,03	C	0,51	< 0,10	< 0,3	< 0,12	0,3
27 mei - 03 jun	0,41 ± 0,03	C	0,58	< 0,12	< 0,3	< 0,11	0,3
19 aug - 26 aug	0,053 ± 0,008		< 0,05	< 0,11	< 0,3	< 0,12	0,3

Tabel A4 (vervolg)

Totaal-bèta Periode 2018	CSB			RCC		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
18 feb - 25 feb	0,129 ± 0,010	B	0,162	0,023 ± 0,004		< 0,04
04 mrt - 11 mrt	0,053 ± 0,005	B	0,037	< 0,02		< 0,04
20 mei - 27 mei	0,168 ± 0,012	C	0,239	0,024 ± 0,003		< 0,04
27 mei - 03 jun	0,213 ± 0,015	B	0,266	< 0,02		< 0,04
19 aug - 26 aug	0,026 ± 0,004		< 0,03	< 0,02		< 0,04

6 Bijlage B Urenco analyse van afvalwatermonsters voor lozing op het riool

Ontvangen maart 2017.

Nummer: I 1.2.5-070
 Revisie: 00
 Datum: 29-03-2016
 Pagina: 1 van 12

UNL
 Instructie



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 23 maart 2018

ANALYSE VAN AFVALWATER VOOR LOZING OP HET RIOOL

	Opgesteld	Gecontroleerd	Vrijgegeven
Naam:	A.M. Kubsch-Geesing	A.P. Wassink	H.G.M. Meijer
Handtekening:			
Datum tekenen:	25-04-2016	25-04-2016	25-04-2016
Reden wijziging:	(WV 16-097) Update en omgezet van systeeminstructie I 1.2.5-871-004-08 naar instructie.		

1 DOEL

Het vastleggen van alle handelingen die nodig zijn om afvalwatermonsters van afvalwatertanks, met als doel lozing op het riool, te analyseren op de pH en op aanwezigheid van radionucliden.

2 SCOPE

Deze instructie geldt voor monsters afkomstig van afvalwatertanks waarvan het water zal worden geloosd op het riool.

Deze instructie geldt niet voor afvalwatertanks van het SIB.

De 1 liter afvalwatergeometrie, gebruikt voor de gamma-analyse, is tevens het monster dat ter beschikking wordt gesteld aan het RIVM.

3 DEFINITIES

CS-PA Chemistry Services Production Analysis
 QC Quality Control
 LIMS Laboratorium Informatie Management Systeem
 SIB Stable Isotopes Building

4 VERANTWOORDELIJKHEDEN

Het is de taak van de Analyst CS-PA de in deze instructie aangegeven werkzaamheden te volgen. De Teamleader CS-PA controleert dat de werkzaamheden in overeenstemming met deze instructie worden uitgevoerd en beoordeelt de resultaten.

In geval van twijfel bij handelingen volgens deze instructie moet de Analyst CS-PA contact opnemen met de Teamleader CS-PA of de Chemistry Services Manager.

5 WERKWIJZE

5.1 VOORWAARDEN EN UITGANGSSITUATIE

- 5.1.1 Een gecertificeerde uraniumstandaardoplossing is noodzakelijk voor de analyse van de volumieke alfa- en bèta-activiteit.
- 5.1.2 Gecertificeerde pH buffers voor de controle van de pH meter.
- 5.1.3 Behandel de monsters als zijnde radioactief.
- 5.1.4 De germaniumdetectoren dienen te beschikken over een geldige kalibratiecontrole- en achtergrondmeting voordat de analyse wordt uitgevoerd.
- 5.1.5 Een FHT 8000 in combinatie met een platenwisselaar dient te worden gebruikt voor het bepalen van de volumieke alfa- en bèta-activiteit.

5.2 WERKWIJZE

5.2.1 Bepalen pH

- 5.2.1.1 Controleer de werking van de pH-meter op correct functioneren m.b.v. gecertificeerde buffers.
NB: Indien de pH-meter niet correct functioneert, voer een kalibratie uit en controleer opnieuw de werking van de pH-meter.
- 5.2.1.2 Bepaal de pH van het monster.
NB: De pH dient tussen de 6.5 en 10 te liggen. Indien de pH buiten deze grenswaarden valt, ga verder met punt 4.2.1.3 anders met punt 4.2.1.5.
- 5.2.1.3 Bepaal bij een te lage pH hoeveel liter 33% NaOH en bij een te hoge pH hoeveel liter 65% HNO₃ aan de inhoud van de afvalwatertank moet worden toegevoegd om de pH tussen de bij punt 4.2.1.2 genoemde grenswaarden te brengen.
- 5.2.1.4 Geef aan de opdrachtgever het resultaat van punt 4.2.1.3 door.
NB: De opdrachtgever zal na toevoeging van de hoeveelheid NaOH/HNO₃ een nieuw afvalwatermonster aanbieden ter controle van de pH.
- 5.2.1.5 Geef in LIMS de pH van het afvalwatermonster in.

5.2.2 Monstervoorbehandeling

- 5.2.2.1 Voeg aan een 2 liter monster 30 ml 65% HNO₃ toe.
- 5.2.2.2 Homogeniseer het afvalwatermonster.
- 5.2.2.3 Plaats het afvalwatermonster minimaal 16 uur in een stoof bij 60°C.
NB: Dit om de eventuele onopgeloste radionucliden die aanwezig zijn in de vloeistof op te lossen.
- 5.2.2.4 Haal het afvalwatermonster uit de stoof, homogeniseer de oplossing door te schudden, en vul een 1 liter afvalwatergeometrie t.b.v de gamma-analyse.
NB: Deze opdeling dient te worden uitgevoerd direct nadat het monster uit de stoof is gehaald.
- 5.2.2.5 Laat de monsteroplossing op kamertemperatuur komen voordat deze verder in bewerking wordt genomen.

5.2.3 Monstervoorbehandeling t.b.v. volumieke bepaling alfa-, bèta-activiteit

5.2.3.1 Reinig 9 RVS-afvalwaterplaten met Scotch-Brite en een vloeibaar schuummiddel.

5.2.3.2 Markeer, na drogen, de afvalwaterplaten met:

- Het unieke LIMS volgnummer op alle platen.
- Blanco op 3 afvalwaterplaten.
- Standaard op 3 afvalwaterplaten.
- Monster op 3 afvalwaterplaten.

Plaats vervolgens alle platen, ook de blanco afvalwaterplaten, in de stoof.

5.2.3.3 Voer in triplo uit:

Neem 100 ml afvalwater. Voeg een druppel zeep toe en homogeniseer. Schenk deze oplossing uit op een monster afvalwaterplaat.

5.2.3.4 Voer in triplo uit:

Neem 100 ml afvalwater. Voeg een druppel zeep en 100 µl gecertificeerde uraniumstandaardoplossing toe en homogeniseer. Schenk deze oplossing uit op een standaard afvalwaterplaat.

5.2.3.5 Laat alle vloeistof verdampen.

NB: De afvalwaterplaten dienen volledig droog te zijn wanneer deze uit de stoof worden gehaald voordat tot analyse wordt overgegaan.

5.2.4 Uitvoering analyse volumieke alfa- en bèta-activiteit

5.2.4.1 Voer een Quality Control (QC) analyse uit voor de analyse van de monsters.

5.2.4.2 Selecteer het te analyseren monster.

5.2.4.3 Voer een QC-analyse uit na de analyse van de monsters.

5.2.4.4 Plaats de afvalwaterplaatsen op de platenwisselaar in de volgende volgorde:

1. QC-analyse voor
2. Blanco
3. Monster
4. Monster
5. Monster
6. Blanco
7. Standaard
8. Standaard
9. Standaard
10. Blanco
11. QC-analyse na

De te hanteren teltijden zijn:

- Blanco, 300 minuten.
- Monster, 200 minuten.
- Standaard, 10 minuten.
- QC-analyse voor/na, 10 minuten.

5.2.4.5 Controleer of de monsters in de autosampler dezelfde volgorde hebben als in de meetsequence.

5.2.4.6 Start de meting.

5.2.4.7 Print na analyse de meetdata. De analyseresultaten worden weergegeven in counts per minuut.

- 5.2.4.8 Geef het aantal cpm van de QC-analyse in LIMS in en controleer of deze aan de criteria voldoen. Ga verder met punt 5.2.4.9 nadat de QC-analyses zijn goedgekeurd.

Criteria

Accuracy QC alfa- en bèta-activiteit	3S-grens Shewartkaart
--------------------------------------	-----------------------

- 5.2.4.9 Bereken met behulp van de software van de alfa/bèta-monitor de alfa- en bèta-activiteit van het afvalwater en geef deze resultaten in Bq/l in, in LIMS met de bijbehorende onzekerheid in %.
- 5.2.5 Bepalen van de volumieke gamma-activiteit**
- 5.2.5.1 Pak het bij punt 5.2.2.4 verkregen monster in huishoudfolie in.
- 5.2.5.2 Plaats bij detector 1 en 2 de monsterfles in het loodkasteel op het midden van de detector.
- 5.2.5.3 Maak een nieuw monster aan in de software (Apex) van de meetopstelling door te klikken op de icoon "Sample".
- 5.2.5.4 Geef bij "Sample ID" in het unieke LIMS volgnummer.
- 5.2.5.5 Geef bij "Description" in het tanknummer.
- 5.2.5.6 Onder "Procedure Selection" klik op "afvalwater" selecteer vervolgens "Afvalwater meting" en klik op "Next".
- 5.2.5.7 Geef 1 in bij "Quantity" met als eenheid liters.
- 5.2.5.8 Klik vervolgens op "Save".
- 5.2.5.9 Start de meting op het "Main" scherm.
NB: De teltijd van de analyse bedraagt standaard 100.000 seconden.
- 5.2.5.10 Na het verlopen van de teltijd wordt het resultaat automatisch berekend en uitgeprint.
- 5.2.5.11 Controleer in het rapport onder "Interference corrected report" of radionucliden die gedefinieerd zijn in de nuclidenbibliotheek (zie bijlage 1) zijn aangetoond.
- 5.2.5.12 Controleer in het rapport onder "Unidentified peaks" of andere dan in de nuclidenbibliotheek opgenomen radionucliden zijn aangetroffen.
- 5.2.5.13 Voer de resultaten in LIMS in. Indien geen radionucliden worden aangetroffen wordt de minimale detectie voor ^{234}Th , zoals overeengekomen met het RIVM, ingevoerd. Indien wel een radionuclide wordt aangetroffen geef dan het resultaat in Bq/l in LIMS in met de in het rapport vermelde fout in %. Deze fout wordt met een betrouwbaarheidscoëfficiënt van $k = 2$ vermeld. Indien meer dan 1 radionuclide wordt aangetroffen, sommeer de activiteiten in Bq/l en bereken de bijbehorende fout.

Bereken de fout bij sommatie van radionucliden met de vergelijking:

$$c_v = \frac{\sqrt{\sum s_{a,x}^2}}{\sum A_x} \times 100$$

waarin

c_v	=	variatiecoëfficiënt behorende bij de sommatie van de aangetroffen radionucliden, in %;
$s_{a,x}$	=	de fout van de afzonderlijke gammastralers, in Bq l^{-1} , waarbij x staat voor het aantal aangetroffen nucliden;
A_x	=	volumieke activiteit van de aangetroffen radionucliden, in Bq l^{-1} , waarbij x staat voor het aantal aangetroffen nucliden.

Vermeld in LIMS ook de aangetroffen radionucliden met de activiteit in Bq l^{-1} en de bijbehorende onzekerheid in Bq l^{-1} .

5.2.6 Rapportage

- 5.2.6.1 Print nadat het monster gereed is gemeld het formulier voor vrijgave van afvalwater (zie bijlage 3) uit en overhandig deze aan de teamleader.
- 5.2.6.2 Print de identificatiestickers (zie bijlage 2) uit en plak deze op de bij de gammaspectrometrische analyse gebruikte monsterfles en op de monsterfles met de resterende monsternamenvloeistof.

5.2.7 Berekening van de volumieke alfa- en bèta-activiteit

De hieronder beschreven berekening geldt voor zowel het berekenen van de volumieke alfa- als bèta-activiteit.

- 5.2.7.1 Bereken het telt tempo van de blanco, monster en standaardafvalwaterplaten met de vergelijking:

$$R = \frac{N}{t}$$

waarin:

R	=	het telt tempo in s^{-1} ;
N	=	het totaal aantal counts;
t	=	de teltijd in s.

5.2.7.2 Bereken het telrendement van de telopstelling met de vergelijking :

$$\varepsilon = \frac{R_s - R_m}{A_s}$$

waarin :

- ε = het telrendement van de telopstelling, in $s^{-1}Bq^{-1}$;
- R_s = het teltempo van de standaard, in s^{-1} ;
- R_m = het teltempo van het monster, in s^{-1} ;
- A_s = de activiteit van de toegevoegde standaard, in Bq.

5.2.7.3 Bereken de volumiekeactiviteit van het monster met de vergelijking:

$$A_m = \frac{R_m - R_0}{\varepsilon \times V}$$

waarin:

- A_m = de volumiekeactiviteit van het monster, in $Bq l^{-1}$;
- R_0 = het teltempo van de blanco, in s^{-1} ;
- R_m = het teltempo van het monster, in s^{-1} ;
- ε = het telrendement van de telopstelling, in $s^{-1}Bq^{-1}$;
- V = volume van het ingedampt monster, in l.

5.2.8 Foutenberekening alfa- en bèta-analyse

De hieronder beschreven berekening geldt voor zowel het berekenen van de fout in de alfa- als bèta-analyse.

- 5.2.8.1 Bereken de variatiecoëfficiënt in het telrendement. De basis voor de berekening volgt uit de formule voor het berekenen van het telrendement:

$$\varepsilon = \frac{R_s - R_m}{A_s} = \frac{\Delta_1}{A_s} \Rightarrow \frac{s_\varepsilon}{\varepsilon} = \sqrt{\left(\frac{s_{\Delta_1}}{\Delta_1}\right)^2 + \left(\frac{s_{A_s}}{A_s}\right)^2}$$

waarin:

ε	=	het telrendement van de telopstelling, in $s^{-1}Bq^{-1}$;
R_s	=	het teltempo van de standaard, in s^{-1} ;
R_m	=	het teltempo van het monster, in s^{-1} ;
Δ_1	=	het nettoteltempo van de standaard afvalwaterplaat ($R_s - R_m$), in s^{-1} ;
A_s	=	de activiteit van de toegevoegde standaard, in Bq;
$\frac{s_\varepsilon}{\varepsilon}$	=	de variatiecoëfficiënt in het telrendement van de telopstelling;
$\frac{s_{\Delta_1}}{\Delta_1}$	=	de variatiecoëfficiënt van het nettoteltempo van de standaard afvalwaterplaat;
$\frac{s_{A_s}}{A_s}$	=	de variatiecoëfficiënt van de toegevoegde standaard, deze is 0.025.

- 5.2.8.2 Bereken de standaarddeviatie van het nettoteltempo van de standaard met de vergelijking:

$$s_{\Delta_1} = \sqrt{(s_{R_s})^2 + (s_{R_m})^2}$$

waarin:

s_{Δ_1}	=	de standaarddeviatie van het nettoteltempo van de standaard afvalwaterplaat, in s^{-1} ;
s_{R_s}	=	de standaarddeviatie van de standaard afvalwaterplaat, in s^{-1} ;
s_{R_m}	=	de standaarddeviatie van de monster afvalwaterplaat, in s^{-1} .

5.2.8.3 Bereken de standaarddeviatie van de standaardafvalwaterplaat met de vergelijking:

$$s_{R_s} = \frac{1}{\sqrt{n_s}} \times \sqrt{\frac{R_s}{t_s} + (f_{\text{exp}} \times R_s)^2}$$

waarin:

- s_{R_s} = de standaarddeviatie van de standaardafvalwaterplaat, jns^{-1} ;
- n_s = het aantal resultaten van standaardafvalwaterplaten waarover gemiddeld is;
- R_s = het teltempo van de standaardafvalwaterplaten, jns^{-1} ;
- t_s = de teltijd van de standaardafvalwaterplaat, jns ;
- f_{exp} = de experimentele variatiecoëfficiënt, deze is voor $\alpha 0.035$ en voor $\beta 0.02$.

5.2.8.4 Bereken de standaarddeviatie van de monster afvalwaterplaat met de vergelijking:

$$s_{R_m} = \frac{1}{\sqrt{n_m}} \times \sqrt{\frac{R_m}{t_m} + (f_{\text{exp}} \times R_m)^2}$$

waarin:

- s_{R_m} = de standaarddeviatie van de monster afvalwaterplaat, jns^{-1} ;
- n_m = het aantal resultaten van monster afvalwaterplaten waarover gemiddeld is;
- R_m = het teltempo van de monster afvalwaterplaten, jns^{-1} ;
- t_m = de teltijd van de monster afvalwaterplaat, jns ;
- f_{exp} = de experimentele variatiecoëfficiënt, deze is voor $\alpha 0.035$ en voor $\beta 0.02$.

- 5.2.8.5 Bereken de variatiecoëfficiënt voor de volumieke activiteit. De basis voor de berekening volgt uit de formule voor het berekenen van de volumieke activiteit inclusief de experimentele fout:

$$A_m = \frac{R_m - R_0}{\varepsilon \times V} = \frac{\Delta_2}{\varepsilon \times V} \Rightarrow \frac{s_{A_m}}{A_m} = k \sqrt{\left(\frac{s_{\Delta_2}}{\Delta_2}\right)^2 + \left(\frac{s_\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{s_V}{V}\right)^2} \times 100$$

waarin:

- A_m = de volumieke activiteit van het monster, in Bq l^{-1} ;
- ε = het telrendement van de telopstelling, in $\text{s}^{-1}\text{Bq}^{-1}$;
- R_m = het teltempo van de monster, in s^{-1} ;
- R_0 = het teltempo van de blanco, in s^{-1} ;
- V = het opgebrachte monstervolume, in l;
- Δ_2 = het netto teltempo van de monster afvalwaterplaat ($R_m - R_0$), in s^{-1} ;
- $\frac{s_{A_m}}{A_m}$ = de variatiecoëfficiënt van de volumieke activiteit in %;
- k = de betrouwbaarheidscoëfficiënt, kies $k = 2$
- $\frac{s_{\Delta_2}}{\Delta_2}$ = de variatiecoëfficiënt van het netto teltempo van de monster afvalwaterplaat;
- $\frac{s_\varepsilon}{\varepsilon}$ = de variatiecoëfficiënt van het telrendement van de telopstelling;
- $\frac{s_V}{V}$ = de variatiecoëfficiënt in het volume, deze is 0.01.

- 5.2.8.6 Bereken de standaarddeviatie van het netto teltempo van het monster met de vergelijking:

$$s_{\Delta_2} = \sqrt{(s_{R_m})^2 + (s_{R_0})^2}$$

waarin:

- s_{Δ_2} = de standaarddeviatie van het netto teltempo van de monster afvalwaterplaat, in s^{-1} ;
- s_{R_m} = de standaarddeviatie van de monster afvalwaterplaat (zie 4.2.7.4), in s^{-1} ;
- s_{R_0} = de standaarddeviatie van de blanco afvalwaterplaat, in s^{-1} .

5.2.8.7 Bereken de standaarddeviatie van de blancoafvalwaterplaat met de vergelijking:

$$s_{R_0} = \frac{1}{\sqrt{n_0}} \times \sqrt{\frac{R_0}{t_0}}$$

waarin:

s_{R_0}	=	de standaarddeviatie van de blancoafvalwaterplaat, Jn s^{-1} ;
n_0	=	het aantal resultaten van monster afvalwaterplaten waarover gemiddeld is;
R_0	=	het teltempo van de blancoafvalwaterplaten, Jn s^{-1} ;
t_0	=	de teltijd van de blancoafvalwaterplaat, Jn s ;

5.2.9 Berekening van de laagste aantoonbare activiteit

De hieronder beschreven berekening geldt voor zowel het berekenen van de laagst aantoonbare alfa- als bèta-activiteit.

5.2.9.1 Bereken de laagste aantoonbare activiteit van de afvalwaterplaten met de vergelijking:

$$A_{\min} = \frac{k}{\varepsilon} \sqrt{\frac{R_{0,m}}{t_m} \times \left(1 + \frac{t_m}{t_{0,m}}\right)}$$

waarin:

$A_{\min}$	=	de laagste aantoonbare activiteit van de afvalwaterplaten, Jn Bq ;
$R_{0,m}$	=	het teltempo van de blanco, Jn s^{-1} ;
t_m	=	de meettijd van het monster, Jn s ;
$t_{0,m}$	=	de meettijd van de blanco, Jn s ;
k	=	de betrouwbaarheidscoëfficiënt, kies $k = 3$;
ε	=	het telrendement van de opstelling

5.2.9.2 Bereken de laagste aantoonbare volumieke activiteit met de vergelijking:

$$c_{A_{\min}} = \frac{A_{\min}}{V}$$

waarin:

$c_{A_{\min}}$	=	de laagste aantoonbare volumieke activiteit van het monster, Jn Bq l^{-1} ;
$A_{\min}$	=	de laagste aantoonbare activiteit van de afvalwaterplaten, Jn Bq ;
V	=	volume van het ingedampte monster, Jn l .

6 REFERENTIES

- Inleiding tot de stralingshygiëne.-Hoofdstuk 10-
A.J.J. Bos, F.S. Draaisma, W.J.C. Okx en C.E. Rasmussen.

7 Bijlage C Analyse gegevens van Urenco

Het off-line analyseren van bestofte glasfaserfilters op alfa- en bèta-totaal activiteit met behulp van een groot oppervlak Ar-CH₄ meetopstelling

2 WERKWIJZE

Analyse-voorbereiding:

De te analyseren filters dienen voor analyse tenminste 1 week opgeslagen te worden.

Op de analyse-envelop dienen de volgende gegevens aanwezig te zijn:

- plant en monitornummer
- beginstand flowmeter
- eindstand flowmeter
- data filterwisseling (ook aangegeven op het filter zelf)
- reden filterwisseling

Indien één of meer van deze voorwaarden niet aanwezig of onduidelijk is moet contact worden opgenomen met de operationeel beheerder.

Controleer of het filter onbeschadigd is en of het filter bestoft is aan één zijde.

Controleer of het filter regelmatig over het oppervlak bestoft is.

Indien er een afwijking is, dient de operationeel beheerder gewaarschuwd te worden voor een correctieve actie.

Controleer of de beschikbare "ArCH₄ Proportionele Telkamer Meetopstelling" juist werkt:

- Er dient vooraf aan de meting een "nulmeting" uitgevoerd te zijn. Deze nulmeting mag niet ouder zijn dan één week. De teltijd voor deze meting is minimaal 200 minuten.
- Er dient een "Quality Control meting" uitgevoerd te worden met een "alfa wide area reference source UAR 17021 Uranium 238" bij iedere serie metingen.

Analyse:

Plaats de te meten filter(s) in de "ArCH₄ Proportionele Telkamer Meetopstelling".

Teltijd is minimaal 100 minuten. Start de meetsequence. Aan het eind van de analyse(s) dienen tenminste de volgende meetresultaten opgeslagen worden in een database bestand op het chemical laboratory:

- alfa pulsen in cpm (netto)
- bèta pulsen in cpm (netto)
- monitor nummer
- datum analyse
- begindatum van filtermonster, einddatum van filtermonster

De analyseresultaten worden tenminste 5 jaar gearchiveerd in LIMS. Stuur de geanalyseerde filters naar CS-EA in de originele analyse-envelop. De geanalyseerde filters worden door CS-EA opgeslagen.

8 Bijlage D Schatting van radon exhalatie van Urenco fabriekshallen; situatie in 2018

In de onderstaande tabel zijn de variabelen zoals door RIVM gedefinieerd in [12] toegepast op de genoemde Urenco-fabriekshallen.

Tabel D1 Schatting van radonexhalatie

variabelen (eenheid):	SP4	SP5 1MA	SP5 2MA	CSB
Area-beton (m ²)	6.00E+03	8.00E+03	6000	3150
Exhalatie-beton (Bq/s per m ²)	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04
Produktie-radon (Bq/s)	3.0	4.0	3.0	1.575
Flow door gebouw (m ³ /s)	15	60	45	24.5
Deelflow door UNL-filter (m ³ /week)	8000	1400	1400	14800
Deelflow door UNL filter (m ³ /s)	0.0132	0.0023	0.0023	0.0245
Deelflow door geponst filter (m ³ /week)	480	85	85	530
Deelflow door geponst filter (m ³ /s)	0.00079	0.00014	0.0001	0.0009
Volume van gebouw (m ³)	4.46E+05	3.20E+05	2.40E+05	64512
Ventilatievoud (s-1)	3.43E-05	1.88E-04	1.88E-04	3.79E-04
Lambda radon (1/s)	2.10E-06	2.10E-06	2.10E-06	2.10E-06
lambda 210Pb (1/s)	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09
lambda 210Po (1/s)	5.80E-08	5.80E-08	5.80E-08	5.80E-08
Act Rn (Bq/m ³)	3.2	3.1	3.1	3.1
Act Rn-buiten (Bq/m ³)	3.0	3.0	3.0	3.0
C_d Conc radondochters (N/m ³)	9.32E+04	1.64E+04	1.64E+04	8.08E+03
Act (210Pb) [Bq/UNL-filter, week]	0.75	0.02	0.02	0.12
RIVM-filter (mBq/week)	44.7	1.4	1.4	4.3
RIVM-filter (berekend mBq/m ³)	0.09	0.016	0.016	0.008
RIVM-filter (gemeten mBq/m ³)	0,03 - 0,5	< 0,11	< 0,12	0,03 - 3,5

* Gegevens voor SP5 aangeleverd door Urenco:

- Flow door gebouw = 54000 m³/h per hal
- SP5 filter 1 betreft 4 hallen
- SP5 filter 2 betreft 3 hallen (situatie 2018 ??).
- Betonoppervlak SP5 is ~2000 m² / hal
- Deelflow door SP5 UNL-filter : 1400 m³/week.

9 Referenties

- ¹ Project M/390020/18/SM – Jaarplan 2018; besproken op 21-12-2017 met P. Arends (ANVS). Vastgelegd in brief met bijlage van RIVM/VLH d.d. 22-12-2017; kenmerk 20170174/VLH/LRB/PKM.
- ² Kwakman PJM. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van Urenco Nederland B.V. Periode 2017. RIVM rapport 2019-0128.
- 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, 2016-11.
- ⁴ KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2017-11.
- ⁵ NEN 5623. Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van de activiteit van gammastraling uitzendende nucliden in een telmonster met halfgeleider-gammaspectrometrie. NEN, Delft.
- ⁶ Prestatiekenmerken van een eigen methode : De bepaling van totaal-alfa en totaal-beta in afvalwater. GJ Knetsch, juli 2007, Laboratorium voor Stralingsonderzoek, RIVM (niet openbaar).
- ⁷ NEN 5636. Radioactiviteitsmetingen. Bepaling van de kunstmatige totaal alfa-, kunstmatige totaal bèta-activiteit en gammaspectrometrie van luchtfilters en berekening van de volumieke activiteit van de bemonsterde lucht. NEN, Delft.
- ⁸ NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. NEN, Delft 1991.
- ⁹ NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. NEN, Delft, augustus 1990.
- ¹⁰ I. Krol, Ch. Lucks, U.-K. Schkade, Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2018", September 2018, UR – 02/2018, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- ¹¹ Urenco Nederland B.V. Rapportage Lucht- en waterlozingen (brieven):
2018 kwartaal 1 en 2, COM/18/1783, 27 sept 2018
2018 kwartaal 3 en 4 COM/19/0652, 29 maart 2019.
- ¹² Kwakman PJM en P. Stoop. Evaluatie van controlemetingen door het RIVM van luchtzijdige emissies van Urenco Nederland B.V. RIVM/LSO rapport 231/04.
- ¹³ Basisdocument Radon. LH Vaas, et al., RIVM rapport 710401014, Bilthoven

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag