

The RIVM logo is displayed in white lowercase letters on a yellow rectangular background. The letters are in a sans-serif font, with the 'i' and 'v' having a distinctive shape.

RIVM rapport 610330084/2008

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

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

Periode 2006

RIVM Rapport 610330084/2008

**Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van  
afvalwater en ventilatielucht van Urenco Nederland B.V.**  
Periode 2006

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

Contact:  
Pieter Kwakman  
Laboratorium voor Stralingsonderzoek  
pieter.kwakman@rivm.nl

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

© RIVM 2008

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'.

## Rapport in het kort

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

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. Doorgaans komen de analyses overeen, zo ook in 2006. Uit de metingen blijkt dat er in het afvalwater doorgaans een zeer lage totaal-alfa en totaal- $\beta$  activiteit aanwezig is. De radioactiviteit in ventilatielucht ligt zeer dicht bij het niveau van de hoeveelheid radon die van nature in buitenlucht aanwezig is.

Het RIVM heeft in acht afvalwatermonsters en acht monsters van ventilatielucht, die verspreid over het jaar 2006 zijn afgenomen, de totaal-alfa en totaal-beta activiteit bepaald. Deze bepaling is een snelle manier om de mate waarin uraan naar het milieu geloosd wordt, aan te tonen. Opdrachtgever is de Kernfysische Dienst van het ministerie van VROM.

Trefwoorden:

Urenco, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

## Abstract

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

Within the framework of a monitoring programme, the 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. The two different sets of measurements are generally in agreement, as was also the case in 2006. As a rule, the waste water contains very low levels of gross alpha and gross beta activity. Radioactivity levels in the ventilation air are very close to those levels expected due to the natural presence of radon in the outside atmosphere.

The RIVM determined the gross alpha and gross beta activity in eight waste water samples and eight samples of ventilation air. The samples were taken at time points dispersed throughout 2006. This procedure provides the RIVM with a rapid method for determining the extent of uranium release into the environment.

The analyses were carried out on behalf of the Department of Nuclear Safety, Security and Safeguards of the Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM).

**Key words:**

Urenco, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>6</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2. Monsters en analyse</b>	<b>8</b>
<b>3. Analysemethoden</b>	<b>9</b>
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
<b>4. Resultaten en discussie</b>	<b>13</b>
4.1 Meetresultaten	13
4.2 Vergelijking van de resultaten	13
4.2.1 Afvalwater	13
4.2.2 Ventilatielucht	13
4.3 Discussie	14
4.3.1 Afvalwater	14
4.3.2 Ventilatielucht	15
4.3.3 Radonexhalatie van de betonnen verrijkingshallen	15
<b>Literatuur</b>	<b>18</b>
<b>Bijlage A Vergelijking meetresultaten</b>	<b>19</b>
<b>Bijlage B Gegevens geleverd door Urenco</b>	<b>21</b>
<b>Bijlage C Schatting van radon exhalatie van Urenco fabriekshallen; situatie in 2006</b>	<b>24</b>

## Samenvatting

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

De overeenstemming van de resultaten van het RIVM met die van de nucleaire installaties wordt ingedeeld in vier categorieën, in afnemende volgorde A1, A2, B en C.

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. Het RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van totaal-alfa, totaal-bèta en gammastralers in afvalwatermonsters en ventilatielucht.

Voor de afvalwatermonsters is de overeenkomst van de totaal-alfa en totaal-bèta data in de bemonsteringsperiode goed. Voor totaal-alfa is alleen A1 aangetroffen. De totaal-bèta data geven na correctie voor verval tussen monsternamen en meting een overeenkomst van A1 of A2.

De resultaten voor de totaal-alfa bepalingen op luchtstoffilters zijn in deze rapportage vergeleken met de meetresultaten van Urenco met een overwegend goed resultaat.

De vergelijkingsresultaten van de totaal-bèta bepalingen op luchtstoffilters waren vijfmaal A1 en zesmaal C. Door een ruwe schatting te maken van de radonexhalatie van de fabriekshallen van Urenco is het mogelijk om een ondergrens te berekenen voor de totaal-bèta waarde die het gevolg is van de radon-dochter  $^{210}\text{Pb}$ , een bèta/gammastraler. Worden de totaal-bèta waarden onder die ondergrens weggelaten dan verbetert het vergelijkingsresultaat zich naar driemaal A1 en één C.

## 1. Inleiding

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

De indeling van dit rapport is als volgt. Na deze inleiding volgt hoofdstuk 2 met een beschrijving van de voor de contra-expertise gebruikte monsters en de hiervan bepaalde radioactieve eigenschappen. In hoofdstuk 3 staat een beschrijving van de door het RIVM toegepaste analysemethoden en de wijze waarop de resultaten van het RIVM met die van het onderzochte bedrijf zijn vergeleken. Hoofdstuk 4 bevat een korte bespreking van de resultaten van het contra-expertiseonderzoek. De meetresultaten zelf zijn – naast de resultaten van het onderzochte bedrijf – opgenomen in Bijlage A. De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door het onderzochte bedrijf, zijn gereproduceerd in Bijlage B. De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van Urenco Nederland B.V. te Almelo. Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee buitenlucht en de uitgaande ventilatielucht van verschillende gebouwen is bemonsterd.



## 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 afgesproken aantal monsters en de te verrichten analyses [RI06].

**Tabel 1 Overzicht van het vooraf afgesproken aantal monsters en analyses**

Monsters	Aantal	Soort monster	Analyses
Afvalwater	8	Batchmonster	Totaal-alfa**, totaal-bèta**, gammastralers*
Ventilatielucht	32	Aerosolfilters acht maal van vier lozingspunten	Totaal-alfa**, totaal-bèta**, indien totaal-bèta op filter > 0,5 Bq ook gamma-emitters**

\* Analyse in enkelvoud

\*\* Analyse in tweevoud

Het RIVM heeft Urenco zevenmaal bezocht voor het ophalen voor de monsters uit 2006. Met ingang van 2004 is het analyseren van ventilatieluchtmonsters van het monsternamepunt 'Buiten' gestopt. Met ingang van najaar 2005 is de verrijkingsfabriek SP3 gesloten. De vier monsternamepunten in 2006 zijn dus SP2, SP4, SP5 en CSB.

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

Nr	Ophaaldatum	Datum afvalwatermonster	Analysedatum alfa/beta	Analysedatum gammaspectrometrie	Fabriek
1	8 februari 2006	26 januari 2006	2 maart 2006	10 februari 2006	SP5
2	22 maart 2006	15 maart 2006	13 april 2006	28 maart 2006	SP5
3	3 mei 2006	24 april 2006	16 mei 2006	8 mei 2006	SP5
4	14 juni 2006	28 april 2006	23 juni 2006	20 juni 2006	CSB
5	14 juni 2006	31 mei 2006	23 juni 2006	20 juni 2006	CSB
6	12 juli 2006	5 juli 2006	8 augustus 2006	13 juli 2006	CSB
7	13 september 2006	31 augustus 2006	25 november 2006	15 september 2006	SP5
8	27 september 2006	15 september 2006	25 november 2006	28 september 2006	CSB

### 3. Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door Urenco in 2006, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn gelijk aan de door Urenco toegepaste methoden in voorafgaande jaren [Kw06].

#### 3.1 Tweevoudbepalingen

LSO voert sommige analyses in tweevoud uit. Wanneer het verschil tussen de twee meetwaarden van een tweevoudbepaling groter is dan  $4\sigma$  (waarbij  $\sigma$  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  $^{60}\text{Co}$  of  $^{137}\text{Cs}$ . Bij andere  $\gamma$ -stralers dan  $^{60}\text{Co}$  en  $^{137}\text{Cs}$  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.

#### 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 volgens voorschrift 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 8000 kanalen. De meettijd is 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma GammaVision aan de hand van een nuclidenbibliotheek. In Tabel A2 in Bijlage A zijn de in de nuclidenbibliotheek opgenomen nucliden gegeven. In de gammabibliotheek zijn nucliden uit de uranium- en thoriumreeksen opgenomen, met daaraan toegevoegd de nucliden  $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{60}\text{Co}$  en  $^{137}\text{Cs}$ . 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. Urenco vermeldt de meetdatum niet bij de resultaten en corrigeert het '137Cs-equivalent' niet voor verval.

Indien door het RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetoond, wordt slechts de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  gegeven. De waarde van de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  geeft een indicatie van de bereikte meetgevoeligheid volgens KTA 1504 [KT94]. De KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  kleiner is dan  $1 \text{ kBq m}^{-3}$ . 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.

### 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 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.

### 3.5 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht

Bij (eventueel) gammaspectrometrisch onderzoek van luchtstoffilters wordt gebruikgemaakt van de filterschijfjes die voor de totaal-alfa- en totaal-bèta activiteitsconcentratie zijn gebruikt. Het telpreparaat wordt gemeten zoals beschreven in paragraaf 3.3. Voor radioactief verval van de gedetecteerde nucliden wordt gecorrigeerd naar het midden van de monsterperiode. Met betrekking tot de meetgevoeligheid voldoet het RIVM aan de KTA 1503.1 [KT93], die eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  minder dan  $20 \text{ mBq m}^{-3}$  bedraagt.

### 3.6 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  $\alpha$ -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 het RIVM jaarlijks deel aan het ringonderzoek ‘Abwasser’, georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [Ob06]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

### 3.8 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door het onderzochte bedrijf bepaalde activiteitsconcentraties werden zonder afronding overgenomen uit de opgave van Urenco.

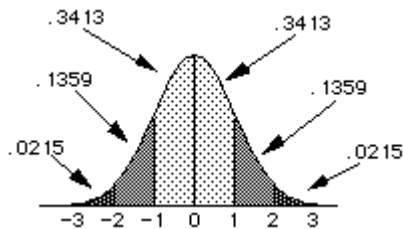
De overeenkomst tussen de meetresultaten van het RIVM en die van de onderzochte nucleaire installatie (NI) wordt ingedeeld in één van de categorieën A1, A2, B, of C, die gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Vergelijking vindt alleen plaats als zowel RIVM als het onderzochte bedrijf een activiteit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

NEN 1047 [NE91]). De fout<sup>1</sup> 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,  $\sigma_{NI}$ , gelijk is aan de fout in de meetwaarde van het RIVM,  $\sigma_{RIVM}$ .

Het is hierbij in het bijzonder van belang, dat alle partijen (RIVM en NI's) een gedegen foutenberekening uitvoeren. In het ideale geval<sup>2</sup>, 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.

<sup>1</sup> (als  $s_{NI} = s_{RIVM}$  dan  $s_{\Delta} = s_{RIVM} \times \sqrt{2}$ )

<sup>2</sup> Waarbij de systematische fouten klein zijn t.o.v. de toevallige fouten

## 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

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'. In Tabel 3 is tevens tussen haakjes het volgens een normale verdeling verwachte voorkomen aan categorieën A1-A2-B-C te zien. Zo is af te lezen of er significant meer of minder resultaten in een categorie vallen dan verwacht.

#### 4.2.1 Afvalwater

Tabel 3 bevat een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de afvalwatermonsters. In de totaal-alfa resultaten is viermaal A1 behaald. De totaal-bèta resultaten gaven tweemaal A1, één A2, tweemaal een B en één C te zien.

De gamma-activiteit wordt door Urenco bepaald als <sup>137</sup>Cs-equivalent (zie Bijlage B). Urenco rapporteert gamma-activiteit in monster 4, 5 en 6. Het RIVM treft alleen maar in monster 4 gamma-activiteit aan; de overeenkomst is C.

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

Grootheid	1 SP5	2 SP5	3 SP5	4 CSB	5 CSB	6 CSB	7 SP5	8 CSB	ΣA1 *	ΣA2 *	ΣB *	ΣC *
Totaal-α				A1	A1	A1		A1	4 (1-4)	0 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Totaal-β		A1	A2	C	B	A1		B	2 (2-6)	1 (0-4)	<u>2</u> (0-1)	<u>1</u> (0-0)
γ-stralers				C					0 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	<u>1</u> (0-0)
Totaal									6 (5-10)	1 (1-6)	2 (0-2)	<u>2</u> (0-0)

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

#### 4.2.2 Ventilatielucht

In de luchtstoffilters van week 9 was er sprake van een gebroken bemonsteringsweek bij CSB. Het RIVM heeft de filters van deel 9a gemeten en de meetwaarden vergeleken met die van Urenco.

Tabel 4 bevat een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de totaal-alfa en totaal-bèta bepalingen in ventilatieluchtmonsters. Er konden 28 vergelijkingen worden gemaakt: achttienmaal A1, viermaal A2, zesmaal C.

**Tabel 4**      **Overeenkomst van meetresultaten activiteitenconcentraties  
totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht**

Week nr.	SP2		SP4		SP5		CSB		Totaal
	alfa	beta	alfa	beta	alfa	beta	alfa	beta	
3	A1		A1	C			A1	C	
9(a)			A1						
9b									
15	A1		A1						
20	A1		A1	A1			A1		
25			A1	A1				A1	
33	A2		A1	C				A1	
34	A1		A2	A1				C	
35	A1		A2	C			A2	C	
ΣA1	5	0	6	3	0	0	2	2	18
ΣA2	1	0	2	0	0	0	1	0	4
ΣB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣC	0	0	0	3	0	0	0	3	6

De nummers in de eerste kolom corresponderen met weeknummers

## 4.3 Discussie

### 4.3.1 Afvalwater

De goede overeenkomst in de totaal-alfa data is in lijn met de bevindingen in de voorgaande perioden. De vergelijkingsresultaten in de totaal-bèta data worden enigszins beïnvloed door de monsters 4, 5 en 6, waarin van een bèta overschot sprake is. Dit overschot vervalt in de tijd tussen monsternamen en meting naar de totaal-alfa waarde. Corrigeren voor verval doet de overeenkomst tussen de waarde van Urenco en het RIVM verbeteren van C-B-A1 naar A1-A2-A1.

In monster 8 is er sprake van een licht alfa-overschot. De bèta-activiteit zal dus ingroeien naar de alfa-activiteit toe. Na correctie verbetert de B naar een A1. Zie Tabel 5 en Tabel A1.

Bij het uitvoeren van deze correcties is van de veronderstelling uitgegaan dat bij radiologisch evenwicht de totaal-alfa en totaal-bèta activiteit 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 5 zijn de correcties in monster 1, 3 en 5 weergegeven. Hierbij is uitgegaan van de veronderstelling 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  $^{234}\text{Th}$  (24,1 dagen).

**Tabel 5 Overeenkomst van meetresultaten (kBq.m<sup>-3</sup>) activiteitsconcentraties totaal-bèta in afvalwater na correctie voor ingroei of verval van  $^{234}\text{Th}$**

Monster nr	RIVM		Urenco 1e	Urenco waarde na	
	Bq/l	'V'	waarde	correctie voor	'V'
4	58 ± 4	C	300 ± 20	62 ± 4	A1
5	9.8 ± 0.6	B	14 ± 1.6	8.6 ± 1.0	A2
6	6.1 ± 0.4	A1	9 ± 3	5.1 ± 1.7	A1
8	9.3 ± 0.6	B	5.8 ± 1.2	11 ± 2	A1

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

### 4.3.2 Ventilatielucht

Volgens afspraak met VI-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 2006 is evenals het voorgaande jaar in geen enkel geval de grens van 0,1 Bq voor totaal-alfa en 0,5 Bq totaal-bèta activiteit in Bq/filter overschreden. Er is in 2006 geen nader gammaspectrometrisch onderzoek uitgevoerd aan de ventilatieluchtfilters.

In 2005 heeft het RIVM deelgenomen aan de validatie van voornorm NVN 5636:

*Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van de kunstmatige totale alfa-activiteit, kunstmatige totale bèta-activiteit en gammaspectrometrie van luchtfilters en berekening van de volumieke activiteit van de bemonsterde lucht.*

Op basis van de ervaringen opgedaan in deze normvalidatie en met de onzekerheden die verbonden zijn met het kalibreren van een meetopstellingen voor het meten van de totaal-alfa activiteit op een bepaald type filter, heeft het RIVM besloten om een onzekerheid van 30% toe te kennen aan het bepalen van de totaal-alfa activiteit. De heeft uiteraard tot gevolg dat het afkeuringscriterium volgens paragraaf 3.8, dat gebaseerd is op  $s_{\Delta} = \sqrt{(s_{\text{NI}}^2 + s_{\text{RIVM}}^2)}$ , niet snel meer zal leiden tot een vergelijking type C. Dit blijkt ook wel uit Tabel 4 en Tabel A3. De vergelijking tussen de RIVM- en UNL-meetdata voor totaal-alfa in ventilatielucht is goed: er worden alleen maar A1 en A2 vergelijkingswaarden aangetroffen. Het ligt in de lijn der verwachting dat na enkele jaren ervaring de onzekerheid in de totaal-alfa bepaling verkleind zal kunnen worden.

De totaal-bèta meetresultaten liggen doorgaans onder de totaal-bèta activiteitsconcentratie die in buitenluchtstof te Bilthoven wordt gevonden (circa 0,2 – 1,0 mBq/m<sup>3</sup>). De vergelijking (vijfmaal A1 en zesmaal C, tegen geen A2 of B) geeft aan dat er hoogstwaarschijnlijk achtergrondruis door beide laboratoria wordt gerapporteerd.

### 4.3.3 Radonexhalatie van de betonnen verrijkingshallen

In een eerder rapport heeft het RIVM al eens aannemelijk gemaakt dat de totaal-alfa en totaal-bèta activiteit op de ventilatieluchtfilters van CSB hoogstwaarschijnlijk te wijten is aan radondochters 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 vervalt via een aantal kortlevende dochternucliden naar  $^{210}\text{Pb}$ . Dit nuclide is een bèta/gammastraler en vervalt naar de (relatief langzaam) ingroeiende alfastraler  $^{210}\text{Po}$ . 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. Het totaal aan radon leidt tot de productie van de bètastraler  $^{210}\text{Pb}$ . De daaruit volgende  $^{210}\text{Po}$ -alfa activiteit is na 30 dagen voor slechts 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 meer dan 80 dagen waardoor het vergelijken van totaal-alfa data weinig zin heeft. In de onderstaande tabel worden de geschatte totaal-bèta waarden vergeleken met daadwerkelijk aangetroffen totaal-bèta waarden; 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 )

Plant	Totaal-bèta (berekend uit radon)	Totaal-bèta gemeten (RIVM)	Totaal-bèta gemeten (Urenco)
SP2	0,04	< 0,02	< 0,02 – 0,08
SP4	0,12	0,08 – 0,38	0,02 – 0,5
SP5	0,29	< 0,03	< 0,03
CSB	0,01	0,03 – 0,09	< 0,02 - 0,1
Buitenlucht – Bilthoven*		0,2 – 1,0	

\* De waarde voor totaal-bèta in luchtstof bemonsterd te Bilthoven is bepaald met de High Volume Sampler. Per week wordt circa 50.000 m<sup>3</sup> 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. Een overall onzekerheid 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<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> [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 radonochters met elkaar worden vergeleken. Voor CSB valt de berekende ondergrens van  $20 \mu\text{Bq.m}^{-3}$  precies op de detectiegrens. Het lijkt realistisch om de totaal-bèta ondergrens voor CSB minimaal een factor 3 daarboven te kiezen :  $60 \mu\text{Bq.m}^{-3}$ .

**Tabel 7                    Ondergrens voor totaal-bèta als gevolg van radon ( $\text{mBq.m}^{-3}$  )**

Plant	Totaal-bèta (berekend uit radon)
SP2	0,08
SP4	0,24
SP5	0,58
CSB	0,02 (0,06)

*Toepassing op ventilatieluchtdata 2006*

Indien we de in Tabel 8 genoemde ondergrens voor totaal-bèta toepassen op de data van 2006 dan houden we alleen de waarden boven die ondergrens over. Er blijft dan voor SP2 geen waarde, voor SP4 de waarde van week 25, voor SP5 geen waarde, en voor CSB de waarde van week 25 33 en 35. Het vergelijkingsresultaat verbetert zich dan tot dan driemaal A1 en een C. Het blijft echter een probleem dat de concentratie aan radon in buitenlucht wel degelijk een rol speelt, en dat die concentratie soms sterk kan variëren. Het is in praktijk echter ondoenlijk om continu de buitenluchtconcentratie aan radon te monitoren alleen maar om de totaal-bèta ondergrens nauwkeuriger vast te stellen.

*Uitzondering voor SP5 ?*

Het is merkwaardig dat de berekende waarden voor CSB, SP2 en SP4 redelijk tot goed overeenkomen met de gemeten waarden, terwijl de berekende waarde voor SP5 volgens dezelfde berekening veel te hoog uitkomt. Het lijkt aannemelijker dat de input van alle SP5-variabelen niet geheel conform de realiteit is dan dat het te maken heeft met het inlaatfiltersysteem bij SP5 of de afwijkende afwerking van de betonnen oppervlakken. De afwerking kan namelijk een verschil in de orde van tientallen procenten tot gevolg hebben, terwijl de afwijking van de berekende waarde eerder een factor 10 à 50 betreft.

In ieder geval heeft de berekende totaal-bèta achtergrond bij SP5 als gevolg van  $^{210}\text{Pb}$  geen enkele relatie met de waarden van  $< 0,02$  en  $< 0,03 \text{ mBq.m}^{-3}$  die doorgaans worden aangetroffen in SP5 ventilatielucht. De berekening van radonexhalatie bij SP5 zal in een volgende rapportage aangepast moeten worden met een verbetering van de ingevoerde variabelen, zie Bijlage C.

## Literatuur

- [Bas91] Basisdocument radon. LH Vaas, et al., het RIVM rapport 710401014, Bilthoven
- [KT93] KTA 1503.1 Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe. Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb. KTA, Köln, 1993.
- [KT94] KTA 1504 Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, Köln, 1994.
- [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.
- [Kw06] Kwakman PJM, Overwater RMW. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van Urenco Nederland B.V. Periode 2005. RIVM/LSO rapport 472/06.
- [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.
- [NV06] NVN 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.
- [Ob06] D. Obrikat, Ch. Hohmann, I. Krol. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2006", August 2006, SW 2 – 12/2006, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlijn/München, Duitsland.
- [UR06] Urenco Nederland B.V. Rapportage Lucht- en waterlozingen (brieven):  
2006 kwartaal 1 en 2, REA/06/2905, 27 september 2006.  
2006 kwartaal 3, REA/06/3650, 4 december 2006.  
2006 kwartaal 4, REA/07/0608, 19 februari 2007.
- [RI06] Jaarplan project 610330 - 2006. Notitie van RIVM/LSO aan VROM-Inspectie KFD, januari 2006.
- [VI07] Brief van R.D. Woittiez, directeur sector RIVM-MEV, aan P.J.W.M. Müskens, directeur VROM-KFD, kenmerk VI/KFD/2007069434.526, datum 30 juli 2007.

## Bijlage A Vergelijking meetresultaten

**Tabel A1** Vergelijking activiteitsconcentraties totaal-alfa, totaal- $\beta$  en gammastralers in afvalwater

Activiteitsconcentratie (kBq m <sup>-3</sup> )			Totaal- $\alpha$			Totaal- $\beta$			$\gamma$ -stralers		
Nr.	Datum	Plant	RIVM	V	Urenco	RIVM	V	Urenco	RIVM	V	Urenco
1	26 januari 2006	SP5	< 0,16		< 0,27	1,54 $\pm$ 0,15	<	1,2	< 0,4		< 0,95
2	15 maart 2006	SP5	0,17 $\pm$ 0,03		< 0,29	2,07 $\pm$ 0,16	A1	1,4 $\pm$ 1,4	< 0,4		< 0,98
3	24 april 2006	SP5	0,17 $\pm$ 0,03		< 0,31	0,63 $\pm$ 0,09	A2	4 $\pm$ 3	< 0,3		< 0,95
4	28 april 2006	CSB	2,9 $\pm$ 0,3	A1	3,1 $\pm$ 0,8	58 $\pm$ 4	C	300 $\pm$ 20	38 $\pm$ 15*	C	320 $\pm$ 60
5	31 mei 2006	CSB	2,3 $\pm$ 0,2	A1	2,9 $\pm$ 0,6	9,8 $\pm$ 0,6	B	14 $\pm$ 1,6	< 0,7		50 $\pm$ 20
6	5 juli 2006	CSB	2,7 $\pm$ 0,3	A1	2,8 $\pm$ 0,6	6,1 $\pm$ 0,4	A1	9 $\pm$ 3	< 0,6		60 $\pm$ 30
7	31 augustus 2006	SP5	< 0,13		0,4 $\pm$ 0,3	< 0,3		1,8 $\pm$ 1	< 1,2		< 0,44
8	15 september 2006	CSB	11,0 $\pm$ 1,1	A1	12 $\pm$ 2	9,3 $\pm$ 0,6	B	5,8 $\pm$ 1,2	< 0,5		11 $\pm$ 5

\* het nuclide gevonden door het RIVM in monster 4 betreft <sup>234</sup>Th.

De RIVM-detectiegrens voor de volgende gammastralers is : 0,7 kBq.m<sup>-3</sup> voor <sup>60</sup>Co en <sup>137</sup>Cs , en 3 kBq.m<sup>-3</sup> voor <sup>235</sup>U.

**Tabel A2** Nuclidenbibliotheek gebruikt voor bepaling van gammastralers

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

**Tabel A3 Meetresultaten activiteitsconcentraties totaal-alfa in ventilatielucht ( $\mu\text{Bq m}^{-3}$ )\***

Nr.	SP2			SP4			SP5			CSB		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
3	19 ± 6	A1	19	22 ± 7	A1	23	< 7		< 6	10 ± 3	A1	11
9(a)	8 ± 3		< 5	22 ± 7	A1	19	< 8		< 7	< 17		< 14
9b										< 7		< 6
15	30 ± 10	A1	19	12 ± 4	A1	9	< 7		< 5	10 ± 4		< 4
20	8 ± 3	A1	8	33 ± 10	A1	38	< 9		< 6	6 ± 2	A1	6
25	7 ± 2		< 4	24 ± 8	A1	22	< 8		< 6	6 ± 2		< 4
33	16 ± 5	A2	5	49 ± 15	A1	33	< 7		< 6	15 ± 5		< 4
34	25 ± 8	A1	15	51 ± 16	A2	11	< 8		< 6	16 ± 5		< 4
35	32 ± 10	A1	30	41 ± 13	A2	21	< 8		< 6	13 ± 4	A2	6

\* Let op: eenheid microbecquerel per kubieke meter

UNL = Urenco Nederland b.v.

**Tabel A4 Vergelijking activiteitsconcentraties totaal-bèta in ventilatielucht ( $\mu\text{Bq m}^{-3}$ )\***

Nr.	SP2			SP4			SP5			CSB		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
3	< 19		75	108 ± 12	C	187	< 30		< 28	32 ± 4	C	98
9(a)	< 19		< 20	< 20		24	< 30		< 29	< 60		< 62
9b										< 20		< 24
15	< 20		44	< 16		54	< 20		< 25	< 20		24
20	< 19		< 22	105 ± 11	A1	92	< 30		< 34	< 16		< 19
25	< 19		< 22	380 ± 40	A1	391	< 30		< 30	89 ± 10	A1	75
33	< 19		< 22	187 ± 19	C	552	< 30		< 30	89 ± 10	A1	101
34	< 18		< 21	117 ± 12	A1	106	< 30		< 29	55 ± 7	C	91
35	< 18		32	83 ± 9	C	136	< 30		< 28	74 ± 8	C	123

\* Let op: eenheid microbecquerel per kubieke meter

UNL = Urenco Nederland b.v.

## Bijlage B Gegevens geleverd door Urenco

De volgende procedures werden door Urenco NL gehanteerd in 2003 bij het bepalen van activiteit in afvalwater en luchtstof.

### 1 Analyse van afvalwatermonsters voor lozing op het riool I1.2.5-871-004-08.

#### 1.1 Monstername en analyseprocedure.

Aan een 2 liter monster wordt 30 ml HNO<sub>3</sub> (65%) toegevoegd (NVN 5625) waarna de monsterpot minimaal 16 uur in een stoof wordt verwarmd bij 60°C. Vervolgens wordt het monster warm opgesplitst en 900 ml ter beschikking gesteld aan het RIVM. De resterende 1100 ml wordt gebruikt voor de analyse van alpha, beta en gamma.

Per monster worden vervolgens 6 afvalwaterplaten gemaakt;

- A) 3 platen met 100 ml monster en
  - B) 3 platen met 100 ml monster + 100 µl gecertificeerde standaard (efficiency bepaling).
- Tevens worden 2 blanco platen gemeten. De afvalwaterplaten worden minimaal 16 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. De activiteit wordt bepaald, gebruik makend van de FHT-8000 en de gemiddelde waarden van zowel A als B.

Er dient een "Quality Control meting" uitgevoerd te worden met een "alfa wide area reference source UAR 17021 Uranium 238" bij iedere serie metingen.

Gamma totaal wordt gemeten op de Gamma detector (NaI) in cps en vervolgens omgerekend naar kBq/m<sup>3</sup>.

#### 1.2 Foutenberekening

##### 1.2.1 α en β berekeningen

De resultaten worden volgens onderstaande formules uitgerekend.

$$\text{efficiency monster\%} = \left( \frac{\text{countsS} - \text{countsM}}{(\text{Astd} \times \text{VolumeS}) \times 60} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Met deze formule wordt de efficiency bepaald die nodig is om de activiteit te berekenen.

- CountsS is het aantal counts α en β per minuut voor de plaat met monster + ijkoplossing
- CountsM is het aantal counts α en β per minuut voor de monsterplaat
- Astd is de activiteit van de standaardoplossing in Bq/ml
- VolumeS is het opgebrachte volume in ml

$$\text{fout in efficiency\%} = \sqrt{\left( \frac{\text{countsM}}{\text{Mtijd}} + \frac{\text{countsS}}{\text{Stijd}} \right)} * \frac{\sigma}{(\text{countsS} - \text{countsM})} * 100 \quad (2)$$

De fout in efficiency wordt bepaald bij σ = 1

- Mtijd is de telltijd van het monster in minuten
- Stijd is de telltijd van het monster + ijkoplossing in minuten

$$\text{totale fout efficiency\%} = \sqrt{(\text{fout in efficiency}^2 (\text{zie 2}) + \text{Expfout}^2 + \text{bronfout}^2)} \quad (3)$$

Bij de totale fout in efficiency wordt een experimentele fout van 3% meegenomen

- Expfout is de experimentele fout, is 3%
- Bronfout is fout in activiteit van de standaard, is 2.5% bij 1 sigma

$$\text{activiteit kBq/m}^3 = \frac{\text{countsM} - \text{countsNul}}{\frac{\text{volumeM}}{0.6}} \quad (4)$$

Met deze formule wordt de activiteit berekend

- CountsNul is het aantal counts α en β per minuut voor de nulmeting
- VolumeM is het volume van ingedampde hoeveelheid afvalwater in liter

## Figuur B1 Het monitoringprogramma van Urenco

$$\text{totale fout efficiency} = \sqrt{\text{fout in efficiency}^2 + \text{Expfout}^2 + \text{Kalfout}^2} \quad (5)$$

*Expfout* is de experimentele fout, is 3%

*Kalfout* is de fout van de kalibratiebron, is 3%

6. bereken activiteit van monster

$$A_m = \frac{\text{countsM} - \text{countsBl}}{\varepsilon_i \times V} \quad (6)$$

$A_m$  is de  $\gamma$ -activiteit van het monster, in  $\text{kBq m}^{-3}$

*countsM* is het totaal aantal  $\gamma$ -pulsen van het monster, in cps

*countsBl* is het totaal aantal  $\gamma$ -pulsen van de blanco, in cps

$V$  is het montervolume, in l

7. bereken de fout in de activiteit

$$\text{fout in activiteit} = \sqrt{\left(\frac{\text{countsM}}{t_m} + \frac{\text{countsBl}}{t_{bl}}\right)} * \frac{\sigma}{(\text{countsM} - \text{countsBl})} * 100\% \quad (7)$$

$t_m$  is de telltijd van het monster, in s

De fout in de activiteit wordt bepaald bij  $\sigma = 1$

8. bereken de totale fout in de activiteit

$$\text{totale fout activiteit} = \sqrt{\text{totale fout in efficiency}^2 + \text{Expfout}^2 + \text{fout in activiteit}^2} \quad (8)$$

*Expfout* is de experimentele fout, is 3%

### 1.3 Bijzonderheden 2003.

Van 01-01-2003 tot 17-7-03 werd gebruik gemaakt van  $U_{\text{nat}}$ . Standaard (intern aangemaakt)

Van 17-7-03 tot 31-12-2003 werd gebruik gemaakt van een gecertificeerde Amersham Uranium referentie oplossing.

Van 01-01-2003 tot 04-11-03 werd gebruik gemaakt van aluminium afvalwaterplaten

Van 04-11-03 tot 31-12-2003 werd gebruik gemaakt van RVS afvalwaterplaten.

## 2 Het off-line analyseren van bestofte glasfaserfilters op alfa en beta totaalactiviteit met behulp van een "groot oppervlak ArCH4 Proportionele telkamer meetopstelling" I1.2.5-012

### 2.1 Monsternamen en analyseprocedure.

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 telltijd voor deze meting is minimaal 200 minuten.

**Figuur B2 Vervolg monitoringprogramma van Urenco, pag 2 van 3.**

- Er dient een "Quality Control meting" uitgevoerd te worden met een "alfa wide area reference source UAR 17021 Uranium 238" bij iedere serie metingen.

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 QS&E in de originele analyse-envelop. De geanalyseerde filters worden door QS&E opgeslagen.

## 2.2 Bijzonderheden 2003

Per 31-10-2003 zijn de teltijden van blanco en monster gewijzigd van 10 respectievelijk 100 minuten naar de waarden genoemd in bovenstaande voorschrift teneinde te komen tot een lagere detectielimiet voor luchtstof.

**Figuur B2 Vervolg monitoringprogramma van Urenco, pag 3 van 3.**



## Bijlage C Schatting van radon exhalatie van Urenco fabriekshallen; situatie in 2006

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

**Tabel C1** **Schatting van radonexhalatie**

variabelen (eenheid):	SP2	SP4	SP5	CSB
Area-beton (m2)	17700	39240	5.00E+04	3150
Exhalatie-beton (Bq/s per m2)	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04
Productie-radon (Bq/s)	8.85	19.62	25	1.575
Flow door gebouw (m3/s)	8.3	15.3	9.590	24.5
Deelflow door UNL-filter (m3/week)	8000	8000	5800	14800
Deelflow door UNL filter (m3/s)	0.0132	0.0132	0.0096	0.0245
Deelflow door geponst filter (m3/week)	480	480	350	530
Deelflow door geponst filter (m3/s)	0.0008	0.0008	0.00058	0.0009
Volume van gebouw (m3)	7.73E+04	4.46E+05	5.00E+05	64512
Ventilatievoud (s-1)	1.08E-04	3.43E-05	1.92E-05	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)	4.1	4.3	5.6	3.1
Act Rn-buiten (Bq/m3)	3.0	3.0	3.0	3.0
C_d Conc radondochters (N/m3)	3.77E+04	1.25E+05	2.92E+05	8.08E+03
Act (210Pb) [Bq/UNL-filter,week]	0.30	1.00	1.70	0.12
RIVM-filter (mBq/week)	18.1	60.0	102.3	4.3
RIVM-filter (berekend mBq/m3)	0.04	0.12	0.29	0.008
RIVM-filter (gemeten mBq/m3)	0,02 - 0,1	0,02 - 0,5	0,02 - 0,06	0,03 - 0,2

**RIVM**

Rijksinstituut  
voor Volksgezondheid  
en Milieu

Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)