



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

**Metingen in buitenlucht op het RIVM-terrein
te Bilthoven na het Fukushima kernongeval in
maart 2011**

Briefrapport 610891001/2011
R.M.W. Overwater et al.

Metingen in buitenlucht op het RIVM-terrein te Bilthoven na het Fukushima kernongeval in maart 2011

RIVM Briefrapport 610891001/2011

R.M.W. Overwater et al.

R.M.W. Overwater ¹ | P.J.M. Kwakman ¹ | C.J.W. Twenhöfel ¹
G.J. Knetsch ¹ | M.P. Scheele ² | P.F.J. van Velthoven ²
P. Le Sager ² | F.C. Kroonenberg ² | R.C.G.M. Smetsers ¹

¹ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1, 3720 BA Bilthoven

² Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
Postbus 201, 3730 AE De Bilt

Contact:
Ronald Smetsers
Laboratorium voor Stralingsonderzoek
ronald.smetsers@rivm.nl

Colofon

© RIVM 2011

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'.

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, in het kader van het project M/610891/11/IR milieumonitoring radioactiviteit (Euratom)

Rapport in het Kort

De in Nederland gemeten radioactiviteit uit Japan ligt duizenden keren lager dan tijdens Tsjernobyl en vormt geen risico voor de Nederlandse bevolking. De berekende stralingsdosis door inhalatie van I-131 over de gehele meetperiode bedraagt minder dan 0,00001 millisievert. De stralingsdosis van Nederlanders is normaal ongeveer 2,5 millisievert per jaar.

Bij het kernongeval in Fukushima zijn grote hoeveelheden vluchtige radionucliden in de lucht geloosd. Voorlopige schattingen houden het voor I-131 op ruwweg 10% van wat tijdens Tsjernobyl is vrijgekomen. Deze radionucliden hebben zich in de dagen tot weken daarna verspreid over de atmosfeer op het noordelijk halfrond. Het KNMI geeft aan dat een deel van de uitstoot zich over de Noordpool en een deel zich over de Atlantische oceaan richting Europa heeft verplaatst.

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek van het RIVM heeft met meerdere meetopstellingen lucht bemonsterd. Het RIVM heeft een HVS opstelling gebruikt om de dagelijkse variaties in kaart te brengen van de meest relevante radionucliden I-131, Cs-137 en Cs-134. Een bemonsteringsapparaat met een nog hoger debiet, Snow White, is gebruikt om aan stof gebonden radionucliden aan te tonen met nog lagere luchtconcentraties. Apparatuur van de RIVM meetwagens is ingezet om de verschillende fracties van I-131 (stofgebonden, elementair en organisch) te bepalen.

In de periode van 23 maart tot 11 april 2011 zijn in Nederlandse buitenlucht sporen van radioactiviteit aangetoond. De hoogste concentraties zijn gevonden voor I-131. Ongeveer 31% daarvan zat in de stofgebonden fractie. De gemiddelde waarde van de stofgebonden fractie over de periode 23 maart - 11 april bedroeg 0,57 milliBq/m³. Als we aannemen dat de stofgebonden fractie over de hele periode constant verondersteld mag worden, leidt dat over de periode 23 maart - 11 april tot een gemiddelde I-131 concentratie (alle fracties samen) van 1,84 milliBq/m³.

De gemeten concentraties van Cs-137, Cs-134, Te-129m, Te-129, Te-132 en I-132 waren in de gerapporteerde periode typisch een factor 10 lager dan de stofgebonden fractie van I-131. Voor Cs-136 was het verschil ruim een factor 100. In de landen om ons heen zijn vergelijkbare waarden gevonden.

Op dit moment worden nog steeds sporen van radioactiviteit aangetroffen. Aanvullende data worden gepubliceerd op de RIVM website.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Bemonstering	7
2.1	Bemonstering van grote volumes aerosolgebonden activiteit	7
2.2	Bemonstering van diverse vormen van jodiumactiviteit	7
3	Detectiemethode	9
4	Wat zijn de meetresultaten in Nederland?	11
4.1	24-uurs bemonstering van aerosolgebonden activiteit	11
4.2	Meerdaagse bemonstering van aerosolgebonden activiteit	13
4.3	Meerdaagse bemonstering ten behoeve van bepaling van jodiumfracties	15
5	Hoe verliep het luchttransport van Japan naar Europa?	16
6	Wat is de betekenis van de gevonden meetwaarden ?	18
6.1	Vergelijking meetdata Fukushima met data van na Tsjernobyl (1986)	18
6.2	Indicatie van de stralingsdosis	18
7	Samenvatting en conclusies	19
8	Referenties	20
Bijlage 1	Websites met meetdata van EU-laboratoria en Japan	21
Bijlage 2	Meetdata van Japan en EU-laboratoria	22

1 Inleiding

In de Japanse kerncentrale Fukushima-1 heeft in de nasleep van de tsunami van 11 maart 2011 een nucleair ongeval plaatsgevonden. Door het uitvallen van de koeling van splijtstofstaven hebben zich enkele waterstofexplosies voorgedaan, waarbij reactorgebouwen zwaar beschadigd zijn. Bij dit ongeval, dat recent is opgeschaald naar de zwaarste categorie van de internationale INES-schaal (INES-7), zijn met name tussen 15 en 17 maart grote hoeveelheden radioactiviteit in de buitenlucht terechtgekomen. Weerkundige modellen hebben voorspeld dat luchtmassa's met radioactieve bestanddelen omstreeks 23 maart Europa zouden bereiken. Vanaf woensdag 23 maart heeft het RIVM daarom extra metingen uitgevoerd om de concentraties in buitenlucht van radioactieve stoffen uit Japan vast te stellen.

Om de luchtconcentraties van radioactieve stoffen uit Japan zo goed mogelijk vast te kunnen stellen heeft het RIVM alle beschikbare middelen optimaal ingezet. Het gaat daarbij om apparatuur die gebruikt wordt voor het nationale monitoring programma straling, alsmede om apparatuur die speciaal ontwikkeld is voor de kernongevallenbestrijding. Dat wordt hieronder nader toegelicht.

Het EURATOM-verdrag uit 1957 verplicht alle EU-lidstaten om de hoeveelheid radioactiviteit in het milieu te meten en hierover jaarlijks te rapporteren [e.g. Kne2010]. Als onderdeel van het nationale monitoring programma straling voert het RIVM metingen uit aan luchtstof. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een meetopstelling waarbij langdurig grote hoeveelheden lucht door een filter worden gezogen. Alle radioactiviteit, die aan stofdeeltjes gebonden is, blijft op het filter achter en wordt vervolgens in het radionuclidenlaboratorium van het RIVM gemeten. Omdat het doorgezogen luchtvolume bekend is, kunnen de meetresultaten per radioactieve stof vertaald worden naar luchtconcentratie, gemiddeld over de periode van bemonstering. Om lage concentraties van radioactieve stoffen te kunnen meten is het nodig om langdurig te bemonsteren. Onder normale omstandigheden hanteert het RIVM een bemonsteringsperiode van één week. De detectielimiet verschilt per radionuclide maar is typisch in de orde van 0,001 mBq/m³.

In de jaren negentig heeft het RIVM voor dit doel een High Volume Sampler ontwikkeld, verder aangeduid met HVS. Deze HVS staat op de nominatie om vervangen te worden door nieuwe bemonsteringapparatuur met een nog hoger debiet (het luchtvolume dat per uur wordt doorgezogen). Hierbij is gekozen voor apparatuur die ook gebruikt wordt door de organisatie van de Verenigde Naties die toezicht houdt op naleving van het verbod op kernwapenproeven, de CTBTO (*Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization*, zie: <http://www.ctbto.org/>). De nieuwe bemonsteringapparatuur draagt de naam Snow White. Op dit moment zijn beide opstellingen voor luchtstof bemonstering operationeel. De HVS is gebruikt om de dagelijkse variaties van I-131, Cs-137 en Cs-134 te bepalen. Snow White is ingezet voor de bepaling van radionucliden met lagere luchtconcentraties. Daarbij zijn noodgedwongen langere bemonsteringsperiodes gehanteerd.

In de jaren na 'Tsjernobyl' is in Nederland het Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding (NPK) ingevoerd. Binnen het NPK heeft het RIVM als kerntaak om – samen met andere kennisinstituten – zo snel en goed als mogelijk de radiologische situatie in kaart te brengen [Sme2011]. Voor dit doel beschikt het RIVM over specifieke meet- en rekenvoorzieningen, waaronder enkele meetwagens die speciaal zijn ingericht om bij zware stralingsongevallen informatie te kunnen geven over de mate waarin specifieke radioactieve stoffen in het milieu worden aangetroffen. Daarbij ligt de nadruk op die radioactieve stoffen die het meest bijdragen aan de stralingsdosis van de bevolking, zoals jodium- en cesium-

isotopen. Het meest belangrijke radionuclide dat vrijkomt bij een zwaar reactorongeval is I-131. Dit radionuclide komt vrij in drie fysisch/chemische vormen, gebonden aan stofdeeltjes, als elementair jodium (I_2 , gasvormig) en als organische verbinding (zoals Methyljodide). Om deze fracties in te kunnen vangen zijn verschillende bemonsteringstechnieken noodzakelijk. Stofgebonden deeltjes worden ingevangen met stoffilters. Elementair jodium wordt bemonsterd met behulp van een geïmpregneerd koolfilter. De andere bestanddelen worden ingevangen door een zogenaamd koolpatroon. De radiologische meetwagens van het RIVM beschikken over aanzuigkoppelingen voor buitenlucht die achtereenvolgens een stoffilter, een koolfilter en een koolpatroon bevatten. Alle jodium bestanddelen worden dus separaat ingevangen. De bemonsteringapparatuur van de meetwagens heeft in vergelijking met Snow White en HVS echter een veel lager debiet, zodat minder gevoelig gemeten kan worden.

In hoofdstuk 2 worden de gebruikte bemonsteringstechnieken in meer detail beschreven. Hoofdstuk 3 biedt inzicht in de gebruikte detectietechnieken, en in hoofdstuk 4 worden de meetresultaten gepresenteerd. Hoofdstuk 5 geeft, op basis van berekeningen van het KNMI, een impressie van het transport van de besmette luchtmassa's van Japan naar Nederland. Hoofdstuk 6 gaat in op de radiologische betekenis van de gemeten waarden. In hoofdstuk 7 worden de resultaten samengevat.

Inmiddels zijn er ook veel, vaak voorlopige, meetgegevens beschikbaar uit het buitenland. Bijlage 1 geeft een overzicht van buitenlandse websites waar gegevens gevonden kunnen worden. In bijlage 2 zijn enkele buitenlandse meetseries grafisch weergegeven.

2 Bemonstering

2.1 Bemonstering van grote volumes aerosolgebonden activiteit

Zoals in de inleiding reeds vermeld beschikt het RIVM momenteel over twee opstellingen voor het bemonsteren van luchtstof met een hoog debiet. De oudere High Volume Sampler (HVS) staat op grondniveau op een monsternameplein achter het RIVM. De nieuwe meetopstelling van het type Snow White staat op het dak van het Cohen-gebouw van het RIVM en bemonstert de lucht op 20 meter hoogte. Het doel van het bemonsteren van grote volumes is het aantonen van geringe sporen van (met name niet-natuurlijke) radionucliden zoals I-131, I-132, Te-132, Cs-137, Cs-136 en Cs-134. De specificaties van beide bemonsteringsystemen staan in Tabel 1.

Tabel 1 Gegevens van de luchtstof bemonsteringsystemen

Lucht sampler	HVS	Snow White
Debiet (m ³ /h)	300	800
Bemonsterings periode	24 uur	3 dagen – 1 week
Monstervolume (m ³)	7200	57600 – 134000
lokatie	monsternameplein	Dak A1
bemonsteringshoogte	2,0 m	20 m
filtersoort	glasvezel	G3
Jodiumfractie	aerosolgebonden	aerosolgebonden

2.2 Bemonstering van diverse vormen van jodiumactiviteit

Voor het bemonsteren van de gasvormige jodiumfractie, die zich niet door een glasvezel filter laat invangen, is gebruik gemaakt van de drie-traps lucht bemonstering in de RIVM-meetwagen: glasvezel filter + koolfilter + koolpatroon (zie foto's 6 en 7 in Hoofdstuk 3). Het principe is dat stofgebonden jodium wordt ingevangen door het glasvezel filter, elementair jodium (I₂) door het koolfilter, en zowel HI als de organische jodiumverbindingen (bijv. methyljodide, CH₃I), door het koolpatroon. Hiervoor is een bemonsteringsperiode van 3 dagen toegepast waarbij er per aanzuigkop steeds ca. 330 m³ lucht is aangezogen. Zie tabel 2.

Tabel 2 Gegevens van de luchtstof bemonsteringsystemen

Lucht sampler	Meetwagen
Debiet (m ³ /h)	Ca. 4,5 per aanzuigkop
Bemonsterings periode	3 dagen
Monstervolume (m ³)	330 (koolpatroon), 660 (filters)
lokatie	Monsternameplein en naast gebouw O4
bemonsteringshoogte	3 m
Filtersoort en Jodiumfractie :	
glasvezel filter	stofgebonden
koolfilter	elementair I ₂
koolpatroon	HI en CH ₃ I



Foto 1
Bemonstering van luchtstof
met de nieuwe Snow White
opstelling, op het dak van het
Cohen-gebouw van het RIVM.
Debiet: 800 m³/h.



Foto 2
Bemonstering van luchtstof
met de High Volume Sampler
(HVS), op een monstername-
plein aan de rand van het
RIVM terrein.
Debiet: 300 m³/h.



Foto 3
Bemonsteringapparatuur voor
buitenlucht van de RIVM
meetwagens. Rechts op de
voorgond de aanzuigkop, die
een glasvezel filter, een
koolfilter en een koolpatroon
bevat.
Debiet : ca. 4,5 m³/h.

3 Detectiemethode

De filters van de HVS-opstelling (foto 4) en van Snow White werden na de bemonsteringsperiode in de juiste meetgeometrie gebracht. Dat gebeurde door ze op een voorgeschreven wijze te vouwen en in PE teldozen van 250 ml te stoppen (foto 5). Van de preparaten werd vervolgens een gammaspectrum opgenomen met een germanium half-geleiderdetector (n-type), een pulssorteerder (DSA-1000, Canberra B.V.) van 16384 kanalen en de softwarepakketten APEX en Genie-2000 (Canberra B.V.). De gammaspectra zijn opgenomen over een periode van 20 tot 24 uur. Zo'n lange tijd is noodzakelijk om de vereiste meetnauwkeurigheid te halen. Die wordt voor een belangrijk deel bepaald door telstatistiek.

De activiteitsconcentratie in de lucht wordt berekend door de activiteit in de gevouwen filters te delen door het totale volume aan doorgezogen lucht. Bij een lage activiteit in de lucht is er enerzijds een lange meettijd nodig en anderzijds een groter volume aan doorgezogen lucht om nog met enige zekerheid iets te kunnen zeggen over de activiteitsconcentratie in het luchtmonster.

Elke meting van de activiteitsconcentratie in lucht heeft een meetonzekerheid. Deze bestaat uit de onzekerheid in de bepaling van het gammaspectrum, de onzekerheid in de kalibratie van de meetapparatuur, de onzekerheid in het monstervolume en in de monstervoorbewerking. In hoofdstuk 4 wordt de gecombineerde meetonzekerheid weergegeven met $\pm 2\sigma$. Dat betekent dat de werkelijke waarde met 95% zekerheid ligt tussen de gevonden meetwaarde minus 2σ en de gevonden meetwaarde plus 2σ .



Foto 4 Filters op HVS



Foto 5 Gevouwen Snow White filters



Foto 6 Koolpatroon

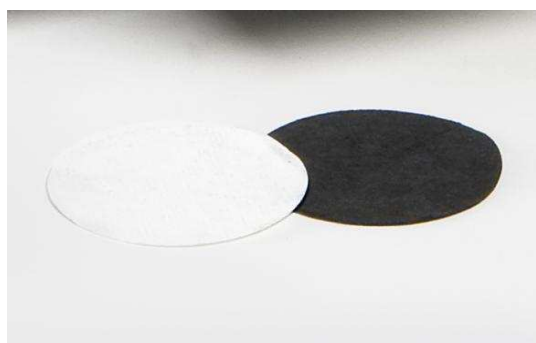


Foto 7 Stoffilter (wit) en koolfilter (zwart)



Foto 8 Meetopstellingen voor gammaspectrometrie, in het radionucliden-laboratorium van het RIVM

4 Wat zijn de meetresultaten in Nederland?

4.1 24-uurs bemonstering van aerosolgebonden activiteit

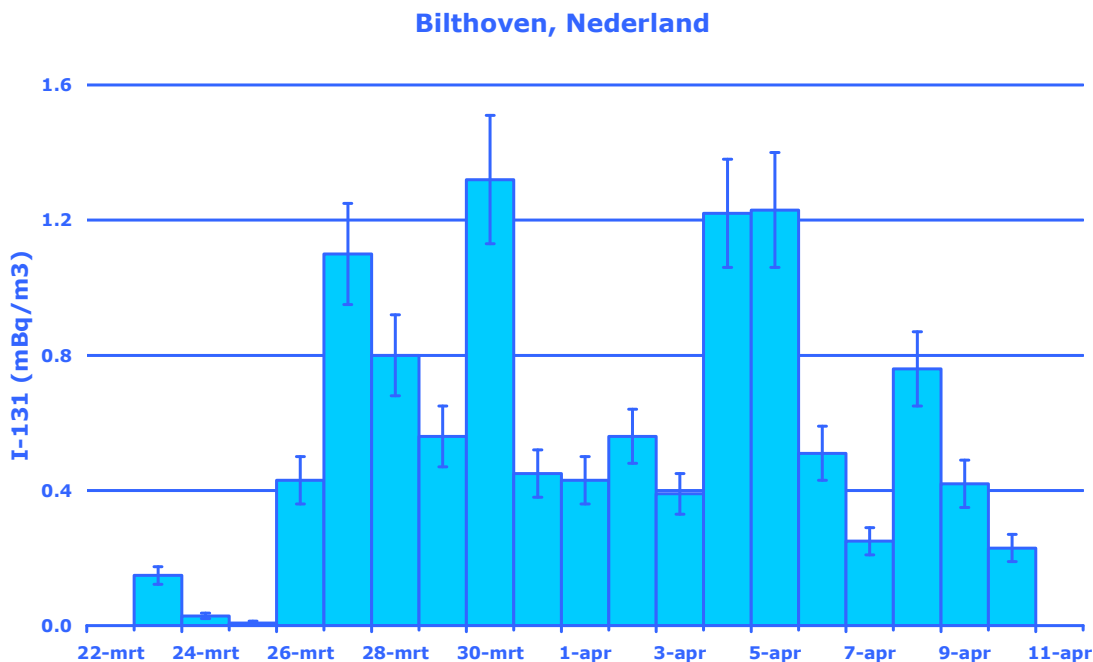
De 24-uursbemonsteringen die zijn uitgevoerd met de HVS opstelling hebben duidelijk de aanwezigheid aangetoond van I-131 (maximaal 1,32 milliBecquerel per m³). Gemiddeld over de periode 23 maart tot 10 april is een waarde gevonden van 0,570 milliBq/m³. Daarnaast zijn lagere concentraties gevonden van Cs-134 (maximaal 0,148 milliBq/m³, gemiddeld 0,045 milliBq/m³) en Cs-137 (maximaal 0,158 milliBq/m³, gemiddeld 0,048 milliBq/m³).

In Tabel 3 staan de meetdata verkregen met de 24-uurs bemonstering van de HVS. Per dag is ongeveer 7200 m³ lucht aangezogen. Wisseling van het filter vond steeds plaats omstreeks 10 uur in de ochtend. De data voor I-131 zijn grafisch weergegeven in Figuur 1; die voor Cs-134 en Cs-137 in Figuur 2. Beide figuren worden na 13 april 2011 aangevuld met de meest recente data en publiek gemaakt via de website van het RIVM.

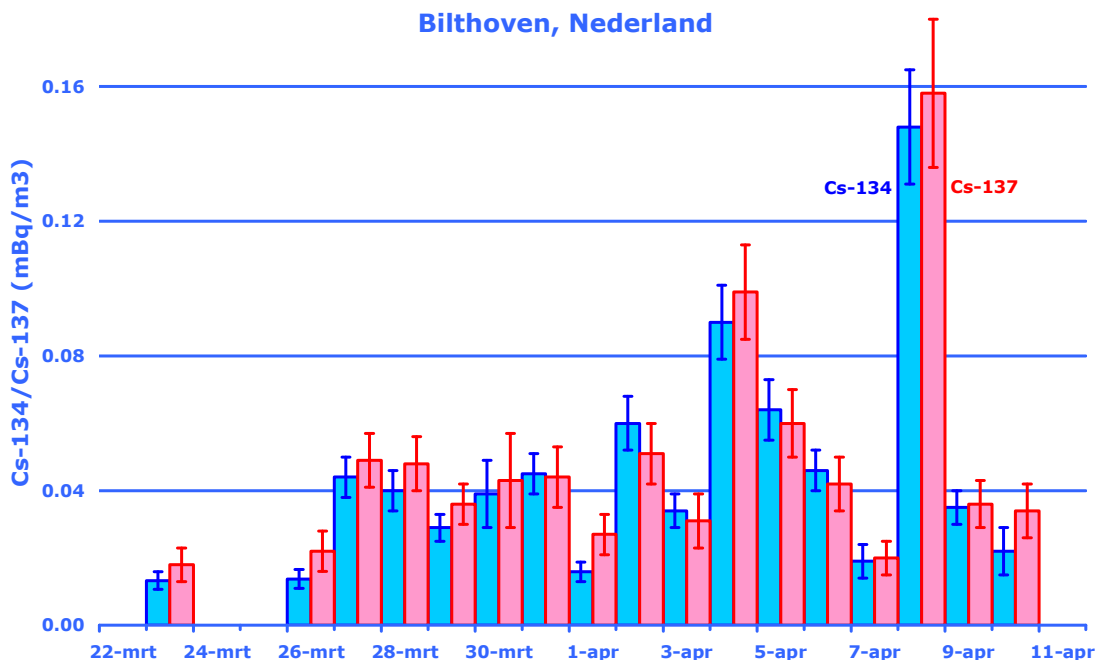
Tabel 3 Meetdata na de 24-uurs bemonstering met High Volume Sampler

bemonstering		concentratie in milliBq.m ⁻³					
start	stop	I-131		Cs-134		Cs-137	
		meting	2σ*	meting	2σ*	meting	2σ*
23-3-2011	24-3-2011	0,149	0,026	0,013	0,003	0,018	0,005
24-3-2011	25-3-2011	0,029	0,008				
25-3-2011	26-3-2011	0,008	0,006				
26-3-2011	27-3-2011	0,430	0,070	0,014	0,003	0,022	0,006
27-3-2011	28-3-2011	1,100	0,150	0,044	0,006	0,049	0,008
28-3-2011	29-3-2011	0,800	0,120	0,040	0,006	0,048	0,008
29-3-2011	30-3-2011	0,560	0,090	0,029	0,004	0,036	0,006
30-3-2011	31-3-2011	1,320	0,190	0,039	0,010	0,043	0,014
31-3-2011	1-4-2011	0,450	0,070	0,045	0,006	0,044	0,009
1-4-2011	2-4-2011	0,430	0,070	0,016	0,003	0,027	0,006
2-4-2011	3-4-2011	0,560	0,080	0,060	0,008	0,051	0,009
3-4-2011	4-4-2011	0,390	0,060	0,034	0,005	0,031	0,008
4-4-2011	5-4-2011	1,220	0,160	0,090	0,011	0,099	0,014
5-4-2011	6-4-2011	1,230	0,170	0,064	0,009	0,060	0,010
6-4-2011	7-4-2011	0,510	0,080	0,046	0,006	0,042	0,008
7-4-2011	8-4-2011	0,250	0,040	0,019	0,005	0,020	0,005
8-4-2011	9-4-2011	0,760	0,110	0,148	0,017	0,158	0,022
9-4-2011	10-4-2011	0,420	0,070	0,035	0,005	0,036	0,007
10-4-2011	11-4-2011	0,230	0,040	0,022	0,007	0,034	0,008
gemiddelde		0,570	0,060	0,045	0,004	0,048	0,005

* indicatie meetonzekerheid; ±2σ geeft het 95%-betrouwbaarheidsinterval aan



Figuur 1 Activiteitsconcentratie van stofgebonden I-131 in buitenlucht te Bilthoven, aangegeven in milliBequerel per m³. De datum aanduiding moet als volgt geïnterpreteerd worden: het meetresultaat van bijvoorbeeld 5 april hoort bij de bemonsteringsperiode "5 april 10 uur 's ochtends tot 6 april 10 uur 's ochtends".



Figuur 2 Activiteitsconcentratie van Cs-134 en Cs-137 in buitenlucht te Bilthoven, aangegeven in milliBequerel per m³. De datum aanduiding moet als volgt geïnterpreteerd worden: het meetresultaat van bijvoorbeeld 5 april hoort bij de bemonsteringsperiode "5 april 10 uur 's ochtends tot 6 april 10 uur 's ochtends".

4.2 Meerdaagse bemonstering van aerosolgebonden activiteit

Om een lagere detectiegrens te realiseren is met de Snow White bemonsteringsopstelling een aantal bemonsteringen van 3 dagen uitgevoerd. Naast de radionucliden die ook met de HVS zijn gevonden (I-131, Cs-134 en Cs-137), zijn nu ook minieme sporen aangetroffen van Te-132, I-132, Te-129m, Te-129 en Cs-136. De resultaten staan in Tabel 3a en 3b en zijn grafisch weergegeven in Figuur 3.

Tabel 3a Meetdata na meerdaagse bemonstering met Snow White

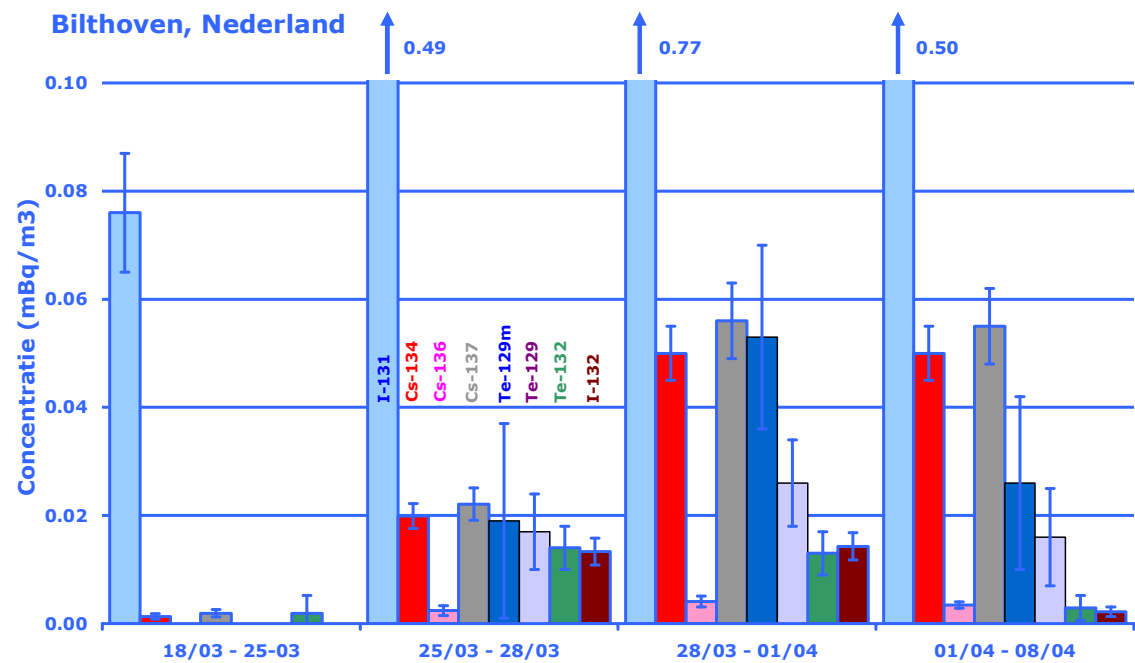
bemonstering		concentratie in milliBq/m3							
start	stop	I-131		Cs-134		Cs-137		Cs-136	
		meting	2 σ^*	meting	2 σ^*	meting	2 σ^*	meting	2 σ^*
18-3-2011 10:34**	25-3-2011 8:02	0,076	0,011	0,0013	0,0005	0,0019	0,0007		
25-3-2011 9:02	28-3-2011 12:11	0,49	0,06	0,0199	0,0023	0,0221	0,0030	0,0024	0,0009
28-3-2011 12:11	1-4-2011 11:59	0,77	0,09	0,050	0,005	0,056	0,007	0,0041	0,0010
1-4-2011 11:56	8-4-2011 10:48	0,50	0,06	0,050	0,005	0,055	0,007	0,0034	0,0006
gemiddelde		0,49	0,05	0,036	0,004	0,040	0,004	0,0028	0,0005

Tabel 3b Meetdata na meerdaagse bemonstering met Snow White

bemonstering		concentratie in milliBq/m3							
start	stop	Te-129m		Te-129		Te-132		I-132	
		meting	2 σ^*	meting	2 σ^*	meting	2 σ^*	meting	2 σ^*
18-3-2011 10:34**	25-3-2011 8:02					0,0019	0,0033		
25-3-2011 9:02	28-3-2011 12:11	0,019	0,018	0,017	0,007	0,0140	0,0040	0,0133	0,0025
28-3-2011 12:11	1-4-2011 11:59	0,053	0,017	0,026	0,008	0,0130	0,0040	0,0143	0,0025
1-4-2011 11:56	8-4-2011 10:48	0,026	0,016	0,016	0,009	0,0029	0,0023	0,0022	0,0009
gemiddelde		0,027	0,010	0,016	0,004	0,0071	0,0018	0,0066	0,0012

* indicatie meetonzekerheid; $\pm 2\sigma$ geeft het 95%-betrouwbaarheidsinterval aan

** de I-131 activiteitsconcentratie is berekend op basis van het aangezogen volume van 23 - 25 maart. De 24-uurs metingen van de HVS geven namelijk aan dat er voor 23 maart geen I-131 in de lucht aanwezig was.



Figuur 3 Resultaten van meerdaagse luchtstofbemonstering met Snow White.

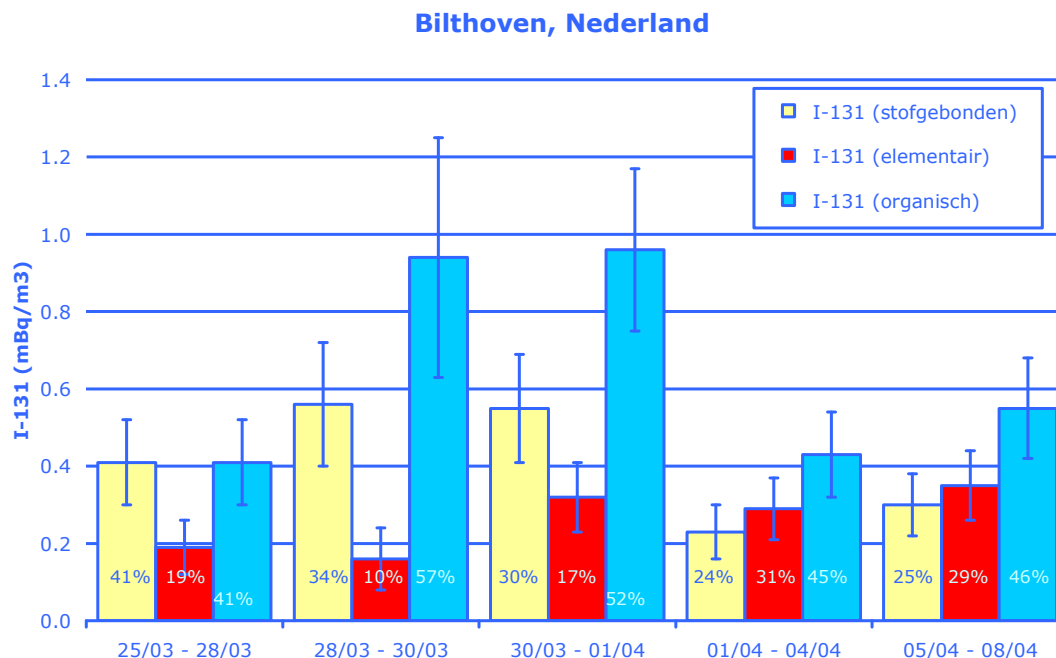
4.3 Meerdaagse bemonstering ten behoeve van bepaling van jodiumfracties

In Tabel 4 en Figuur 4 worden de meetdata weergegeven die bepaald zijn met behulp van de drie-traps luchtmonstering van de meetwagens (zie paragraaf 2.2). Uit de verhouding van de diverse fracties kan afgeleid worden dat 24-41% van het aangetroffen I-131 bestaat uit stofgebonden I-131, 10-31% bestaat uit elementair I₂ en 41-57% uit organisch I-131. Dit wil zeggen dat de stofgebonden fracties die worden bemonsterd met de HVS en Snow White minder dan de helft van het totaal beslaan. Bij dosisschattingen zal hier dus rekening mee gehouden moeten worden.

Tabel 4 Meetdata na de meerdaagse bemonstering met de meetwagen

bemonstering	concentratie in mBq/m ³ en fractie in %								
	I-131 (stofgebonden)			I-131 (elementair)			I-131 (organisch)		
	meting	2σ*	fractie	meting	2σ*	fractie	meting	2σ*	fractie
25/03 - 28/03	0,41	0,11	41%	0,19	0,07	19%	0,41	0,11	41%
28/03 - 30/03	0,56	0,16	34%	0,16	0,08	10%	0,94	0,31	57%
30/03 - 01/04	0,55	0,14	30%	0,32	0,09	17%	0,96	0,21	52%
01/04 - 04/04	0,23	0,07	24%	0,29	0,08	31%	0,43	0,11	45%
05/04 - 08/04	0,30	0,08	25%	0,35	0,09	29%	0,55	0,13	46%
gemiddelde	0,39	0,09	31%	0,27	0,06	21%	0,61	0,13	48%

* indicatie meetonzekerheid; $\pm 2\sigma$ geeft het 95%-betrouwbaarheidsinterval aan



Figuur 4 Meetresultaten van de verschillende fracties van I-131, bepaald met de bemonsteringsapparatuur van de RIVM meetwagens. De percentages geven per bemonsteringsperiode de relatieve verhoudingen aan van de aangetroffen fracties.

5 Hoe verliep het luchttransport van Japan naar Europa?

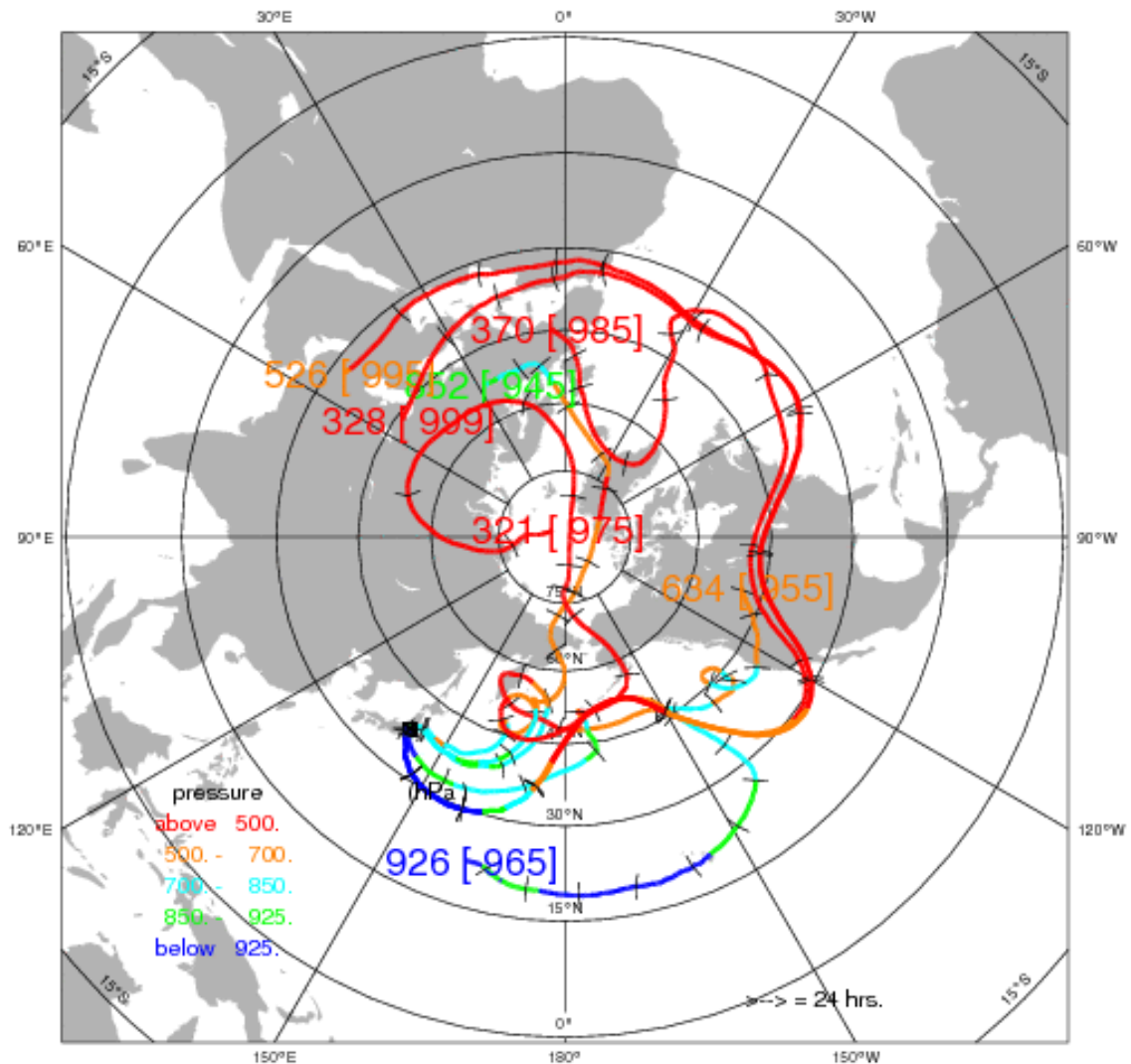
Het KNMI heeft na het bekend worden van problemen met de kerncentrale in Fukushima regelmatig luchtverspreidingsberekeningen uitgevoerd met een trajectoriemodel (TRAJKS) en een mondiaal tracer verspreidingsmodel (TM5). Beide modellen geven inzicht in de verspreiding van radioactieve deeltjes in de lucht. Voor de verspreidingsberekeningen is gebruik gemaakt van geanalyseerde weergegevens afkomstig uit het ECMWF weermodel. Wereldwijde meteorologische waarnemingen staan hiervoor aan de basis.

Met deze modelberekeningen is bekeken of de waargenomen verhogingen in Nederland eenduidig aan lozingen in Fukushima konden worden gerelateerd.

Uit de modelberekeningen blijkt dat het ongeveer 12 dagen duurde voordat luchtpakketjes¹ vanuit Fukushima in Europa terecht zijn gekomen. Een vermoedelijke uitstoot van radioactief materiaal uit Fukushima reactor 4 op 15 maart kon derhalve op 27 maart in Nederland worden verwacht. De waargenomen verhoging van radioactief jodium en cesium van 27-28 maart in Nederland (zie Figuur 1 en 2) komt daarmee goed overeen. De lagere luchtconcentraties gevonden op 24 maart kunnen worden toegeschreven aan kleinere radioactieve lozingen voorafgaand aan 15 maart. Daarvan is er een aantal bekend. Ook de trajectoriën berekeningen in Figuur 5 laten zien dat het aannemelijk is dat er op 26-27 maart lucht vanuit Fukushima boven Nederland is aangekomen.

Dit komt tevens overeen met wat klimatologisch kan worden verwacht. De luchtstroming boven Japan was het grootste deel van de tijd vanuit het westen, d.w.z. oostwaarts gericht, in de richting van de Grote Oceaan. Boven de oceaan komt de lucht vrij snel in de vrije troposfeer terecht waarbij de stroming overwegend eveneens naar het oosten gericht is. Het duurt gemiddeld ongeveer 1 tot 2 weken om de lucht in de (vrije) atmosfeer vertikaal goed te mengen, door verticale luchtbewegingen in hoge- en lage drukgebieden en in wolken. Al vrij snel na de aankomst van de eerste lucht boven Nederland zien we dan ook dat de verdeling boven Nederland in de vertikaal redelijk homogeen verdeeld is. Dit maakt het lastig om waargenomen verhogingen na 28 maart meteorologisch te relateren aan lozingen in Japan.

¹ Aangenomen is dat de radioactieve deeltjes in de onderste 500 m van de atmosfeer en zonder toegevoegde warmte zijn geloosd.



Figuur 5 Berekende 14-dagen voorwaartse trajectoriën (paden van luchtpakketjes door de atmosfeer), gestart op een vijftal hoogtes in de onderste 500 m boven de kerncentrale. Het startmoment komt bij benadering overeen met de start van de explosie en brand in reactor 4 op 15 maart 2011. De hoogte van de luchtpakketjes boven de grond wordt in kleur aangegeven (van laag naar hoog: van donkerblauw via groen, lichtblauw, en oranje naar rood). Dagen worden aangegeven met dwarsstreepjes langs de trajectoriën. We zien hier dat er in ieder geval op 26-27 maart (na 12 dagen) lucht uit Fukushima boven Nederland aanwezig was. Bron: KNMI.

6 Wat is de betekenis van de gevonden meetwaarden ?

6.1 Vergelijking meetdata Fukushima met data van na Tsjernobyl (1986)

Na het reactorongeval in Tsjernobyl in april 1986 zijn in Nederland op 2 en 3 mei 1986 activiteitsconcentraties in lucht aangetroffen die vele malen hoger waren dan nu, na het ongeval bij Fukushima. Het resultaat van de hoge luchtconcentraties in 1986 was dat bodem en gewassen zodanig besmet raakten, dat het noodzakelijk was om maatregelen te nemen ter bescherming van de volksgezondheid. In 1986 is er onder meer een tijdelijk oogstverbod geweest voor spinazie en in delen van het land moesten de koeien verplicht op stal.

In mei 1986 zijn op meerdere locaties in Nederland activiteitsconcentraties gevonden van organisch I-131 (bemonstering met koolpatroon). De piekwaarden varieerden toen van 18 tot 49 Bq/m³ [CCR1986]. Dit is ongeveer een factor 20.000 keer hoger dan nu, in maart/april 2011; de hoogst gemeten activiteitsconcentratie voor organisch I-131 bedraagt nu 0,00096 Bq/m³. Voor stofgebonden I-131 zijn in 1986 op meerdere plaatsen in Nederland maximale waarden gemeten tussen 5 en 11 Bq/m³, met een gemiddelde piekwaarde van ongeveer 8 Bq/m³ [CCR1986]. De maximale concentratie die nu gemeten is bedraagt 0,00132 Bq/m³. Dat scheelt ruwweg een factor 5000.

In de periode kort na Tsjernobyl is maar een paar dagen gemeten, waarbij is vastgesteld dat de wolk met name op 2 en 3 mei 1986 boven Nederland zat. Of er in de dagen en weken daarna nog lang lagere concentraties radioactiviteit in de lucht zaten is niet goed bekend. De meet- en bemonsteringsapparatuur in die tijd was immers veel minder gevoelig dan nu. Dat verklaart ten dele waarom de wolk uit Tsjernobyl eertijds relatief snel voorbij leek te zijn, terwijl we nu al 17 dagen radioactiviteit meten uit Fukushima. Daarnaast is in Hoofdstuk 5 aannemelijk gemaakt dat de radioactiviteit uit Fukushima voor aankomst in Nederland al veel sterker gemengd is in de luchtlagen boven het noordelijk halfmond. Dat betekent enerzijds dat we aanmerkelijk lagere concentraties meten, maar anderszijds is het waarschijnlijk dat we over een langere periode sporen van radioactiviteit aan zullen treffen.

6.2 Indicatie van de stralingsdosis

De aangetoonde niveaus in Nederland betekenen geen risico voor de bevolking als gevolg van de lozing van radioactief materiaal van de Fukushima kerncentrale in Japan. Het onderstaande rekenvoorbeeld laat dat zien.

Laten we ter illustratie uitgaan van de meest relevante blootstellingsroute, te weten inhalatie van I-131. Tussen 23 maart en 11 april bedroeg de gemiddelde luchtconcentratie van stofgebonden I-131 0,57 milliBq/m³. Andere metingen laten zien dat de stofgebonden fractie in die periode gemiddeld 31% bedroeg. We komen dan op een totale gemiddelde concentratie van I-131 van ongeveer 1,84 milliBq/m³. We nemen vervolgens aan dat een mens 1,2 m³/h inhaleert en dat al het geïnhaleerde I-131 door de longen wordt opgenomen. In de nu bemonsterde periode van 19 dagen heeft die persoon dus $0,00184 \times 1,2 \times 24 \times 19 = 1,01$ Bq aan I-131 in het lichaam gekregen. Voor de vertaling van ingeademde activiteit naar stralingsdosis bestaan zogenaamde dosisconversiefactoren [BS2001]. Als we die toepassen, dan vinden we een stralingsdosis van minder dan 0,00001 millisievert. Deze 'dosis' is vele malen kleiner dan de dosis ten gevolge van een kaakfoto bij de tandarts. Ook de vergelijking met de stralingsdosis van ca. 2,5 millisievert die mensen gemiddeld over een jaar oplopen² toont aan dat de genoemde dosis als gevolg van inhalatie van I-131 volstrekt verwaarloosbaar is. De doses van andere blootstellingsroutes en andere radionucliden zijn nog vele malen lager dan die als gevolg van inhalatie van I-131.

² zie: <http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/stralingsbelasting-in-nederland/index.jsp>

7 Samenvatting en conclusies

Als gevolg van het Japanse kernongeval te Fukushima, in maart 2011, zijn grote hoeveelheden vluchtige radionucliden in de lucht geloosd. De precieze hoeveelheden zijn nog onbekend, maar zeer voorlopige schattingen houden het voor het meest relevante I-131 op ruwweg 10% van wat tijdens Tsjernobyl is vrijgekomen. Deze radionucliden hebben zich in de dagen tot weken daarna verspreid over de atmosfeer op het noordelijk halfrond.

Atmosferische verspreidingsmodellen van het KNMI geven aan dat een deel van de uitstoot zich over de Noordpool en een deel zich over de Atlantische oceaan richting Europa heeft verplaatst. Vanaf ongeveer 21 maart zijn de eerste metingen van jodium in luchtstof gerapporteerd door een meetstation op IJsland. In de dagen daarna volgden meetstations op het Europese vasteland. Op 23 maart heeft het RIVM voor het eerst radioactiviteit in lucht aangetroffen die toegeschreven wordt aan het kernongeval in Japan. De door metingen bepaalde aankomst van de wolk in Europa op 23-24 maart is consistent met berekeningen, zoals door het KNMI uitgevoerd met meerdere luchtverspreidingsmodellen.

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek van het RIVM heeft vanaf 23 maart met meerdere meetopstellingen lucht bemonsterd. Om de luchtconcentraties van radioactieve stoffen uit Japan zo goed mogelijk vast te kunnen stellen heeft het RIVM een HVS opstelling gebruikt om de dagelijkse variaties in kaart te brengen van de meest relevante radionucliden I-131, Cs-137 en Cs-134. Een bemonsteringsapparaat met een nog hoger debiet, Snow White, is gebruikt om aan stof gebonden radionucliden aan te tonen met nog lagere luchtconcentraties. Apparatuur van de RIVM meetwagens is ingezet om de verschillende fracties van I-131 (stofgebonden, elementair en organisch) te bepalen. Voor betrouwbare metingen zijn Snow White en de driertraps filters van de meetwagens gedurende meerdere dagen achtereen bemonsterd.

In de periode van 23 maart tot 11 april 2011 zijn in Nederlandse buitenlucht sporen van radioactiviteit aangetoond. De samenstelling en het moment van detectie maken zeer aannemelijk dat ze afkomstig zijn van het Japanse kernongeval te Fukushima. De hoogste concentraties zijn gevonden voor I-131. Ongeveer 31% daarvan zat in de stofgebonden fractie. De gemiddelde waarde van de stofgebonden fractie over de periode 23 maart - 11 april bedroeg 0,57 milliBq/m³. Als we aannemen dat de stofgebonden fractie over de hele periode constant verondersteld mag worden, leidt dat over de periode 23 maart - 11 april tot een gemiddelde I-131 concentratie (alle fracties samen) van 1,84 milliBq/m³.

De gemeten concentraties van Cs-137, Cs-134, Te-129m, Te-129, Te-132 en I-132 waren in de gerapporteerde periode typisch een factor 10 lager dan de stofgebonden fractie van I-131. Voor Cs-136 was het verschil ruim een factor 100. In de buurlanden zijn vergelijkbare waarden gevonden.

De nu gemeten waarden zijn duizenden keren lager dan destijds gemeten in de dagen na Tsjernobyl. Dosisberekeningen tonen verder aan dat de gevonden sporen van radioactiviteit uit Japan geen risico vormen voor de Nederlandse bevolking. Zo is de berekende stralingsdosis als gevolg van inhalatie van I-131 over de gehele meetperiode minder dan 0,00001 millisievert. Ter referentie: de gemiddelde stralingsdosis van Nederlanders bedraagt ongeveer 2,5 millisievert per jaar.

Op dit moment worden er nog steeds sporen van radioactiviteit aangetroffen. Aanvullende data zullen gepresenteerd worden op de website van het RIVM.

8 Referenties

- CCRX1986 *De Radioactieve besmetting in Nederland ten gevolge van het kernreactor ongeval te Tsjernobyl*, Coördinatie-commissie voor de metingen van radioactiviteit en xenobiotische stoffen (CCRX). Commissie rapportage radioactiviteitsmetingen Tsjernobyl, voorzitter B.C.J. Zoeteman, secretaris J.F. Stoutjesdijk, oktober 1986. VROM 60898/10-86.
- BS2001 *Besluit stralingsbescherming, Implementatie van 96/29/Euratom en 97/43/Euratom*, 16 juli 2001
- Kne2010 *Environmental Radioactivity in the Netherlands. Results in 2008*. G.J. Knetsch (ed.). RIVM Report 610791003/2010.
- Sme2011 *Risicoschatting en -management bij radiologische en nucleaire incidenten*. R.C.G.M. Smetsers, RIVM, maart 2011.

Bijlage 1 Websites met meetdata van EU-laboratoria en Japan

Nederland:

<http://www.rivm.nl/milieuportaal>

Finland:

http://www.stuk.fi/sateilytietoa/ympariston-sateilyvalvonta/mittaukset/fi_FI/mittaukset/

Noorwegen:

<http://www.nrpa.no/radioaktiv-forurensning-i-miljoet/radioaktivitet-i-luft>

Zweden:

<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Om-myndigheten/Aktuellt---Bilagor/Resultat-fran-matningarna-i-Sverige-/>

IJsland:

<http://www.gr.is/frettir/nr/475>

Roemenië:

http://www.nipne.ro/fukushima_2011/

Frankrijk:

<http://www.irs.fr>

Duitsland:

<http://www.bfs.de/de/ion/imis/spurenmessungen.html>

Polen:

<http://paa.gov.pl/>

Tjechië:

<http://www.suro.cz/en>

Denemarken:

http://www.risoe.dtu.dk/About_risoe/research_departments/NUK.aspx

Zwitserland:

<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00045/02372/02378/index.html?lang=de>

Oostenrijk:

<http://www.umwelt.net.at/article/articleview/87717/1/7032/>

UK:

<http://www.hpa.org.uk/NewsCentre/NationalPressReleases/2011PressReleases>

Bulgarije:

<http://beo-db.inrne.bas.bg/moussala/>

Italië:

http://www.isprambiente.gov.it/site/it-IT/Archivio/Documenti_Home_Page/Documenti/emergenzanuclearegiappone.html

Spanje:

https://www.csn.es/index.php?option=com_content&view=article&id=17270&Itemid=755&lang=es

Griekenland:

http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/president/ana_press_japan

Portugal:

http://www.itn.pt/pt/pt_main.htm

België:

<http://www.fanc.fgov.be/nl/news/399.aspx?LG=2>

Ierland:

<http://www.rpii.ie/Monitoring-Stations.aspx>

Luxemburg:

<http://www.ms.public.lu/fr/index.html>

Zie ook :

<http://www.iaea.org/About/japan-infosheet.html>

<http://www.ctbto.org>

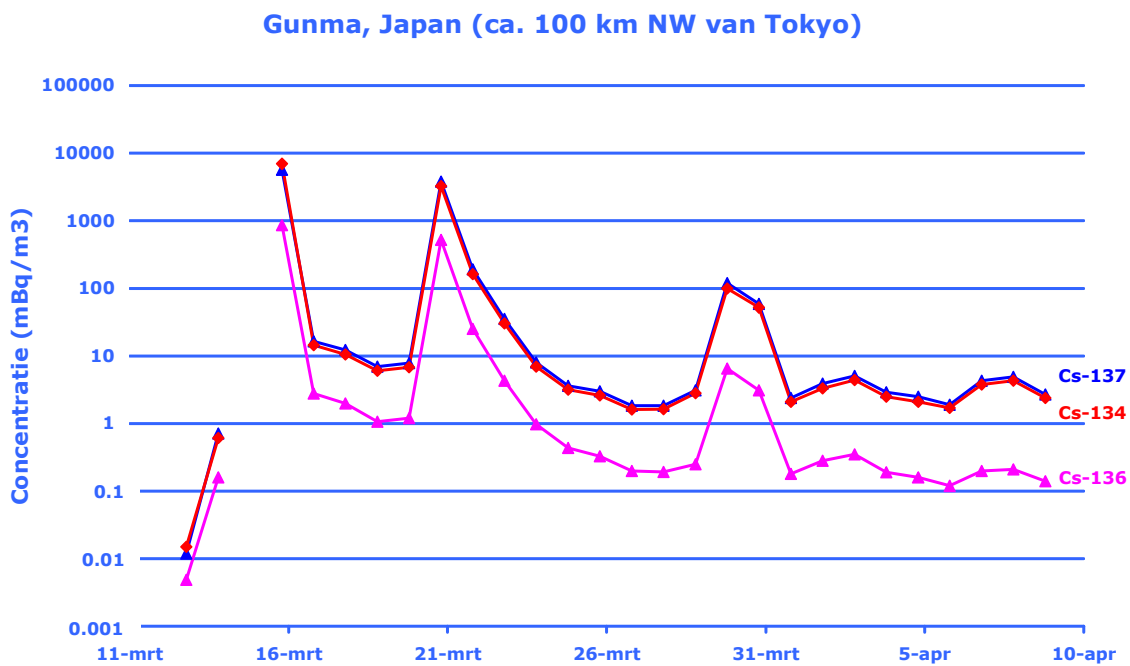
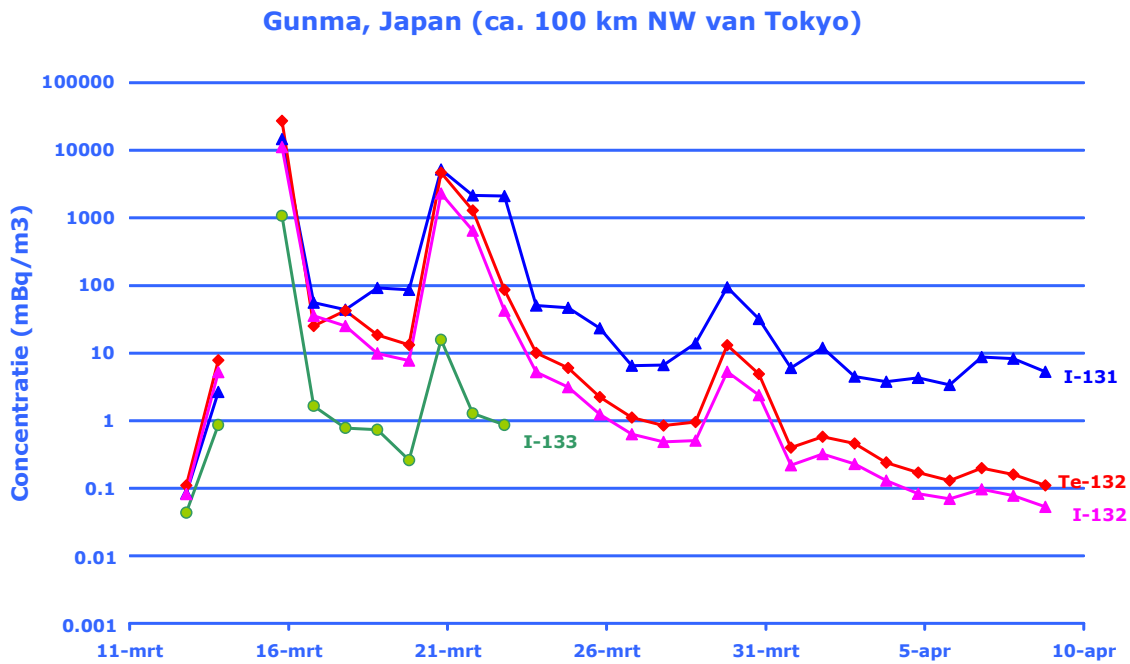
Japanse websites

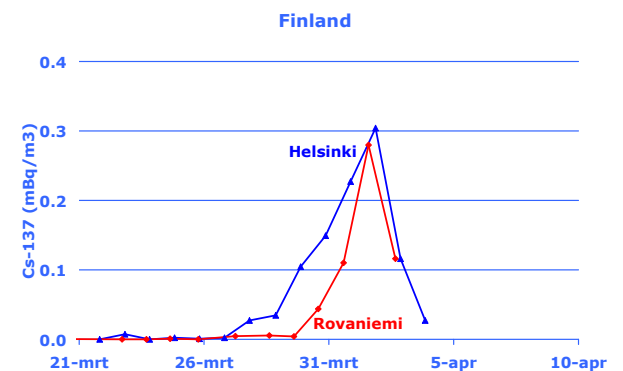
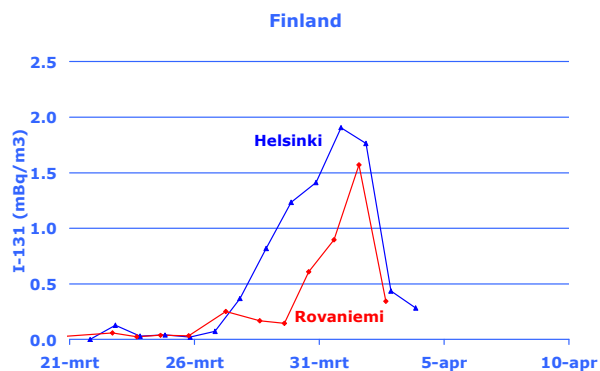
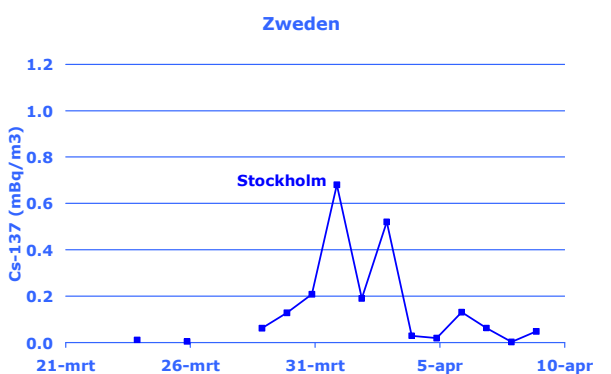
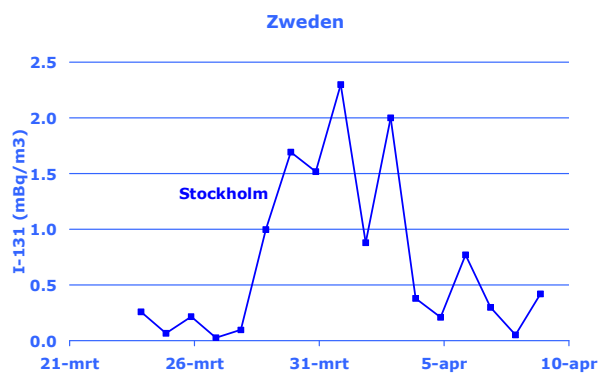
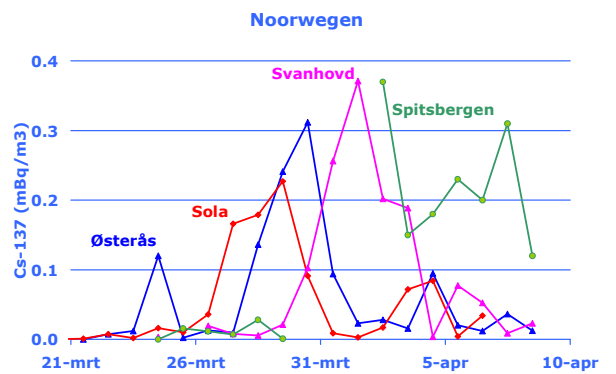
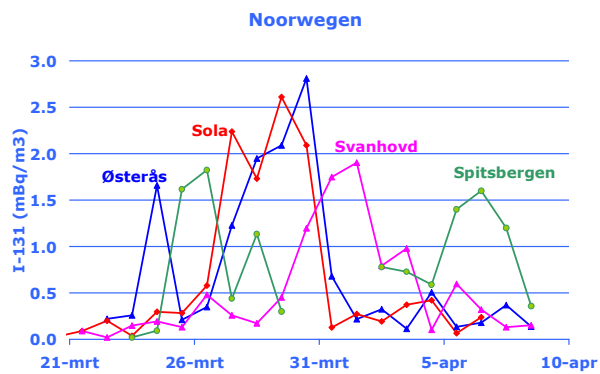
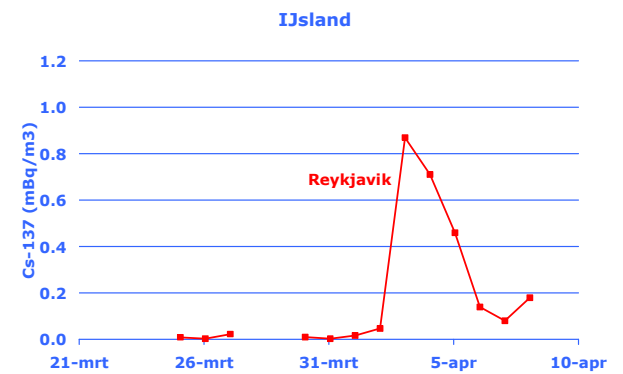
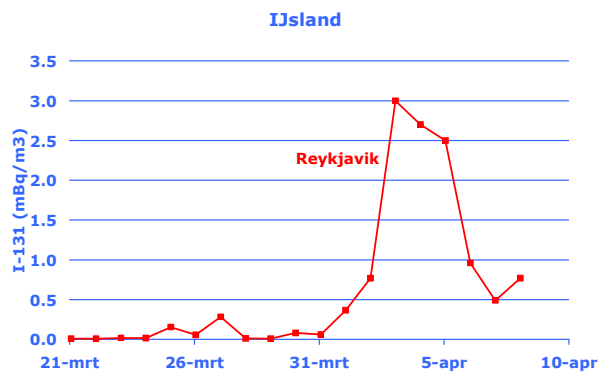
<http://www.mext.go.jp/english/>

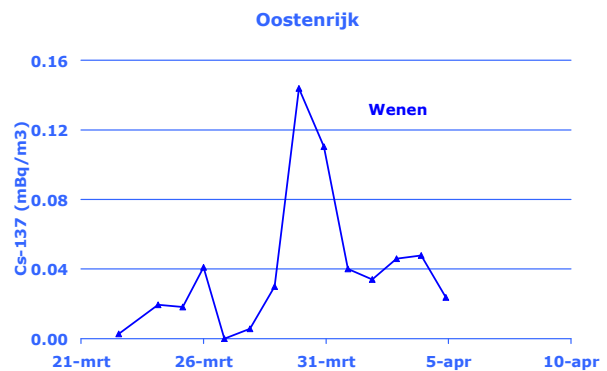
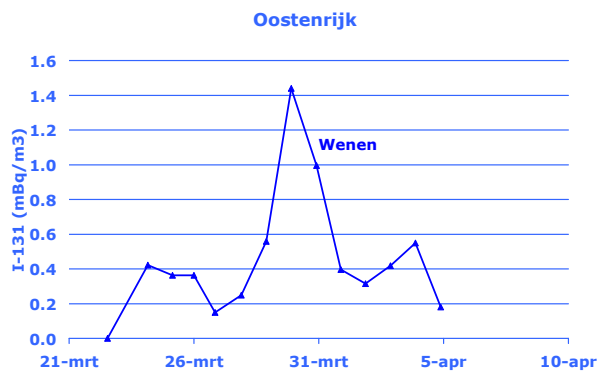
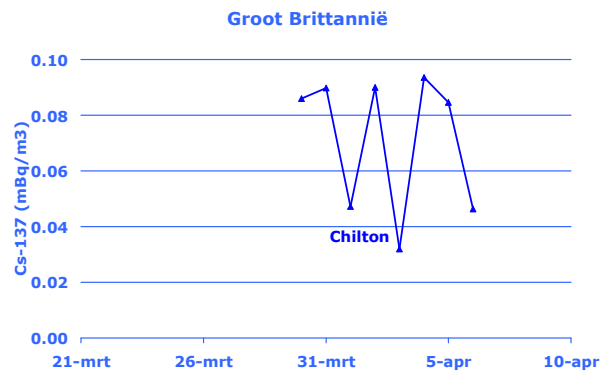
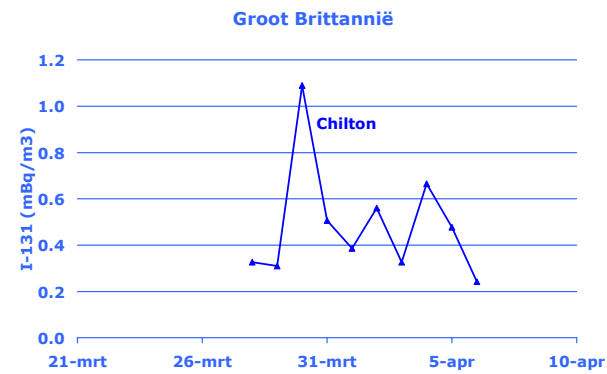
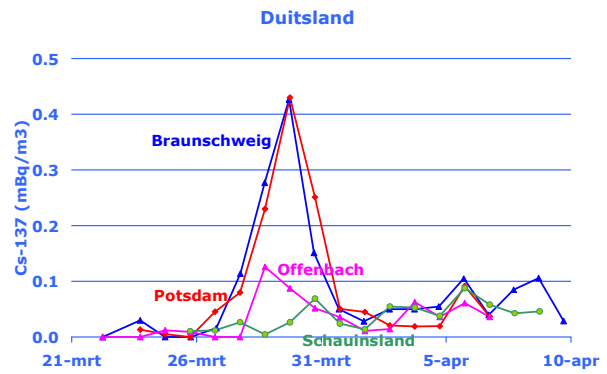
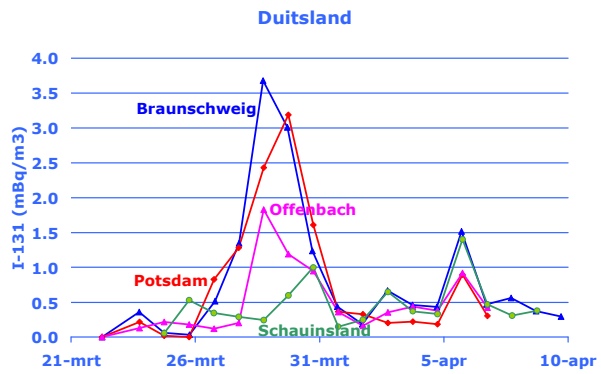
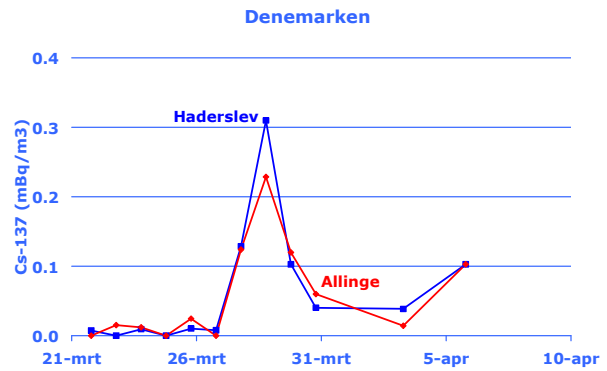
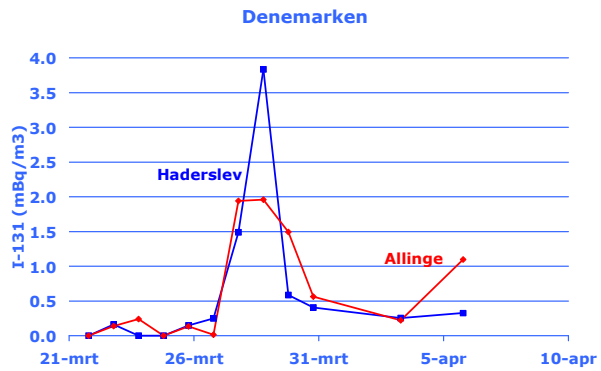
<http://www.tokyo-eiken.go.jp/index.html>

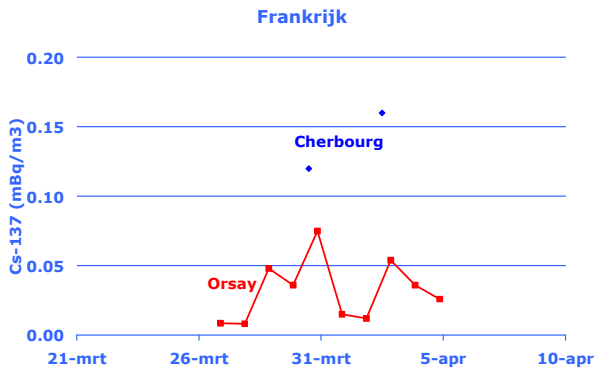
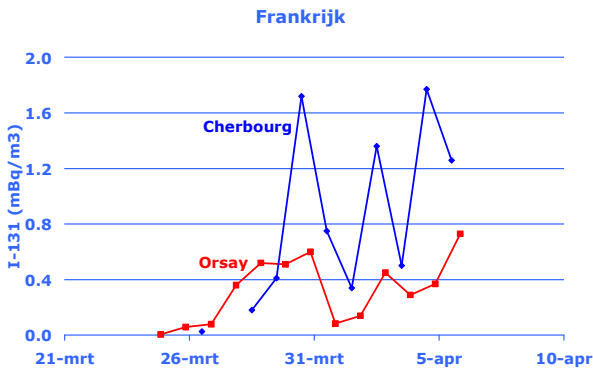
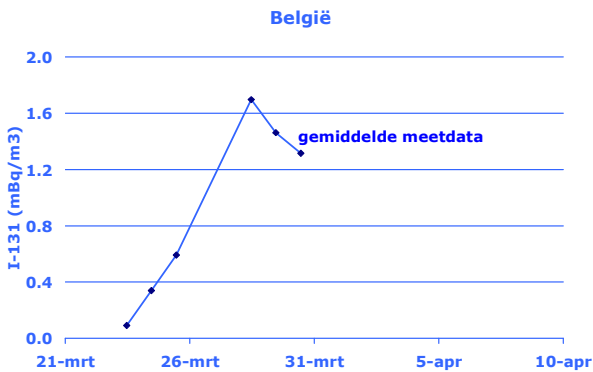
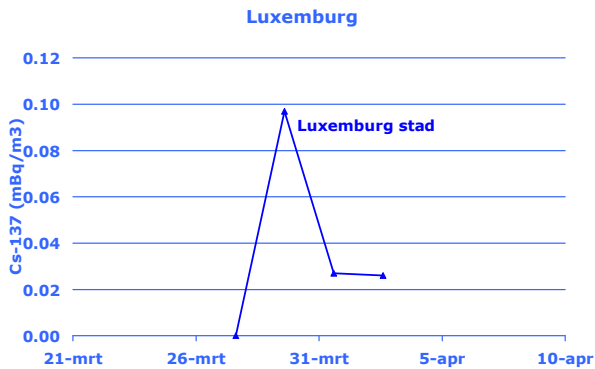
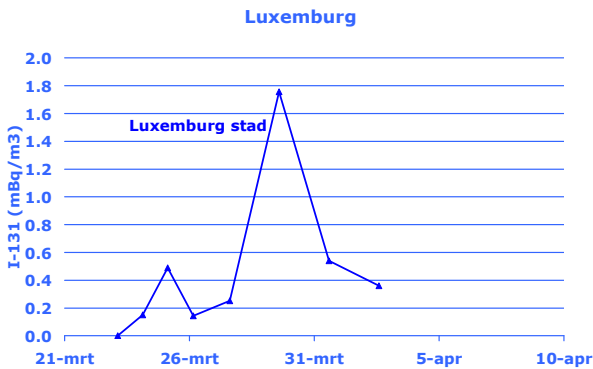
<http://www.tepco.co.jp/en/index-e.html>

Bijlage 2 Meetdata van Japan en EU-laboratoria











Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl