



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

**Contra-expertise op bepalingen van radio-
activiteit van afvalwater en ventilatielucht
van Urenco Nederland B.V.**

Periode 2011

RIVM briefrapport 610330136/2013
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 Urenco
Nederland B.V.**

periode 2011

RIVM Briefrapport 610330136/2013
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'.

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

Contact:

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

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

Rapport in het kort

Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van Urenco Nederland B.V. Periode 2011.

Het RIVM controleert achtmaal per jaar de metingen van de verrijkingsfabriek Urenco te Almelo. Het gaat hierbij om lozingen van radioactiviteit in water en lucht. De contra-expertise onderbouwt de betrouwbaarheid van de analyses die Urenco uitvoert. Uit de metingen blijkt dat er in het afvalwater doorgaans een (zeer) lage totaal alfa en totaal bèta activiteit aanwezig is. De totaal alfa en totaal bèta resultaten in afvalwater komen redelijk tot goed overeen, zo ook in 2011.

De radioactiviteit in ventilatielucht ligt zeer dicht bij het niveau van de hoeveelheid radon die van nature in buitenlucht aanwezig is. Voor totaal alfa is een activiteitsconcentratie van $0,007 - 0,13 \text{ mBq.m}^{-3}$ gevonden en voor totaal bèta $0,026 - 0,5 \text{ mBq.m}^{-3}$. De overeenstemming met de meetwaarden van Urenco was doorgaans goed.

Gebaseerd op de natuurlijke totaal-bèta activiteit die veroorzaakt wordt door radon-dochters en de verhouding tussen de totaal alfa en totaal bèta activiteit, is er in twee gevallen bij SP4 mogelijk een kleine vrijzetting voorgekomen van uraan in ventilatielucht.

Het RIVM heeft in acht afvalwatermonsters en 40 monsters van ventilatielucht, die verspreid over het jaar 2011 door Urenco zijn afgenomen, de totaal alfa en totaal bèta activiteit bepaald. Deze bepaling is een snelle manier om een eventuele lozing van uraan naar het milieu aan te tonen. Opdrachtgever is de Kernfysische Dienst van de Inspectie Leefomgeving en Transport, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Trefwoorden:

Urenco, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

Abstract

Contra-expertise on determination of radioactivity of waste water and ventilation air of Urenco Nederland B.V. Period 2011

Within the framework of a monitoring programme, RIVM measures the release of radioactivity into the waste water and atmosphere of the Urenco uranium enrichment plant in Almelo. 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 Urenco plant.

As a rule, the waste water contains very low levels of gross alpha and gross beta activity. The two different sets of measurements of gross alpha and gross beta in waste water are generally in agreement, as is also the case in 2011.

Radioactivity levels in the ventilation air are very close to those levels expected due to the natural presence of radon in the outside atmosphere. For gross alpha $0,007 - 0,13 \text{ mBq.m}^{-3}$ was found and for gross beta $0,026 - 0,5 \text{ mBq.m}^{-3}$. The agreement with the measurement results of Urenco was mostly good. Taking into account the natural gross-beta activity, and the ratio gross alpha / gross beta it is possible that at SP4 in two cases a small release of uranium may have occurred.

The RIVM determined the gross alpha and gross beta activity in eight waste water samples and 40 samples of ventilation air. The samples were taken by Urenco at time points dispersed throughout 2011. This procedure provides the RIVM with a method for determining the release of artificial alpha emitters into the environment.

The analyses were carried out on behalf of the Department of Nuclear Safety, Security and Safeguards of the Human Environment and Transport Inspectorate from the Ministry of Infrastructure and Environment.

Keywords:

Urenco, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air

Inhoud

Samenvatting—6

1 Inleiding—7

2 Monsters en analyse—8

3 Analysemethoden—9

3.1 Tweevoudbepalingen—9

3.2 Bepaling van de totaal alfa- en bèta activiteitsconcentratie in afvalwater—9

3.3 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater—9

3.4 Bepaling van de totaal alfa en bèta activiteitsconcentratie in ventilatielucht—10

3.5 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht—10

3.6 Foutenberekening—11

3.7 Kwaliteitsborging—11

3.8 Presentatie van resultaten en vergelijking—11

4 Resultaten en discussie—13

4.1 Meetresultaten—13

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie—13

4.3 Afvalwater—13

4.4 Ventilatielucht—14

4.4.1 Radonexhalatie van de betonnen verrijkingshallen—15

4.5 Alfa/beta verhouding als criterium voor niet-natuurlijke activiteit—16

4.6 Algemeen oordeel over de contra expertise resultaten—17

5 Referenties—18

Bijlage A Vergelijking meetresultaten—19

Bijlage B Gegevens van Urenco : Analyse van afvalwatermonsters voor lozing op het riool—21

Bijlage C Gegevens van Urenco - Het off-line analyseren van bestofte glasfaserfilters op alfa en beta totaalactiviteit met behulp van een "groot oppervlak" Ar-CH₄ Proportionele telkamer meetopstelling—30

Bijlage D Schatting van radon exhalatie van Urenco fabriekshallen; situatie in 2011.—31

Samenvatting

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 2011.

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 buitenlucht en 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.

Voor de afvalwatermonsters is de overeenkomst van de totaal alfa en totaal bèta data in de bemonsteringsperiode redelijk tot goed.

De resultaten voor de totaal alfa bepalingen op luchtstoffilters zijn in deze rapportage vergeleken met de meetresultaten van Urenco goed: 10-maal A1 en driemaal A2. De vergelijkingsresultaten van de totaal bèta bepalingen op luchtstoffilters laten met tienmaal A1+A2, tweemaal een B en driemaal redelijke vergelijking zien.

De radioactiviteit in ventilatielucht ligt zeer dicht bij het niveau van de hoeveelheid radon die van nature in buitenlucht aanwezig is. Voor totaal alfa is een activiteitsconcentratie van 0,007 – 0,13 mBq.m⁻³ gevonden en voor totaal bèta 0,026 – 0,5 mBq.m⁻³. De overeenstemming met de meetwaarden van Urenco was doorgaans goed.

Gebaseerd op de natuurlijke totaal-bèta activiteit die veroorzaakt wordt door radon-dochters en de verhouding tussen de totaal alfa en totaal bèta activiteit, is er in twee gevallen bij SP4 mogelijk een kleine vrijzetting voorgekomen van uraan in ventilatielucht.

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 2011.

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 buitenlucht en 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 KFD afgesproken, aantal monsters en de te verrichten analyses [RI11]. 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
Afvalwater	8	Batchmonster	Totaal alfa**, totaal-bèta**, gammastralers*
Ventilatie-lucht	32	Aerosolfilters acht maal van vier lozingspunten	Totaal alfa**, totaal-bèta**, indien totaal bèta op filter > 0,5 Bq dan ook bepaling gamma-emitters**

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

Het RIVM heeft Urenco zevenmaal bezocht voor het ophalen voor de monsters uit 2011. Aan het eind van 2008 is monsternamepunt 2MA5 van de SP5 hallen 5-8 in gebruik genomen. Van SP5 wordt dus zowel een filter beschikbaar gesteld van hal 1-4 (monstername punt 1MA5), als van hal 5-8 (2MA5). In 2011 is RCC (Recycling Centre) in gebruik genomen. In dit gebouw worden uit bedrijf genomen en inwendig gecontamineerde installatiedelen gereinigd. De vier monsternamepunten in 2011 zijn SP4, SP5, CSB (Central Services Building) en RCC.

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

Nr	Datum afvalwatermonster*	Ophaaldatum	Analysedatum alfa/beta	Analysedatum gammaspectrometrie	Fabriek
1	12 januari 2011	25 januari 2011	27 mei 2011	26 januari 2011	CSB
2	2 februari 2011	10 maart 2011	27 mei 2011	14 maart 2011	CSB
3	19 mei 2011	1 juni 2011	14 juli 2011	6 juni 2011	CSB
4	16 juni 2011	29 juni 2011	14 juli 2011	4 juli 2011	CSB
5	30 augustus 2011	7 september 2011	30 september 2011	12 september 2011	CSB
6	20 augustus 2011	7 september 2011	30 september 2011	12 september 2011	CSB
7	10 oktober 2011	19 oktober 2011	12 januari 2012	24 oktober 2011	CSB
8	25 oktober 2011	30 november 2011	12 januari 2012	30 november 2011	CSB

* dit is de datum op de monsterfles. De datum die Urenco rapporteert is de lozingsdatum en die is meestal een paar dagen later. RIVM gebruikt altijd de datum op de fles als referentiedatum.

3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door Urenco in 2011, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn gelijk aan de door Urenco toegepaste methoden in het voorafgaande jaar [Kw10].

In opdracht van VROM-Inspectie KFD worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA, [KT02] en [KT06]) voor de uitvoering van de analyses aangehouden. Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die gehaald moeten kunnen worden.

3.1 Tweevoudbepalingen

LSO 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 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 uraan. Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0121; 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 teltijden. 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 GammaVision (eerste helft 2009) en Genie2000 (2^e helft van 2009) aan de hand van een nuclidenbibliotheek. In Bijlage A (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, ⁴⁰K, ⁶⁰Co en ¹³⁷Cs. 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 ²³⁴Th gegeven.

Formeel vereist KTA 1504 [KT06] dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ⁶⁰Co 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 ²³⁴Th, de snel ingroeïende dochter van ²³⁸U.

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 LSO-0238 (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 mg·cm⁻²) is voorzien, wordt hiervan de alfa- en bèta-telsnelheid gemeten. In afwijking van de Nederlandse voornorm inzake de analyse van luchtstoffilters wordt voor de bepaling van de totaal alfa en de totaal bèta activiteitsconcentratie natuurlijk uraan als referentienuclide toegepast [NE06]. 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 LSO-0121; Handboek Gasdoorstroomtelling.

3.5 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht

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 afgesproken aantal monsters en de te verrichten analyses [RI11]. In Tabel 2 staan gegevens van de opgehaalde afvalwatermonsters.

3.6 Foutenberekening

De door RIVM opgegeven fout is het 1σ -schattinginterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114 (Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities) [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 in wegingen en volumebepalingen.

Waar van toepassing, is voor de volumebepaling in de hoeveelheid bemonsterde lucht een fout van 1% opgenomen in de experimentele fout.

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, 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

In het kader van de bewaking van de kwaliteit van de gebruikte analyse- en meetmethoden neemt RIVM jaarlijks deel aan het ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [Bf10]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

3.8 Presentatie van resultaten en vergelijking

De bepaalde activiteitsconcentraties werden afgerond overgenomen uit de opgave van Urenco [UR11].

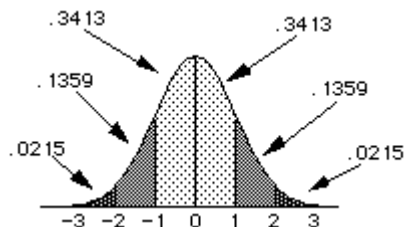
De overeenkomst tussen de meetresultaten van RIVM en die van de onderzochte nucleaire installatie (NI) wordt ingedeeld in één van de categorieën A1, A2, B, of C, die gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Vergelijking vindt alleen plaats

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 [NE91]). 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.

De door Urenco bepaalde activiteitsconcentraties worden overgenomen uit de kwartaalrapportages van Urenco [UR11] en zijn in deze rapportageperiode afgerond met de afrondingsregels zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047 [NE91]).

4 Resultaten en discussie

4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door het RIVM en Urenco zijn te vinden in Bijlage A. In de tabellen staan tevens de meetonzekerheden (fouten) in de meetwaarden van het RIVM (zie paragraaf 3.6). Urenco gaf fouten op in de totaal alfa- en totaal bèta 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 Bijlage A 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 3*. Op basis van het betrekkelijk gering aantal vergelijkingsparen, namelijk acht, worden er alleen maar vergelijkingsresultaten van de categorie A1 en A2 verwacht.

In de totaal alfa resultaten is viermaal A1 behaald, één A2, een B en tweemaal C. Dit resultaat komt overeen met de resultaten in de voorgaande rapportageperiodes.

De totaal bèta resultaten gaven viermaal A1, en driemaal B.

Tabel 3 : Overeenkomst van meetresultaten totaal alfa, totaal bèta en gammastralers in afvalwater

	Totaal- α	Totaal- β γ -stralers
1 CSB	A1	A1
2 CSB	A2	A1
3 CSB	A1	B
4 CSB	B	
5 CSB	C	A1
6 CSB	C	B
7 CSB	A1	A1
8 CSB	A1	B

De vergelijkingsresultaten in de totaal bèta data worden beïnvloed door de monsters 3, en 6, waarin van een bèta overschot sprake is. Dit bèta overschot wordt 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 vervalst in de tijd tussen monsternamen en meting bij benadering naar de totaal alfa waarde. 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 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 een 'perfecte' overeenkomst, een A1, te verwachten.

In Tabel 4 zijn de ^{234}Th correcties in alle monsters behalve 4 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 totaal alfa en totaal bèta activiteit in de Urenco-data
- de halfwaardetijd van ^{234}Th (24,1 dagen).

Tabel 4 : Overeenkomst van meetresultaten (kBq.m^{-3}) activiteitsconcentraties totaal bèta in afvalwater na correctie voor ingroei of verval van ^{234}Th

Nr.	totaal-beta ongecorrigeerd			Urenco waarde voor totaal-beta met verval Th-234	
	RIVM	V	Urenco	V	
1	4,8 ± 0,3	A1	5,5 ± 0,9	2,4 ± 0,4	C
2	28,5 ± 1,8	A1	31 ± 2	5,7 ± 0,4	C
3	2,8 ± 0,2	B	4,6 ± 0,8	2,0 ± 0,3	B
4	0,59 ± 0,10	< 1,2			
5	2,9 ± 0,2	A1	3,3 ± 1,1	1,8 ± 0,6	A2
6	2,17 ± 0,17	B	4,8 ± 1,2	3,3 ± 0,8	A2
7	2,7 ± 0,2	A1	2,9 ± 0,8	1,5 ± 0,4	B
8	8,3 ± 0,5	B	5,6 ± 1,2	8,4 ± 1,8	A1

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

Corrigeren voor verval van ^{234}Th doet de overeenkomst tussen de waarde van Urenco en het RIVM slechts in twee gevallen verbeteren: in monster 6 wordt de B een A2, en in monster 8 wordt de eerst gerapporteerde B nu een A1. In de overige monsters is er geen sprake van een verbetering (monster 3), of zelfs sprake van een verslechtering (monster 1, 2, 5, 7). Blijkbaar gaat de veronderstelling dat bij radiologisch evenwicht de totaal alfa en totaal bèta activiteit (ongeveer) gelijk aan elkaar zijn niet altijd op. Dit is uiteraard afhankelijk van de mate van verrijking van de uraan-isotopen.

In monster 2 valt op dat het flinke bèta overschot dat zowel Urenco als RIVM rapporteren niet gevolgd wordt door een afname naar de totaal alfa activiteitsconcentratie. Dit suggereert sterk dat er een lang levende bèta straler, zoals ^{40}K , in het afvalwater aanwezig is. De gammaspectrometrie resultaten van Urenco lijken dit te bevestigen. RIVM kan echter de aanwezigheid van ^{40}K niet ondubbelzinnig aantonen doordat ^{40}K altijd aanwezig is in de achtergrond.

De gamma-activiteit wordt door Urenco bepaald met gammaspectrometrie met een Germanium detector; dit is beschreven in de tekst in Bijlage B. Urenco rapporteert in zes monsters een gamma-activiteit, RIVM in geen. RIVM rapporteert de detectiegrens voor ^{234}Th , de kortlevende dochter van ^{238}U .

4.4 Ventilatielucht

Tabel 5 bevat een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de totaal alfa en totaal bèta bepalingen in ventilatieluchtmonsters. Er konden 28 vergelijkingen worden gemaakt: 15-maal A1, achtmaal A2, tweemaal B en driemaal C.

Tabel 5 : Overeenkomst van meetresultaten activiteitsconcentraties totaal alfa en totaal bèta in ventilatielucht

Periode	SP4		SP5-1MA5		SP5-2MA5		CSB		RCC		som
	alfa	bèta	alfa	bèta	alfa	bèta	alfa	bèta	alfa	bèta	
02 jan - 09 jan		A2					A1	B			
13 feb - 20 feb	A1	A1					A1	A2			
08 mei - 15 mei	A1	A1					A1	C			
29 mei - 05 jun	A1	A1					A1	B			
10 jul - 17 jul	A2	A2						C			
17 jul - 24 jul							A2	C			
18 sep - 25 sep	A2	A1					A1	A2			
30 okt - 06 nov	A1	A1					A1	A2			
SA1	4	5					6				15
SA2	2	2					1	3			8
SB								2			2
SC								3			3
Totaal	6	7					7	8			28

De totaal alfa meetresultaten benaderen de meetverwachting redelijk: 13-maal A1+A2.

De totaal bèta resultaten laten met tienmaal A1+A2, tweemaal een B en driemaal redelijke vergelijking zien. In praktijk wordt de vergelijking bemoeilijkt door het feit dat de activiteitsconcentraties in de buurt liggen van de natuurlijke achtergrond. Zie ook paragraaf 4.3 bij de 'radon-exhalatie van de betonnen verrijkingshallen'.

Volgens afspraak met de KFD 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 2011 is het geen enkele maal voorgekomen dat deze grenzen zijn overschreden; zie tabel A3.

4.4.1 Radonexhalatie van de betonnen verrijkingshallen

RIVM heeft 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 [Kw04]. 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 geëmaneerd radon. Dit radonniveau, en niet de detectiegrens van de apparatuur, beïnvloedt in grote mate de bepaalbaarheidsgrens voor totaal alfa en totaal bèta afkomstig van uraan. 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) ingroeierende 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 uraanlozing.

Schatting van totaal bèta als gevolg van radon in ventilatielucht

Met de aannames die gemaakt zijn in het bovengenoemde rapport [Kw04] is voor SP2, 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 waardoor het vergelijken van totaal alfa data weinig zin heeft bij lange wachttijden voorafgaand aan het meten. In de onderstaande tabel worden de geschatte totaal bèta waarden vergeleken met daadwerkelijk aangetroffen totaal bèta waarden in 2011; de totaal alfa data zijn om de bovengenoemde reden buiten de tabel gehouden.

Tabel 6: Totaal bèta als gevolg van radon en reëel gemeten waarden (mBq.m⁻³)

Data 2011	Totaal bèta gemeten (RIVM)	Totaal bèta gemeten (Urenco)	Totaal bèta (berekend uit radon)	Ondergrens (berekend uit radon)
SP4	0,02 – 0,5	0,05 – 0,47	0,09	0,18
SP5	< 0,1	< 0,3	0,016	0,03
CSB	0,02 – 0,35	< 0,07- 0,45	0,01	0,02 (0,06)
Buitenlucht – Bilthoven*		0,05 – 1,7		

* De waarde voor totaal bèta in luchtstof bemonsterd te Bilthoven is bepaald met de High Volume Sampler. Per week wordt circa 125.000 m³ 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. Hierbij is van belang dat 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 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 die volgens het Basisdocument Radon kan variëren tussen 0,5 en 1 mBq.m⁻².s⁻¹ [Ba91].

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 precies op de detectiegrens. Het is realistisch om de totaal bèta ondergrens voor CSB minimaal een factor 3 daarboven te kiezen: 0,06 mBq.m⁻³.

4.5 Alfa/beta 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) uraan vrijzetting. Hieronder wordt dit nader toegelicht.

- Indien radondochters op de schoorsteenfilters terechtkomen dan is radiochemisch evenwicht voor de beta-stralers Pb-210 en Bi-210 snel

bereikt, maar voor Po-210 is er pas na 138 dagen een ingroei van 50 % bereikt. De totaal bèta activiteit zal doorgaans factoren (5-10) groter zijn dan de totaal-alfa activiteit.

- Een vrijzetting van uraan zou tot een verhoging van de totaal-alfa en totaal-beta activiteit leiden die direct na de bemonstering ongeveer van vergelijkbare grootte is. De verhouding is afhankelijk van de verrijkingsgraad.
- Het is dus niet zozeer de absolute totaal-beta activiteitsconcentratie reden om een Uraan-vrijzetting te vermoeden, maar de verhouding alfa/beta ! 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 2011

In het geval van de rapportage 2011 zijn er bij CSB geen verhogingen van de totaal-beta activiteit waarbij gelijktijdig een verhoogde totaal alfa activiteit te zien is. Bij SP4 zijn er twee verhogingen bij 13-20 feb en 8-15 mei waarbij de totaal-alfa waarde slechts een factor 2 à 3 onder de totaal-beta waarde zit. In die twee gevallen is de vergelijking tweemaal A1 voor totaal alfa en tevens tweemaal A1 voor totaal bèta.

4.6 Algemeen oordeel over de contra expertise resultaten

De trend van deze contra expertise is dat de activiteitsconcentraties in afvalwater erg laag zijn. De totaal alfa en totaal bèta resultaten in afvalwater vertonen net als in de voorgaande jaren een redelijk tot goede vergelijking met de RIVM resultaten.

Schattingen tonen aan dat radon exhalatie uit de betonnen oppervlakken van de fabriekshallen een aanzienlijk deel van de totaal bèta-activiteit op ventilatieluchtfilters veroorzaakt. Naast de totaal bèta activiteit wordt dit jaar ook de verhouding totaal bèta / totaal alfa meegenomen in de beoordeling van de ventilatieluchresultaten. Na toepassing van beide criteria blijven er slechts enkele verhogingen over: tweemaal bij SP4. Hierbij is de overeenstemming tussen de meetresultaten van Urenco en RIVM goed.

5 Referenties

- Bas91 Basisdocument radon. LH Vaas, et al., RIVM rapport 710401014, Bilthoven
- Bf11 I. Krol, Ch. Hohmann. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2011", August 2011, SW 1 – 05/2011, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- KT02 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.
- KT06 KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2006.
- Kw04 Kwakman PJM en P. Stoop. Evaluatie van controlemetingen door het RIVM van luchtzijdige emissies van Urenco Nederland B.V. RIVM/LSO rapport 231/04.
- Kw10 Kwakman PJM, Overwater RMW. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van Urenco Nederland B.V. Periode 2010. RIVM rapport 610330109/2012.
- NE90 NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, augustus 1990.
- NE91 NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut, 1991.
- NE06 NEN 5636: 2006. 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. Nederlands Normalisatie Instituut, 2006.
- UR11 Urenco Nederland B.V. Rapportage Lucht- en waterlozingen (brieven):
2011 kwartaal 1 COM/11/1374, 26 juli 2011.
2011 kwartaal 2 COM/11/1836, 14 oktober 2011.
2011 kwartaal 3^e en 4^e, COM/12/1035, 11 mei 2012.
- RI11 Jaarplan project 610330 - 2011. Brief R.C.G.M. Smetsers van RIVM/LSO aan P.J.W.M Müskens van VROM-Inspectie KFD, briefnr. LSO 008a/11 SME/Kwa/dh d.d. 23 juni 2011.
- VI07 Brief van R.D. Woittiez, directeur sector RIVM-MEV, aan P.J.W.M. Müskens, directeur VROM-KFD, kenmerk VI/KFD/2007069434.526, datum 30 juli 2007.

Bijlage A Vergelijking meetresultaten

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

Act. concentratie (kBq m ⁻³)			Totaal- α			Totaal- β			γ -stralers		
Nr.	Datum	Plant	RIVM	V	Urenco	RIVM	V	Urenco	RIVM	V	Urenco
1	12 januari 2011	CSB	2,7 ± 0,3	A1	2,3 ± 0,3	4,8 ± 0,3	A1	5,5 ± 0,9	< 8		2,4 ± 1,2
2	2 februari 2011	CSB	5,9 ± 0,6	A2	4,7 ± 0,5	28,5 ± 1,8	A1	31 ± 2	< 13		21 ± 5
3	19 mei 2011	CSB	1,56 ± 0,17	A1	1,3 ± 0,2	2,8 ± 0,2	B	4,6 ± 0,8	< 7		4,2 ± 1,8
4	16 juni 2011	CSB	0,38 ± 0,06	B	0,88 ± 0,17	0,59 ± 0,10		< 1,2	< 9		< 3
5	30 augustus 2011	CSB	2,0 ± 0,2	C	0,81 ± 0,16	2,9 ± 0,2	A1	3,3 ± 1,1	< 3		5 ± 2
6	20 augustus 2011	CSB	1,21 ± 0,15	C	2,6 ± 0,3	2,17 ± 0,17	B	4,8 ± 1,2	< 14		3,0 ± 1,4
7	10 oktober 2011	CSB	1,45 ± 0,16	A1	1,4 ± 0,3	2,7 ± 0,2	A1	2,9 ± 0,8	< 3		< 3
8	25 oktober 2011	CSB	8,6 ± 0,9	A1	8,7 ± 0,8	8,3 ± 0,5	B	5,6 ± 1,2	< 9		4,2 ± 1,7

* 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 A2 : Nuclidenbibliotheek gebruikt voor bepaling van gammastralers

²³⁸ U reeks	²³² Th reeks	²³⁵ U reeks	Overige nucliden
²³⁴ Th	²²⁸ Ac	²³⁵ U	⁷ Be
^{234m} Pa	²¹² Pb	²³¹ Pa	⁴⁰ K
²²⁶ Ra	²¹² Bi	²²⁷ Th	⁶⁰ Co
²¹⁴ Pb	²⁰⁸ Tl	²¹⁹ Rn	¹³⁷ Cs
²¹⁴ Bi			

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

Periode	SP4			SP5-1MA5			SP5-2MA5		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
02 jan - 09 jan	0,008 ± 0,003		< 0,006	< 0,03	< 0,06		< 0,04		< 0,06
13 feb - 20 feb	0,13 ± 0,04	A1	0,13	< 0,03	< 0,06	< 0,04			< 0,06
08 mei - 15 mei	0,060 ± 0,019	A1	0,053	0,035 ± 0,012	< 0,05	< 0,03			< 0,05
29 mei - 05 jun	0,020 ± 0,007	A1	0,017	< 0,03	< 0,06	< 0,04			< 0,06
10 jul - 17 jul	0,025 ± 0,008	A2	0,013	< 0,03	< 0,06	< 0,03			< 0,06
17 jul - 24 jul	0,012 ± 0,004		< 0,006	< 0,04	< 0,06	< 0,03			< 0,06
18 sep - 25 sep	0,024 ± 0,008	A2	0,011	< 0,03	< 0,06	< 0,03			< 0,06
30 okt - 06 nov	0,051 ± 0,016	A1	0,033	< 0,03	< 0,07	0,039 ± 0,013			< 0,07

*

Periode	CSB			RCC		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
02 jan - 09 jan	0,007 ± 0,002	A1	0,007	< 0,006		< 0,009
13 feb - 20 feb	0,019 ± 0,006	A1	0,024	< 0,007		< 0,009
08 mei - 15 mei	0,015 ± 0,005	A1	0,024	< 0,006		< 0,008
29 mei - 05 jun	0,009 ± 0,003	A1	0,006	< 0,007		< 0,009
10 jul - 17 jul	0,015 ± 0,005		< 0,006	< 0,006		< 0,009
17 jul - 24 jul	0,010 ± 0,003	A2	0,0057	< 0,007		< 0,009
18 sep - 25 sep	0,018 ± 0,006	A1	0,014	< 0,007		< 0,010
30 okt - 06 nov	0,038 ± 0,012	A1	0,039	< 0,007		< 0,011

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

Periode in 2011	SP4			SP5-1MA5			SP5-2MA5		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
02 jan - 09 jan	0,032 ± 0,005	A2	0,050	< 0,11	< 0,3		< 0,11	< 0,3	
13 feb - 20 feb	0,32 ± 0,04	A1	0,32	< 0,11	< 0,3	< 0,12		< 0,3	
08 mei - 15 mei	0,21 ± 0,03	A1	0,25	< 0,11	< 0,3	< 0,11		< 0,3	
29 mei - 05 jun	0,110 ± 0,016	A1	0,133	< 0,11	< 0,3	< 0,11		< 0,3	
10 jul - 17 jul	0,071 ± 0,011	A2	0,103	< 0,11	< 0,3	< 0,11		< 0,3	
17 jul - 24 jul	< 0,02		0,054	< 0,11	< 0,3	< 0,11		< 0,3	
18 sep - 25 sep	0,16 ± 0,02	A1	0,139	< 0,11	< 0,3	< 0,09		< 0,3	
30 okt - 06 nov	0,50 ± 0,07	A1	0,47	< 0,11	< 0,3	< 0,11		< 0,3	

Periode in 2011	CSB			RCC		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
02 jan - 09 jan	0,048 ± 0,007	B	0,095	< 0,02		< 0,04
13 feb - 20 feb	0,18 ± 0,02	A2	0,26	< 0,02		< 0,04
08 mei - 15 mei	0,114 ± 0,015	C	0,22	< 0,02		< 0,04
29 mei - 05 jun	0,046 ± 0,007	B	0,093	< 0,02		< 0,04
10 jul - 17 jul	0,052 ± 0,008	C	0,114	< 0,02		< 0,04
17 jul - 24 jul	0,026 ± 0,005	C	0,070	< 0,02		< 0,04
18 sep - 25 sep	0,144 ± 0,019	A2	0,18	< 0,02		< 0,04
30 okt - 06 nov	0,35 ± 0,05	A2	0,45	< 0,02		< 0,04

Bijlage B Gegevens van Urenco : Analyse van afvalwatermonsters voor lozing op het riool

Uitgave 09, indiener B. Kamp. Ontvangen 7 maart 2013.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 09
 Datum: 27-10-2010
 Pagina: 1 van 11

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 7 maart 2013

ANALYSE VAN AFVALWATER VOOR LOZING OP HET RIOOL

	Indiener:	Check:	Proceseigenaar:
Naam:	B.Kamp	M. van Wijnkoop	J. Koop
Handtekening:	B. Kamp	M. Van Wijnkoop	J. Koop
Datum tekenen:	04-02-2011	04-02-2011	04-02-2011
Reden wijziging:	Vaste stof bepaling vervallen, aanpassing aantal blanco's en foutenberekening alfa- en bèta-bepaling, MDA gamma-bepaling gewijzigd van ⁶⁰ Co in ²³⁴ Th, wijziging rapportage en identificatiesticker. (VV 10-167)		

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 VERWIJZINGEN

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

3 ALGEMENE AANWIJZINGEN

- 3.1 Deze instructie geldt voor monsters afkomstig van afvalwatertanks waarvan het water zal worden geloosd op het riool.
- 3.2 Deze instructie geldt niet voor afvalwatertanks van het TSB.
- 3.3 De 1 liter afvalwatergeometrie gebruikt voor de gamma-analyse is tevens het monster dat ter beschikking wordt gesteld aan het RIVM.

Rol:	Functienaam:
Indien nodig overleg met:	CS-EA/COM
Uitvoering door:	CS-PA
Controle door:	CS-EA/COM

Archivering door	Locatie	Duur	Toegang
CS-PA	LIMS	60 maanden	Alle medewerkers

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
Revisie: 09
Datum: 27-10-2010
Pagina: 2 van 11

UNL
Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 7 maart 2013

4 **BESCHRIJVING WERKWIJZE**

4.1 VOORWAARDEN EN UITGANGSSITUATIE

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

4.2 WERKWIJZE

4.2.1 **Bepalen pH**

- 4.2.1.1 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 wederom de werking van de pH-meter.

- 4.2.1.2 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.

- 4.2.1.3 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.
- 4.2.1.4 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.

- 4.2.1.5 Geef in LIMS de pH van het afvalwatermonster in.

4.2.2 **Monstervoorbehandeling**

- 4.2.2.1 Voeg aan een 2 liter monster 30 ml 65% HNO₃ toe.
- 4.2.2.2 Homogeniseer het afvalwatermonster.
- 4.2.2.3 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.

- 4.2.2.4 Haal het afvalwatermonster uit de stoof, homogeniseer de oplossing door te schudden, en vul een 1 liter afvalwatergeometrie t.b.v de gamma-analyse.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
Revisie: 09
Datum: 27-10-2010
Pagina: 3 van 11

UNL
Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 7 maart 2013

NB: Deze opdeling dient te worden uitgevoerd direct nadat het monster uit de stoof is gehaald.

- 4.2.2.5 Laat de monsteroplossing op kamertemperatuur komen voordat deze verder in bewerking wordt genomen.

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

- 4.2.3.1 Reinig 9 RVS-afvalwaterplaten met Scotch-Brite en een vloeibaar schuurmiddel.

- 4.2.3.2 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.

- 4.2.3.3 Voer in triplo uit:

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

- 4.2.3.4 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.

- 4.2.3.5 Laat alle vloeistof verdampen.

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

4.2.4 Uitvoering analyse volumieke alfa- en bèta-activiteit

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

- 4.2.4.2 Selecteer het te analyseren monster.

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

- 4.2.4.4 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.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 09
 Datum: 27-10-2010
 Pagina: 4 van 11

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 7 maart 2013

- Standaard, 10 minuten.
 - QC-analyse voor/na, 10 minuten.
- 4.2.4.5 Controleer of de monsters in de autosampler dezelfde volgorde hebben als in de meetsequence.
- 4.2.4.6 Start de meting.
- 4.2.4.7 Print na analyse de meetdata. De meetresultaten worden weergegeven in counts per minuut.
- 4.2.4.8 Geef het aantal cpm van de QC-analyse in LIMS in en controleer of deze binnen de limieten van de controlekaart (Sheward kaart) vallen. Ga verder met punt 4.2.4.9 nadat de QC-analyses zijn goedgekeurd.
- 4.2.4.9 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 %.
- 4.2.4 Bepalen van de volumieke gamma-activiteit**
- 4.2.4.1 Pak het bij punt 4.2.2.4 verkregen monster in huishoudfolie in.
- 4.2.4.2 Plaats de monsterfles in het loodkasteel op het midden van de detector bij detector 1. Bij detector 2 plaats de monsterfles voor, tegen de detector aan.
- 4.2.4.3 Maak een nieuw monster aan in de software (Apex) van de meetopstelling door te klikken op de icoon "Sample".
- 4.2.4.4 Geef bij "Sample ID" in het unieke LIMS volgnummer.
- 4.2.4.5 Geef bij "Description" in het tanknummer.
- 4.2.4.6 Onder "Procedure Selection" klik op "afvalwater" selecteer vervolgens "Afvalwater meting" en klik op "Next".
- 4.2.4.7 Geef 1 in bij "Quantity" met als eenheid liters.
- 4.2.4.8 Klik vervolgens op "Save".
- 4.2.4.9 Start de meting op het "Main" scherm.
- NB: De teltijd van de analyse bedraagt standaard 100.000 seconden.
- 4.2.4.10 Na het verlopen van de teltijd wordt het resultaat automatisch berekend en uitgeprint.
- 4.2.4.11 Controleer in het rapport onder "Interference corrected report" of radionucliden die gedefinieerd zijn in de nuclidenbibliotheek (zie bijlage 1) zijn aangetoond.
- 4.2.4.12 Controleer in het rapport onder "Unidentified peaks" of andere dan in de nuclidenbibliotheek opgenomen radionucliden zijn aangetroffen.
- 4.2.4.13 Voer de resultaten in LIMS in. Indien geen radionucliden worden aangetroffen wordt de minimale detectie voor ²³⁴Th, 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:

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 09
 Datum: 27-10-2010
 Pagina: 5 van 11

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 7 maart 2013

$$s_{g,totaal} = \sqrt{\sum s_{g,x}^2}$$

waarin

$s_{g,totaal}$ = fout behorende bij de sommatie van de aangetroffen radionucliden, in %;
 $s_{g,x}$ = de fout van de afzonderlijke gammastralers, in % waarbij x staat voor het aantal aangetroffen nucliden.

Vermeld in LIMS ook de aangetroffen radionucliden met de activiteit in Bq/l en de bijbehorende onzekerheid in Bq/l. .

4.2.5 Rapportage

4.2.5.1 Print nadat het monster gereed is gemeld het formulier voor vrijgave van afvalwater (zie bijlage 3) uit en overhandig deze aan de teamleader.

4.2.5.2 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 monstemamevloeistof.

4.2.6 Berekening van de volumieke alfa- en bèta-activiteit

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

4.2.6.1 Bereken het teltempo van de blanco, monster en standaard afvalwaterplaten met de vergelijking:

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

waarin:

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

4.2.6.2 Bereken het telrendement van de telopstelling met de vergelijking:

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

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.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 09
 Datum: 27-10-2010
 Pagina: 6 van 11

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 7 maart 2013

4.2.6.3 Bereken de volumieke activiteit van het monster met de vergelijking:

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

waarin:

A_m = de volumieke activiteit van het monster, in Bq/l;
 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 ingedampde monster, in l.

4.2.7 Foutenberekening alfa- en bèta-analyse

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

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

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

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

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 09
 Datum: 27-10-2010
 Pagina: 7 van 11

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 7 maart 2013

4.2.7.2 Bereken de standaarddeviatie van het netto teltempo 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 netto teltempo 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} .

4.2.7.3 Bereken de standaarddeviatie van de standaard afvalwaterplaat met de vergelijking:

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

waarin:

- s_{R_s} = de standaarddeviatie van de standaard afvalwaterplaat, in s^{-1} ;
 n_s = het aantal resultaten van standaard afvalwaterplaten waarover gemiddeld is;
 R_s = het teltempo van de standaard afvalwaterplaten, in s^{-1} ;
 t_s = de telltijd van de standaard afvalwaterplaat, in s;
 f_{exp} = de experimentele variatiecoëfficiënt, deze is voor alfa 0.035 en voor bèta 0.02.

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

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

waarin:

- s_{R_m} = de standaarddeviatie van de monster afvalwaterplaat, in s^{-1} ;
 n_m = het aantal resultaten van monster afvalwaterplaten waarover gemiddeld is;
 R_m = het teltempo van de monster afvalwaterplaten, in s^{-1} ;
 t_m = de telltijd van de monster afvalwaterplaat, in s;
 f_{exp} = de experimentele variatiecoëfficiënt, deze is voor alfa 0.035 en voor bèta 0.02.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 09
 Datum: 27-10-2010
 Pagina: 8 van 11

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 7 maart 2013

- 4.2.7.5 Bereken de variatiecoëfficiënt voor de volumieke activiteit. De basis voor de berekening volgt uit de formule voor het bereken 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 s⁻¹Bq⁻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 $k = 1$;
 $\frac{s_{\Delta_2}}{\Delta_2}$ = 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.

- 4.2.7.6 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.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 09
 Datum: 27-10-2010
 Pagina: 9 van 11

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 7 maart 2013

4.2.7.7 Bereken de standaarddeviatie van de blanco afvalwaterplaat 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 blanco afvalwaterplaat, in s^{-1} ;
- n_0 = het aantal resultaten van monster afvalwaterplaten waarover gemiddeld is;
- R_0 = het teltempo van de blanco afvalwaterplaten, in s^{-1} ;
- t_0 = de telltijd van de blanco afvalwaterplaat, in s;

4.2.8 Berekening van de laagste aantoonbare activiteit

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

4.2.8.1 Bereken de laagst aantoonbare activiteit van de afvalwaterplaten met de vergelijking:

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

waarin:

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

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

Bijlage C Gegevens van Urenco - Het off-line analyseren van bestofte glasfaserfilters op alfa en beta totaalactiviteit met behulp van een "groot oppervlak" Ar-CH₄ Proportionele telkamer 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)
- beta 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.

Bijlage D Schatting van radon exhalatie van Urenco fabriekshallen; situatie in 2011.

In de onderstaande tabel zijn de variabelen zoals door RIVM gedefinieerd in [Kw04] toegepast op de genoemde Urenco-fabriekshallen.

Tabel D1 : Schatting van radonexhalatie

variabelen (eenheid):	SP4	SP5 1MA	SP5 2MA	CSB
Area-beton (m2)	6.00E+03	8.00E+03	4000	3150
Exhalatie-beton (Bq/s per m2)	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04
Productie-radon (Bq/s)	3.0	4.0	2.0	1.575
Flow door gebouw (m3/s)	15	60	30	24.5
Deelflow door UNL-filter (m3/week)	8000	1400	1400	14800
Deelflow door UNL filter (m3/s)	0.0132	0.0023	0.0023	0.0245
Deelflow door geponst filter (m3/week)	480	85	85	530
Deelflow door geponst filter (m3/s)	0.00079	0.00014	0.0001	0.0009
Volume van gebouw (m3)	4.46E+05	3.20E+05	1.60E+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/m3)	3.2	3.1	3.1	3.1
Act Rn-buiten (Bq/m3)	3.0	3.0	3.0	3.0
C_d Conc radondochters (N/m3)	9.32E+04	1.64E+04	1.64E+04	8.08E+03
Act (210Pb) [Bq/UNL-filter,week]	0.746	0.023	0.02	0.12
RIVM-filter (mBq/week)	44.7	1.4	1	4.3
RIVM-filter (berekend mBq/m3)	0.09	0.016	0.016	0.008
RIVM-filter (gemeten mBq/m3)	0,03 - 0,5	< 0,11	< 0,12	0,03 - 3,5

* Gegevens voor SP5 aangeleverd door F. Tuenter [Ur11b]

- Flow door gebouw = 54000 m3/h per hal
- SP5 filter 1 betreft 4 hallen
- SP5 filter 2 betreft 2 hallen (situatie 2011).
- Betonoppervlak SP5 is ~2000 m2 / hal
- Deelflow door SP5 UNL-filter : 1400 m³/week.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl