
Vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins 2011

*Radioactivity in the environment and food in
Iceland 2011*



GEISLAVARNIR RÍKISINS

ICELANDIC RADIATION SAFETY AUTHORITY

Kjartan Guðnason
Sigurður Emil Pálsson
Óskar Halldórsson
Elísabet D. Ólafsdóttir
Sigurdís Gunnarsdóttir

Nóvember 2012

Vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins 2011

*Radioactivity in the environment and
food in Iceland 2011*

**Kjartan Guðnason
Sigurður Emil Pálsson
Óskar Halldórsson
Elísabet D. Ólafsdóttir
Sigurdís Gunnarsdóttir**

Nóvember 2012

Geislavarnir ríkisins
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík
sími: 440 8200
www.gr.is gr@gr.is
ISBN 978-9935-9117-0-4

Forsíðumynd: Vettvangsmælingar á geislun á túni að Möðruvöllum í Hörgárdal (áhugasamar mjólkurkúr í bakgrunni, eftir að áhuginn hafði dvínað nokkuð). Mælirinn vinstra megin nemur róf gammageislunar frá jarðveginum og út frá rófinu má meta magn náttúrulegra og manngerðra geislavirkra efna í jarðveginum, sjá nánar viðauka 5.1. Hægra megin er einfaldur mælir til að meta styrk geislunar (ljósmynd: Sigurður Emil Pálsson)



GEISLAVARNIR RÍKISINS
ICELANDIC RADIATION SAFETY AUTHORITY

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	4
ENGLISH SUMMARY	5
1 INNGANGUR	6
2 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	8
2.1 Cs-137 í úrkomu og svifryki	8
2.2 Vöktun á styrk geislunar á Íslandi.....	8
2.3 Sesín í mjólk og mjólkurafurðum	9
2.4 Cs-137 í lambakjöti.....	11
2.5 Cs-137 og Tc-99 í sjó.....	12
2.6 Cs-137 í fiski.....	14
2.7 Cs-137 í þangi.....	14
3 SAMANBURÐUR	15
4 ÞAKKARORÐ	18
5 VIÐAUKI	19
5.1 Mælingar á gammageislun á vettvangi	19
5.2 Slysið í kjarnorkuverinu í Fukushima 2011.....	20
6 HEIMILDIR	28

Ágrip

Í þessari skýrslu eru teknar saman vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins á geislavirku sesíni (Cs-137) í umhverfi og í matvælum árið 2011. Sesín var mælt í eftirfarandi sýnaflokkum:

- Andrúmslofti (svifryki)
- Úrkomu
- Kúamjólk (nýmjólk og mjólkurdufti)
- Lambakjöti
- Sjó
- Þangi
- Fiski

Niðurstöður mælinga benda til að litlar breytingar hafi orðið á styrk sesíns síðustu árin, hann sé a.m.k. ekki að aukast og sé almennt lágur. Í andrúmslofti er styrkur sesíns $< 3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ og í úrkomu $< 1 \text{ mBq}/\text{l}$.

Í sjó mælist styrkur sesíns $1,19\text{-}2,05 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Hæstur styrkur mælist jafnan í pólsjó fyrir norðan og vestan land. Sýnataka á sjó er í höndum Hafrannsóknastofnunarinnar. Í tveimur sýnum af þangi var styrkur sesíns $0,11$ og $0,15 \text{ Bq}/\text{kg}$ þurrvigt og í fiski frá því að vera neðan greiningarmarka og allt að $0,25 \text{ Bq}/\text{kg}$ ferskvigt.

Í mjólk mælist styrkur sesíns $0,4 - 1,4 \text{ Bq}/\text{kg}$ ferskvigt og í mjólkurdufti $5,5 - 12,5 \text{ Bq}/\text{kg}$ þurrvigt. Styrkur sesíns í lambakjöti er jafnan breytilegur, í sýnum frá árinu 2011 mældist hann $1 - 38 \text{ Bq}/\text{kg}$, sem má telja dæmigert.

Styrkur sesíns í íslenskum matvælum er í öllum tilvikum langt innan alþjóðlegra viðmiðunarmarka í milliríkjaværslun, sem eru $1000 \text{ Bq}/\text{kg}$.

Geislaælar til rauntímavöktunar á gammageislun eru við fjórar sjálfvirkar veðurstöðvar Veðurstofu Íslands, þ.e. á Bolungarvík, Raufarhöfn, í Hornafirði og í Reykjavík auk mælis sem staðsettur er í miðborg Reykjavíkur. Styrkur geislunar er almennt lágur, eða $40\text{-}80 \text{ nSv}/\text{klst}$. sem er mun lægra en algengt er í nágrennalöndunum.

Niðurstöður vöktunarmælinga frá árunum 1989 - 2010 hafa verið gefnar út (Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2005a, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2005b, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2006, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2007, Kjartan Guðnason *et al.* 2008, Kjartan Guðnason *et al.* 2009, Kjartan Guðnason *et al.* 2010, Kjartan Guðnason *et al.* 2011).

English summary

This report summarises the monitoring of radiocaesium (Cs-137) in the Icelandic environment and food in 2011. Radiocaesium was measured in samples of:

- Aerosols
- Precipitation
- Lamb meat
- Cow's milk
- Seawater
- Fish
- Seaweed

In aerosol filters, values of $< 3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ are typical. Precipitation contained less than 1 mBq/l. Real-time monitoring of external gamma dose rate is performed at five different sites in Iceland. The levels are low, spanning 40-80 nSv/h, which is considerably lower than in other Nordic countries.

In cow's milk the radiocaesium activity ranged between 0.4-1.4 Bq/kg fresh weight and in milk powder 5,5 -12,5 Bq/kg dry weight. Lamb meat is collected each autumn from four to five different slaughterhouses. Twenty-one samples from five slaughterhouses were collected in 2011. Values typically vary between individual samples: In 2011 they ranged between 1 and 38 Bq/kg.

In the ocean around Iceland Cs-137 values have been found to depend on the seawater type. Eight different seawater types have been identified, each characterised by its salinity and temperature range. The concentration of Cs-137 was in the range 1,19-2,05 Bq/m³.

In marine fish, no radiocaesium levels above 0.25 Bq/kg (fw) were observed.

Seaweed, *Fucus vesiculosus*, was collected at two islands at the Icelandic coast. The Cs-137 activity in seaweed was 0,11 (N-Iceland) and 0.15 Bq/kg (S-Iceland) (dw).

Results of environmental monitoring in Iceland in 1989-2010 have been published (Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2005a, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2005b, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2006, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2007, Kjartan Guðnason *et al.* 2008, Kjartan Guðnason *et al.* 2009, Kjartan Guðnason *et al.* 2010, Kjartan Guðnason *et al.* 2011).

1 INNGANGUR

Vöktun Geislavarna ríkisins á geislavirkum efnum í matvælum og umhverfi hófst árið 1990. Sumarið 1989 fékk stofnunin tækjabúnað frá Alþjóðakjarnorkumálastofnuninni (IAEA) til gammarófsmælinga. Með gammarófsmælingu má þekkja og mægnreina gammageislandi kjarntegundir í sýnum og á vettvangi af nákvæmni, oftast án efnafræðilegrar forvinnu. Hér á landi hefur aðaláhersla verið lögð á mælingar á Cs-137, líkt og hjá flestum öðrum þjóðum.

Við töku sýna hefur alþjóðlegum viðmiðunum verið fylgt, einkum riti IAEA: Technical Report Series No. 295, *Measurements of Radionuclides in Food and the Environment – A Guidebook* (1989).

Markmið vöktunarmælinganna er að fylgjast með styrk geislavirkra efna í íslensku umhverfi og jafnframt að afla gagna sem nýta má til að auka skilning á hegðun geislavirkra efna í umhverfinu. Samhliða vöktunarmælingum hafa verið stundaðar rannsóknir í geislavistfræði, þar sem áhersla er lögð á að rannsaka tilfærslu geislavirkra efna í náttúrunni, s.s. úr jarðvegi í gróður, búfénað og landbúnaðarafurðir. Sérstaklega hefur verið hugað að því að auka skilning á þeim þáttum sem kunna að vera einstakir fyrir íslenskt umhverfi, s.s. eiginleikum eldfjallajarðvegs til að binda sesín. Styrkur sesíns hefur verið mældur reglulega í:

- Andrúmslofti (svifryki)
- Úrkomu
- Kúamjólk og mjólkurdufti
- Lambakjöti
- Sjó
- Þangi
- Fiski

Í tengslum við rannsóknir í geislavistfræði hafa verið mæld ýmis önnur sýni, s.s. af sjávarspendýrum, vatnafiski, villtum fuglum, hreindýrum, ótal tegundum plantna, fódri, mjólk frá einstökum býlum og jarðvegi frá ósnortnu og ræktuðu landi um allt land. Niðurstöður rannsóknaverkefna hafa verið birtar og kynntar á ráðstefnum (Elísabet D. Ólafsdóttir *et al.* 1999, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2005, Sigurður Emil Pálsson *et al.* 1994, Sigurður Emil Pálsson *et al.* 2002, Sigurður Emil Pálsson *et al.* 2006). Niðurstöður vöktunarmælinga frá árunum 1989 til 2010 hafa verið gefnar út (Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2005a, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2005b, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2006, Magnús Á. Sigurgeirsson *et al.* 2007, Kjartan Guðnason *et al.* 2008, Kjartan Guðnason *et al.* 2009, Kjartan Guðnason *et al.* 2010, Kjartan Guðnason *et al.* 2011).

Á árunum 1994-1996 jókst styrkur Tc-99 (teknetíns) í frárennsli í Írlandshaf frá Sellafield á Englandi. Árið 2003 hófust mælingar á Tc-99 í sjó við Ísland til að kanna hvort greina megi aukningu á styrk þess. Mælingarnar fara fram í samvinnu við Hafrannsóknastofnunina og rannsóknastofnunina Risø/DTU í Danmörku. Ekki hefur orðið vart við marktæka aukningu.

Í alþjóðaviðskiptum er miðað við að magn Cs-137 í matvælum sé minna en 1000 Bq/kg ([CODEX GENERAL STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED, Codex Standard 193-1995](#)). Reynslan sýnir hins vegar að kaupendur geta brugðist hart við allri mælanlegri aukningu geislavirkra efna og er því fyllsta ástæða til að halda vel vöku sinni og þekkja sem best dreifingu og hegðun þeirra í náttúrunni og geta sýnt fram á reglubundnar mælingar á þeim. Geislavarnir gera mælingar á ýmissi útflutningsvöru að beiðni útflytjenda, gerist þess þörf.

2 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

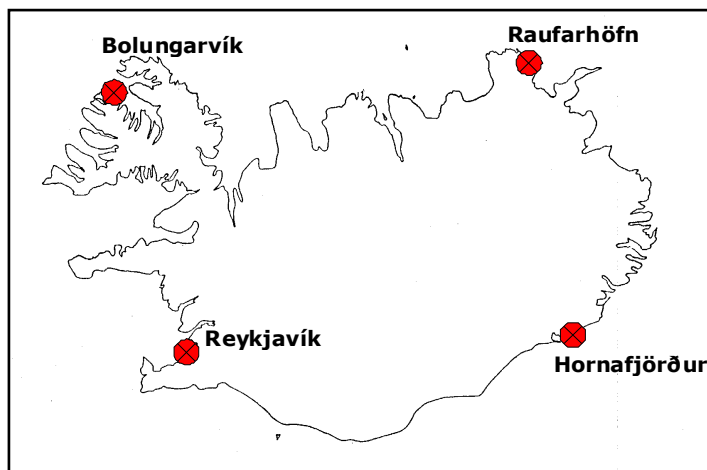
2.1 Cs-137 í úrkomu og svifryki

Úrkomu hefur verið safnað við Veðurstofu Íslands í Reykjavík og við Írafoss. Sýnataka er í höndum starfsmanna Veðurstofu Íslands. Lítið ef nokkuð af geislavirku sesíni mælist í þessum sýnum. Litlu skiptir þar hve mikil úrkoman er, t.d. var hún í Reykjavík nærri tvöfalt meiri árið 2007 (1.125,4 mm) en árið 2010 (592,3 mm) og liggja mælingar beggja ára neðan greiningarmarka sem eru um 1 mBq/l. Árið 2011 var úrkoma í Reykjavík 904,9mm (Veðurstofa Íslands, 2011) og er sömu sögu að segja af mælingum á sesíni í þeim sýnum. Hvert sýni er samsett af úrkomu hálfis árs.

Geislavarnir starfrækja mælistöð til vöktunar á geislavirkum rykögnum í andrúmslofti á lóð Veðurstofu Íslands við Bústaðaveg í Reykjavík. Sýnum af svifryki er þar safnað stöðugt og sýna daglegar mælingar gildi fyrir sesín neðan greiningarmarka, sem eru um 3 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

2.2 Vöktun á styrk geislunar á Íslandi

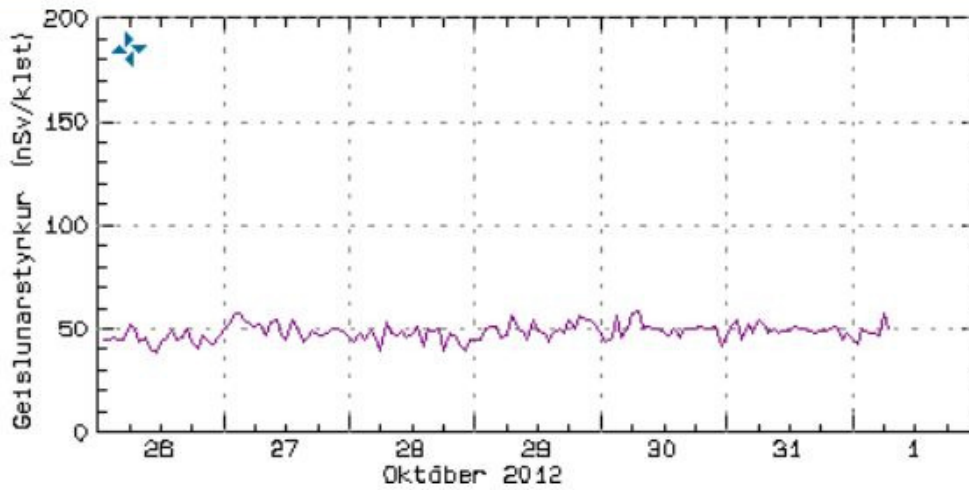
Vöktun á styrk geislunar er hluti viðbúnaðar gegn geislavá á Íslandi. Niðurstöður mælinganna sýna bakgrunnsgeislun, sem er jafnan lág en er breytileg bæði eftir stað og tíma, t.d. getur úrkoma skolað geislavirkum efnum úr lofthjúpi til jarðar. Einnig getur gerð berggrunns á hverjum stað haft áhrif sem og aðrir staðhættir. Fjórir nýir geislaælar voru settir upp á árunum 2004-2005 við sjálfvirkar veðurstöðvar Veðurstofu Íslands (sjá mynd 1) og hafa gögn frá þeim verið gerð aðgengileg samstarfsaðilum innan Eystrasaltsráðsins og Evrópusambandsins, m.a. á [gagnvirku Evrópukorti](http://www.gr.is/verkefni/gammastodvar/). Niðurstöðurnar eru einnig aðgengilegar á vef Geislavarna: <http://www.gr.is/verkefni/gammastodvar/>. Styrkur geislunar er lágur, eða 40-80 nSv/klst. (mynd 2). Eins og að framan greinir geta ýmsir þættir skapað þennan breytileika, t.d. úrkoma, en úrkomugögn eru aðgengileg á sömu vefsíðu og oft má sjá hækkun styrks geislunar samfara úrkomu.



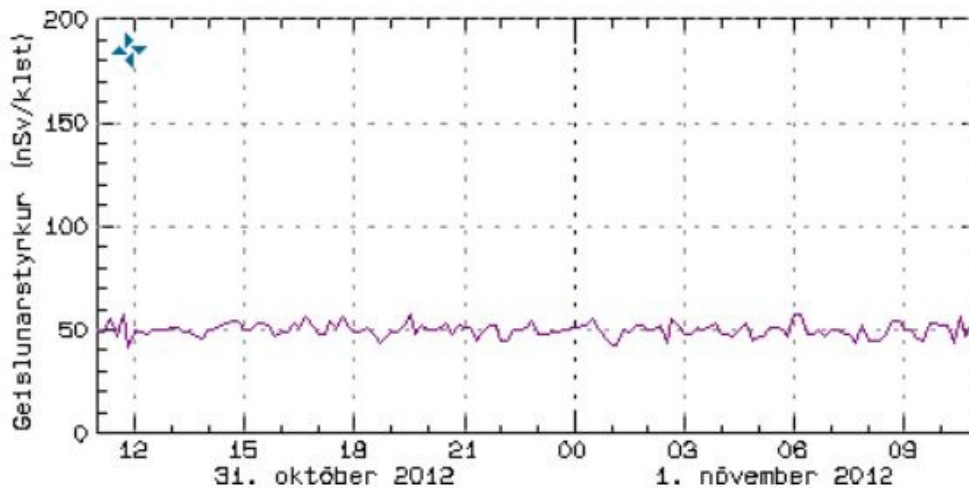
Mynd 1. Mæling á heildarstyrk gammageislunar á Íslandi, staðsetning mæla.
Real time monitoring of external gamma dose rate, locations of stations.

Reykjavík

Geislunarstyrkur (gammageislun) - síðastliðin vika



Geislunarstyrkur (gammageislun) - undanfarinn sólarhringur



Mynd 2. Dæmi um heildarstyrk gammageislunar í Reykjavík.

Example of real time data for external gamma dose rate in Reykjavík.

2.3 Sesín í mjólk og mjólkurafurðum

Kúamjólk hefur verið safnað mánaðarlega hjá MS Selfossi (Fjörmjólk frá júní 2011, áður Nýmjólk), MS á Akureyri (Nýmjólk) og hjá MS Ísafirði (Nýmjólk) allt þar til pökkun mjólkur var lögð af þar síðla vors 2011, en frá þeim tíma hefur mjólkursýna einnig verið aflað í Reykjavík (Nýmjólk) (tafla 1). Einnig er mjólkurdufti safnað frá MS Selfossi, sem mun nú vera eini framleiðandi mjólkurdufts á landinu. Meðaltal styrks Cs-137 í mjólkurdufti árið 2011 er 9.34 Bq/kg. Þá hafa verið gerðar mælingar á fleiri mjólkurafurðum, sem allar sýna lág gildi sesíns. Staðsetning mjólkurbúa sem sýnum hefur verið aflað frá í gegnum tíðina er sýnd á mynd 3. Á mynd 11 gefur að líta meðaltöl mælinga á mjólk frá ýmsum mjólkurbúum frá árinu 1990 og á mynd 8 meðaltöl fyrir mjólkurduft frá 1986. Þar sem

styrkur sesíns í mjólk er jafnan hærri síðari hluta árs er ekki hægt að treysta á að meðaltal ársins 2011 í Reykjavík sé lýsandi.

Tafla 1. Styrkur Cs-137 í mjólk frá Selfossi, Akureyri, Ísafirði og Reykjavík 2011.

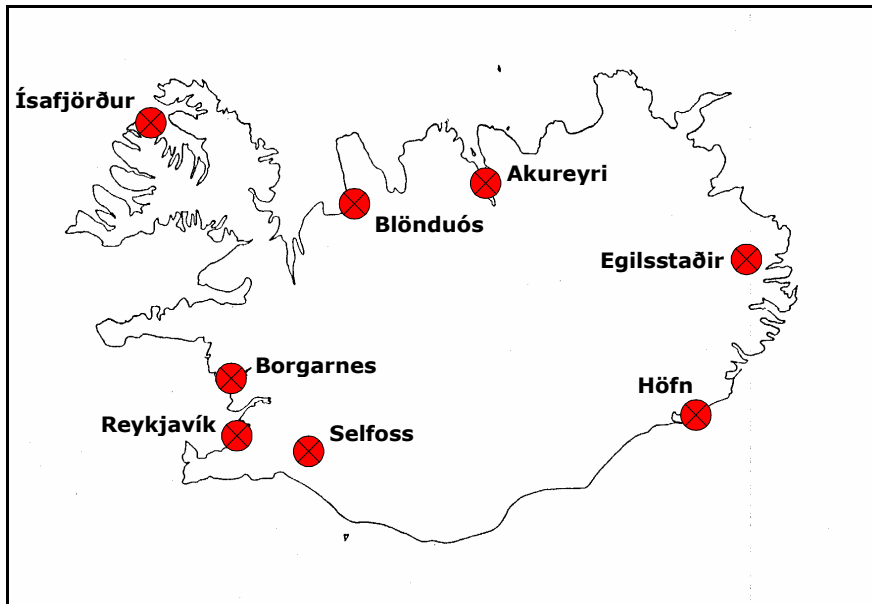
Cs-137 in monthly milk samples from MS Selfossi, MS Akureyri, MS Ísafirði and Reykjavík (see figure 3 for location of dairies).

Mánuður	Selfoss	Akureyri	Ísafjörður	Reykjavík
2011	Cs-137, Bq/kg	Cs-137, Bq/kg	Cs-137, Bq/kg	Cs-137, Bq/kg
Janúar	0,97	0,50	1,06	
Febrúar	0,84	0,55	1,07	
Mars	0,81	0,50	0,94	
Apríl	0,82	0,58	0,89	
Maí	0,86	0,42	0,94	
Júní	0,77	0,36		1,08
Júlí	0,77	0,42		
Ágúst	1,30	0,47		1,15
September	1,34	0,50		1,41
Október	1,12	0,56		1,32
Nóvember	1,11	0,68		1,36
Desember	1,00	0,51		1,39
Meðaltal / mean	0,98	0,50	0,98	1,28
Annað:				
AB mjólk (júní)	0,87			
AB mjólk (október)	1,36			
Skyr (nóvember)	0,81			

Tafla 2. Styrkur Cs-137 í mjólkurdufti frá MS Selfossi.

Cs-137 in samples of milk powder from MS Selfossi.

Mánuður	Cs-137,
2011	Bq/kg
Janúar	8,60
Febrúar	8,68
Mars	9,34
Apríl	10,58
Maí	5,49
Júní	8,75
Júlí	9,47
Ágúst	9,87
September	8,34
Október	8,29
Nóvember	12,24
Desember	12,46
Meðaltal / mean	9,34



Mynd 3. Söfnunarstaðir mjólkur fyrir vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins frá 1986.
Dairies in Iceland where milk has been sampled since 1986.

2.4 Cs-137 í lambakjöti

Lambakjöti er safnað í sláturtíð ár hvert með milligöngu Matvælastofnunar. Árið 2011 barst 21 sýni til mælinga frá fimm sláturhúsum. Sýnasöfnun er í umsjón héraðsdýralækna á hverjum stað. Samanburð við fyrri ár má sjá í töflu 7 og á mynd 10.

Tafla 3. Styrkur Cs-137 í lambakjöti haustið 2011

Cs-137 in lamb meat in autumn 2011 (slaughterhouse, activity).

Sláturhús	Sveitarfélag	Cs-137 Bq/kg
SS Selfossi	Bláskógabyggð	7,8
	Bláskógabyggð	6,6
	Rangárþing Eystra	10,6
	Rangárþing Eystra	4,6
KS Sauðárkróki	Skagafjörður	2,7
	Skagafjörður	5,9
	Vesturbyggð	0,9
	Borgarbyggð	8,9
	Húnaþing vestra	10,5
Kaupfélag V-Húnavetninga	Borgarbyggð	14,0
	Húnaþing vestra	6,5
	Húnaþing vestra	37,7
Norðlenska Húsavík	Þingeyjarsveit	1,4
	Fjarðabyggð	8,9
	Skútustaðahreppur	7,0
	Þingeyjarsveit	15,5
Norðlenska Höfn	Dalvíkurbyggð	7,4
	Hornafjörður	2,5
	Hornafjörður	5,0
	Kirkjubæjarklaustur	1,5
	Hornafjörður	16,7

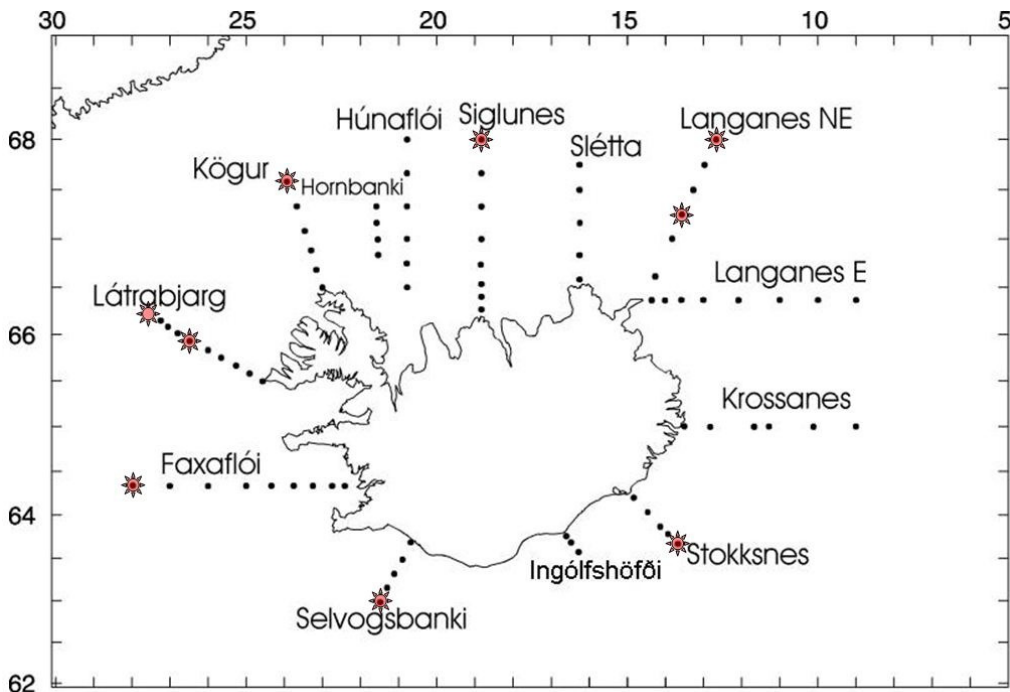
Meðaltal mælinga ársins er 8,7 Bq/kg sem er sambærilegt við það sem sést hefur undanfarin ár.

Breytileiki í styrk lambakjöts er mikill, en mynd 10 sýnir þó að hann hefur farið marktækt lækkandi undanfarinn áratug eða svo. Rýrnunarhraða er oft lýst með helmingunartíma, þeim tíma sem það myndi taka gildin að rýrna um helming með sömu hlutfallsrýrnun (þ.e. með því að gera ráð fyrir að styrkurinn minnki um ákveðið hlutfall á hverju ári).

Tölfræðilegt mat á 95% vikmörkum helmingunartíma gefur tímabil frá tæplega 9 árum til rúmlega 30 ára (það eru þá minna en 5% líkur til að helmingunartíminn sé utan þessara marka). Eðlisfræðilegur helmingunartími Cs-137 er 30 ár. Niðurstöður sýna því ekki aðra brotthvarfspætti efnisins úr náttúrunni en geislarýrnun sjálfs efnisins, áhrif bindingar í jarðvegi, sigs niður úr rótarlagi eða annarra náttúrulegra þátta eru því ekki sýnileg með marktækum hætti.

2.5 Cs-137 og Tc-99 í sjó

Sjósýni til mælinga á geislavirkum efnum eru tekin árlega í leiðöngnum Hafrannsóknastofnunar, tvisvar til þrisvar á ári. Árið 2011 náðust 10 sýni allt í kringum landið. Sýnatökustaðirnir eru sýndir á mynd 4. Mælingar á Cs-137 í sýnunum eru gerðar á rannsóknastofu Geislavarna. Styrkur teknetíns-99 er mældur í samvinnu við rannsóknastofnunina Risø í Danmörku. Sjósýnin eru greind til mismunandi sjógerða á grundvelli hita, seltu og staðsetningar (sjá töflu 5). Um er að ræða alls átta sjógerðir sem þannig má auðkenna (Elísabet D. Ólafsdóttir 2005).



Mynd 4. Snið sem Hafrannsóknastofnunin fylgir við sjósýnatöku. Sýnatökustaðir árið 2011 (sjá töflu 4) eru sýndir á kortinu.

Sampling sites used by the Marine Research Institute for seawater sampling. Locations of sampling sites in 2011 (see table 4) are highlighted on the map.

Tafla 4. Styrkur Cs-137 í sjó við Ísland.

Cs-137 in seawater around Iceland (date of sampling, location, coordinates, depth, temp., salinity and Cs-137 concentration).

Dags. 2011	Sýnatökustaður	Hnit		Dýpi, m	Hitastig °C	Selta 0/00	Cs-137 Bq/m ³
14.02.	Langanes LN6	68° 00'	12° 40'	5	0.40	34,79	1,86
21.05.	Faxaflói FX9	64° 20'	27° 58'	5	7.17	35,16	1,19
22.05.	Látrabjarg LB6	65° 56'	26° 29'	5	6.41	35,13	1,36
22.05.	Látrabjarg LB10	66° 15'	27° 45'	5	-1,42	34,23	1,95
24.05.	Kögur KG6	67° 35'	23° 56'	5	-1,36	34,28	2,05
25.05.	Siglunes Si8	68° 00'	18° 50'	5	2.66	34,84	1,62
26.05.	Langanes LN3	67° 15'	13° 34'	5	1.74	34,82	1,84
27.05.	Langanes LN6	68° 00'	12° 40'	5	1.10	34,79	1,93
29.05.	Stokksnes ST5	63° 40'	13° 40'	5	8,68	35,29	1,40
31.05.	Selvogsbanki SB5	62° 59'	21° 29'	5	8.66	35,22	1,29

Niðurstöður fyrir Cs-137 í töflunni að ofan eru úr greiningu Geislavarna ríkisins. Losun á Tc-99 frá kjarnorkuendurvinnslustöðinni í Sellafield jókst verulega fyrir um 20 árum en dregið var skjótt úr henni aftur og síðustu ár hefur hún verið lítil. Árið 2011 var styrkur Tc-99 mældur í yfirborðssjó frá stöð LN6 (í febrúar) og reyndist hann 0.12 +/- 0.02 Bq/m³.

Tafla 5. Helstu sjógerðir við Ísland.

Main water masses around Iceland (temperature, salinity, depth).

Sjógerðir	Flokkunargildi sjógerða		
	Hiti, °C	Selta, 0/00	Dýpi, m
Atlantssjór (AW) <i>Atlantic Water</i>	3-6	> 34,9	0-800
Strandsjór (CW) <i>Coastal water</i>	0,5-10	~ 33-35	0-5
Vetrarsjór (NIWW) <i>North Icelandic Winter Water</i>	2-3	34,8-34,9	0-300
Svalsjór (ASW) <i>Arctic Surface Water</i>	1-3	34,6-34,9	0-5
Pólsjór (PW) <i>Polar Water</i>	< 0	< 34,4	0-5
Millisjór (AIW) <i>Arctic Intermediate Water</i>	0-2	34,8-35,0	300-500
Yfirfallssjór í Grænlandssund (DSOW) <i>Denmark Strait Overflow Water</i>	< 1	34,8-34,9	> 600
Djúpsjór (DW) <i>Deep Water</i>	< 0	34,89-34,93	> 300

2.6 Cs-137 í fiski

Mæld voru 20 sýni af fiskholdi sem var aflað á árinu 2011, auk sýnis af rækju. Mæligildi fyrir Cs-137 eru afar lág og því mjög í samræmi við mælingar fyrri ára. Haustið 2011 hófust rækjuveiðar í Ísafjarðardjúpi að nýju, eftir níu ára veiðibann. Rækjuvinnslan Kampi á Ísafirði lagði til sýni til mælinga, en styrkur sesíns í þeim reyndist neðan greiningarmarkna (<0,05 Bq/kg). Fisksýnin eru safnsýni holds af mismörgum fiskum, frá þremur til tuttugu og fimm í sýni. Fisksýnin eru fengin hjá Matís ohf og frá Hafrannsóknastofnuninni. Einnig var aflað sýna úr fiskbúð. Styrkur sesíns í töflu 6 miðast við ferskvigt.

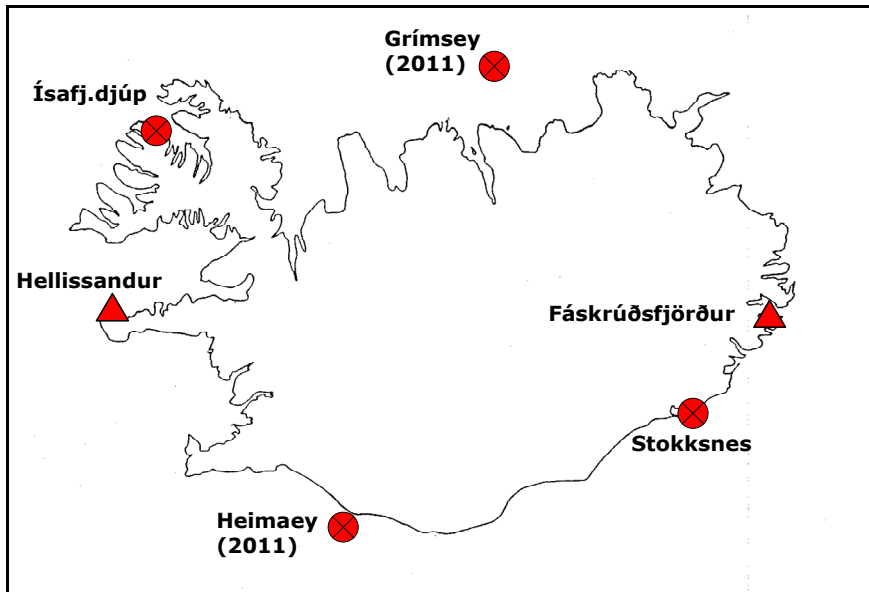
Tafla 6. Cs-137 í fiski við Ísland (ferskvigt).

Cs-137 in fish. Date of sampling, species, sample info, coordinates/location, concentration (fresh weight).

Dags. 2011	Tegund	Sýni	Staður/hnit		Bq/kg
			N	V	
13.3.	Grálúða (<i>Black halibut, Reinhardtius hippoglossoides</i>)	10 fiskar	67°12'5	18°25'4	0,15
16.3.	Ufsi (<i>Coalfish, Pollachius virens</i>)	5 fiskar, 60-75 cm	63°47'6	24°12'2	0,12
11.3.	Þorskur (<i>Cod, Gadus Morhua</i>)	25 fiskar >75 cm	66°21'5	25°43'9	0,11
12.3.	Þorskur (<i>Cod, Gadus Morhua</i>)	25 fiskar >75 cm	66°15'4	11°39'4	0,12
24.9.	Þorskur (<i>Cod, Gadus Morhua</i>)	3 fiskar	67°21'3	23°26'1	0,14
24.9.	Þorskur (<i>Cod, Gadus Morhua</i>)	3 fiskar	67°21'3	23°26'1	0,18
21.9.	Grálúða (<i>Black halibut, Reinhardtius hippoglossoides</i>)	3 fiskar 65-85 cm	65°40'7	27°29'3	0,20
21.9.	Grálúða (<i>Black halibut, Reinhardtius hippoglossoides</i>)	3 fiskar 65-85 cm	65°40'7	27°29'3	0,15
21.9.	Grálúða (<i>Black halibut, Reinhardtius hippoglossoides</i>)	3 fiskar 65-85 cm	65°40'7	27°29'3	0,15
21.9.	Grálúða (<i>Black halibut, Reinhardtius hippoglossoides</i>)	3 fiskar 65-85 cm	65°40'7	27°29'3	0,14
21.9.	Djúpkarfi (<i>Deepwater redfish, Sebastes mentella</i>)	15 fiskar	65°30'7	27°20'2	0,10
21.9.	Djúpkarfi (<i>Deepwater redfish, Sebastes mentella</i>)	15 fiskar	65°30'7	27°20'2	0,12
21.9.	Djúpkarfi (<i>Deepwater redfish, Sebastes mentella</i>)	15 fiskar	65°30'7	27°20'2	0,10
21.9.	Djúpkarfi (<i>Deepwater redfish, Sebastes mentella</i>)	15 fiskar	65°30'7	27°20'2	0,10
16.12.	Rauðspretta (<i>Plaice, Pleuronectes platessa</i>)	Flök, samtals 200 g	Undan Þorlákshöfn		<0,26
16.12.	Ýsa (<i>Haddock, Melanogrammus aeglefinus</i>)	Flök, samtals 1 kg	Undan Akranesi		0,11
16.12.	Smálúða (<i>Halibut, Hippoglossus hippoglossus</i>)	Flök, samtals 1 kg	Undan Ólafsvík		0,09
16.12.	Þorskur (<i>Cod, Gadus Morhua</i>)	Flök, samtals 1 kg	Undan Ólafsvík		0,15
10.12.	Blálanga (<i>Blue ling, Molva dypterygia</i>)	Flök, samtals 1 kg	NA-mið		0,25
14.12.	Keila (<i>Cusk, Brosme brosme</i>)	Flök, samtals 1 kg	Undan Húsavík		0,18
4.11.	Rækja (<i>Pink shrimp, Pandalus borealis</i>)	Pilluð, 1 kg	Ísafjarðardjúp		<0,05

2.7 Cs-137 í þangi

Þangi hefur um áraraðir verið safnað á sex stöðum við strandlengju landsins (myndir 5 til 7). Ákveðið var að minnka umfang þangsýnatöku frá og með árinu 2011 og var sýnum af bólupangi safnað í Heimaey og Grímsey að hausti. Niðurstöður mælinga árið 2011 eru 0,11 Bq/kg (Grímsey) og 0,15 Bq/kg (Heimaey) en neðri mörk greiningar eru 0,06 Bq/kg. Styrkur sesíns í þangi hefur farið hægt lækkandi á undanförunum árum, sjá mynd 9.



Mynd 5. Sýnatökustaðir þangs 2011.

Seaweed sampling sites at the Icelandic coast in 2011.



Mynd 6. Frá Grímsey

Seaweed sampling site in Grimsey



Mynd 7. Frá Heimaey

Seaweed sampling site in Heimaey

3 SAMANBURÐUR

Í töflu 7 eru meðaltöl mælinga á Cs-137 frá 2011 í nokkrum sýnaflokkum borin saman við meðaltöl fyrir tímabilið 2005-2010. Þar sést að um hverfandi breytingar er að ræða síðustu árin.

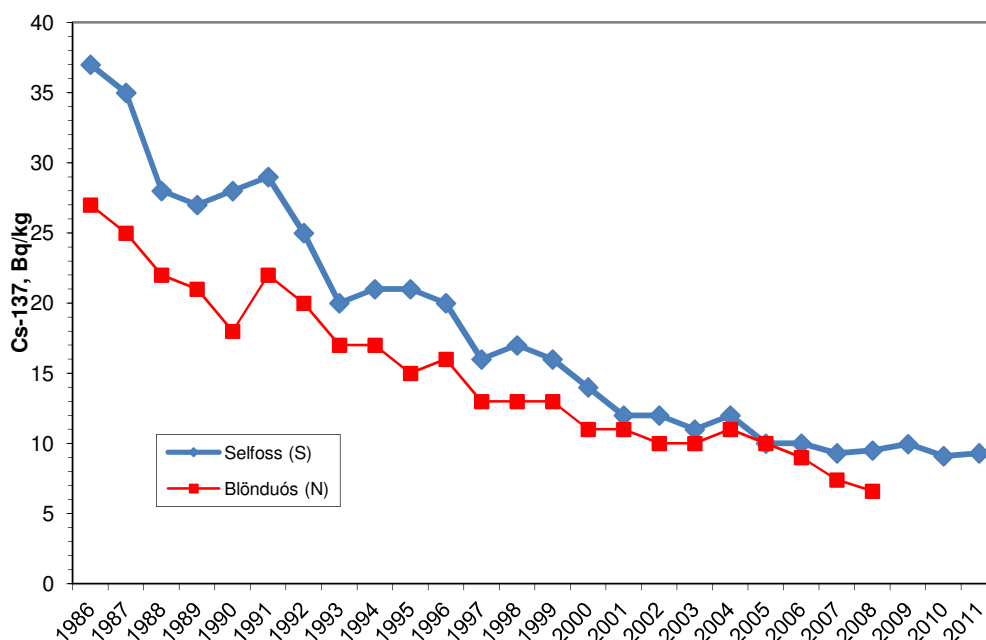
Myndir 9 og 10 sýna kassarit (e. *box plot*) yfir niðurstöður mælinga á styrk Cs-137 í þangi og lambakjöti. Efri og neðri brúnir hvers kassa svara til efri og neðri fjórðungsmarka dreifingarinnar, þ.e. fjórðungur mælinga viðkomandi árs liggur þá ofan við efri brún kassans og fjórðungur neðan við neðri brúnina. Lárétta strikið inni í kassanum svarar til miðgildis (e. *median*), helmingur mæligilda liggur ofan þess gildis og helmingur fyrir

neðan. Línur og punktar sem teygja sig upp og niður frá kössunum sýna hversu mikil dreifing var á gildum í efsta og neðsta fjórðungi. Fyrir þang frá árinu 2010 ná þessar línur að neðri mörkum myndar, það er vegna þess að einhver sýni hafa þá verið neðan greiningarmarka. Það breytir hins vegar ekki miðgildi og fjórðungamörkum. Í þessum kassaritum breikka kassarnir eftir því sem mælingar eru fleiri (breiddin er í réttu hlutfalli við kvaðratrót af fjölda mælinga) og skörðin sem eru á hliðum hvers kassa gefa mat á óvissu miðgildis.

Tafla 7. Samanburður við mælingar síðustu ára í nokkrum sýnaflokkum.

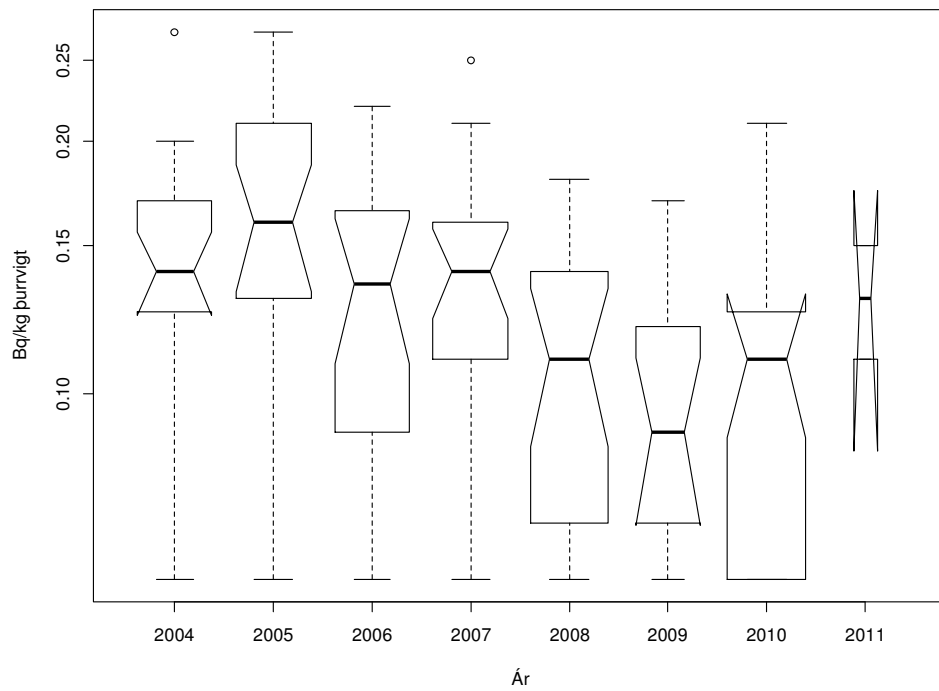
Comparison of average Cs-137 levels in a few sample categories in 2011 to corresponding values from 2005-2010.

Sýnaflokkur	Meðaltal 2005-2010	Meðaltal 2011
Kúamjólk (cow's milk)		
- Norðurland (N-Iceland)	0,6	0,50
- Suðurland (S-Iceland)	0,9	0,98
- Vestfirðir (NW-Iceland, new 2006)	1,0	0,98
Reykjavík (new 2011)		1,23
Mjólkurduft (milk powder)		
- Suðurland (S-Iceland)	9,4	9,3
Lambakjöt (lamb meat)		
(allt landið)	12,2	8,7
Þang (seaweed)	0,13	0,11 (Grímsey) 0,15 (Heimaey)

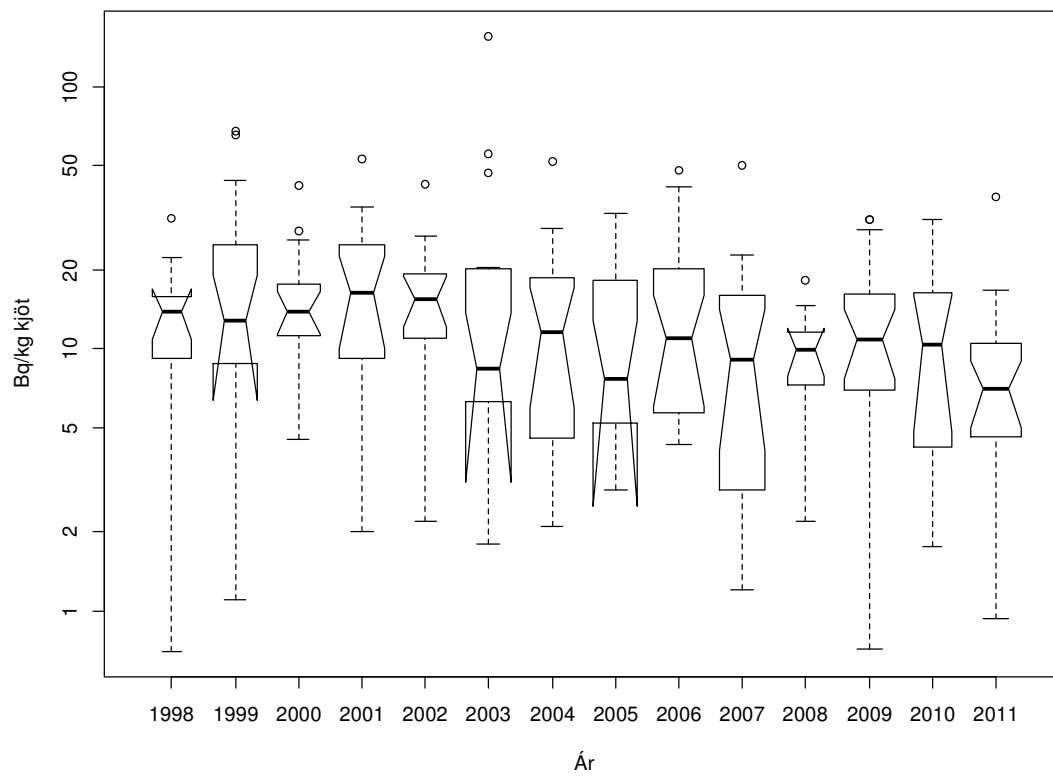


Mynd 8. Ársmeðaltöl styrks Cs-137 í mjólkurdufti 1986 – 2011 (vinnsla mjólkurdufts á Blönduósi hefur verið hætt).

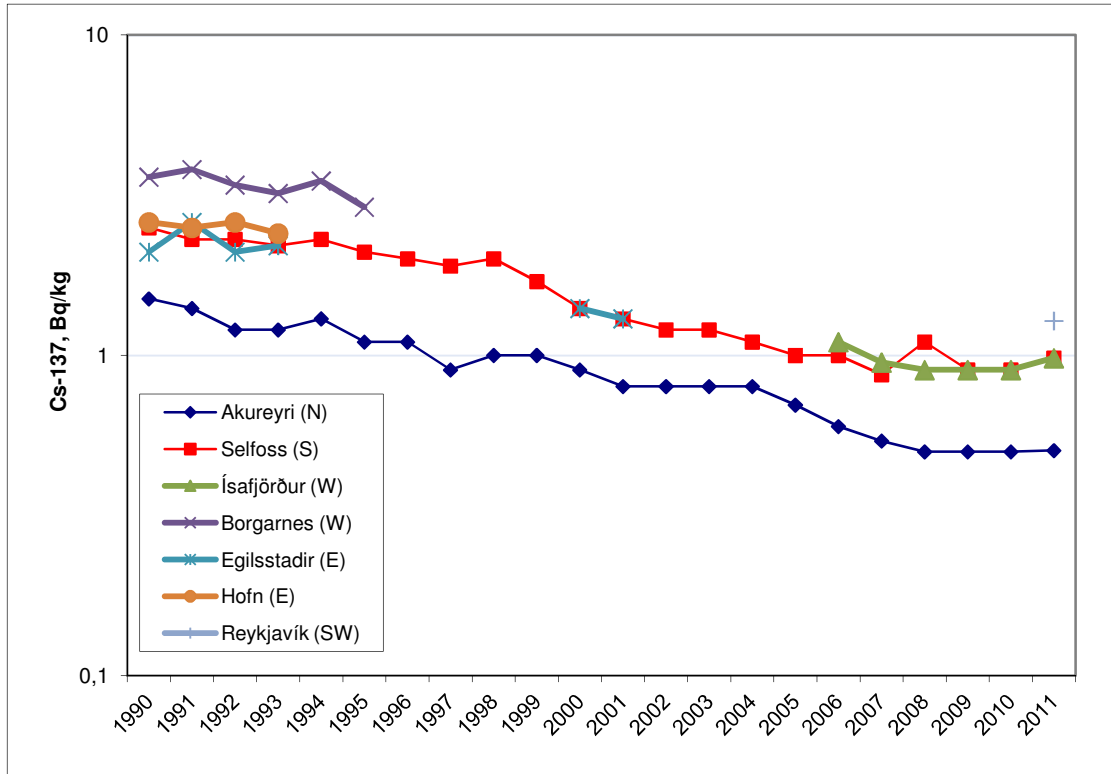
Annual means of Cs-137 in milk powder 1986 – 2011 (the production of milk powder in Blönduós has been discontinued).



Mynd 9. Styrkur Cs-137 í þangi við strendur landsins 2004 – 2010.
Concentration of Cs-137 in seaweed 2004 – 2010.



Mynd 10. Styrkur Cs-137 í lambkjöti við haustslátrun 1998 – 2011.
Concentration of Cs-137 in lamb meat 1998 – 2011.



Mynd 11. Ársmeðaltöl styrks Cs-137 í mjólk frá ýmsum mjólkurbúum 1990 – 2011.

Annual means of Cs-137 in milk from various dairies 1990 – 2011.

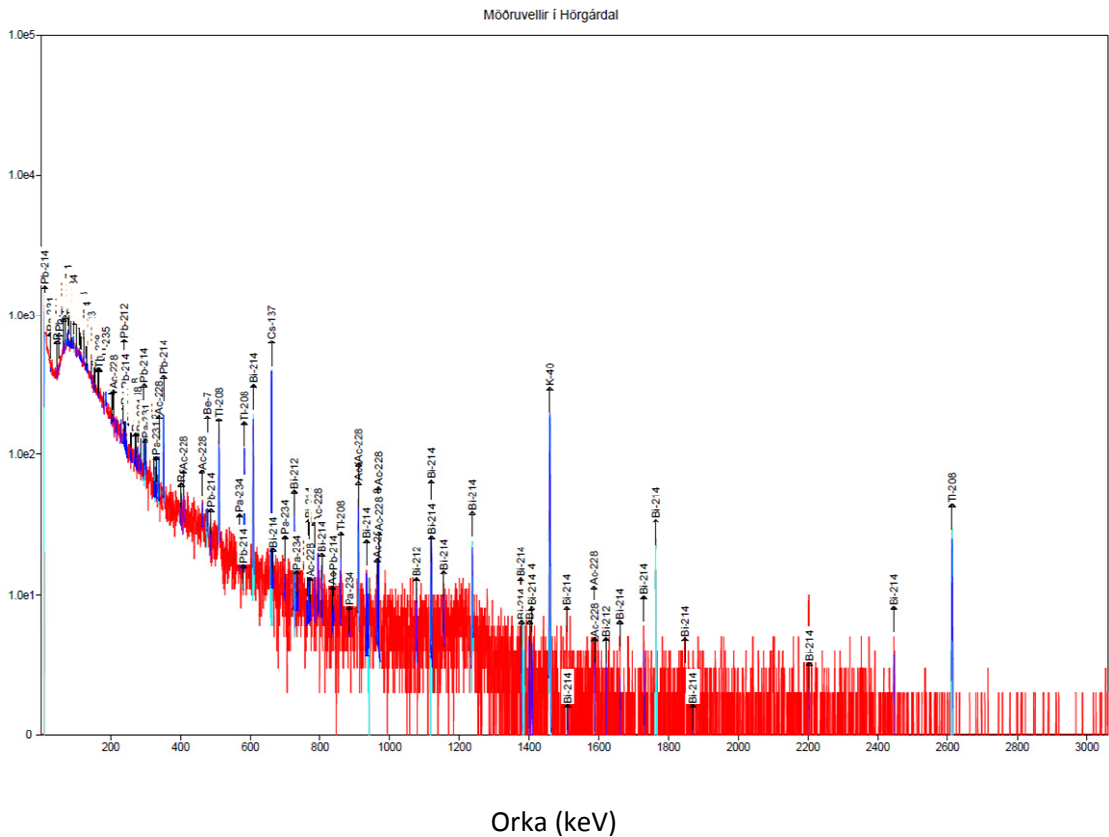
4 ÞAKKARORÐ

Geislavarnir ríkisins kunna samstarfsaðilum um land allt bestu þakkir.

5 VIÐAUKI

5.1 Mælingar á gammageislun á vettvangi

Geislavarnir ríkisins tóku færanlegan gammarófsmæli í notkun á árinu, hann er af svipaðri gerð og þeir namar sem hafa verið í notkun á rannsóknastofu stofnunarinnar árum saman. Með því að gera gammarófsmælingar á vettvangi má þekkja þau gammageislandi efni sem er að finna á hverjum stað og meta magn þeirra, hvort sem uppruni þeirra er í náttúrunni eða af manna völdum. Rófið að neðan er frá mælingu á túni að Möðruvöllum í Hörgárdal (sjá mynd á forsíðu þessarar skýrslu). Öll efnin sem tilgreind eru í rófinu eru náttúruleg geislavirk efni nema eitt, Cs-137, sem sjá má á vinstri helmingi myndarinnar (svarandi til orku 661 keV). Það er einmitt það efni sem vöktun Geislavarna ríkisins beinist einkum að, þó geislun frá náttúrulegum efnunum í umhverfi okkar sé meiri.



Mynd 12. Róf gammageislunar, mælt í 1 m hæð yfir túni að Möðruvöllum í Hörgárdal, 13. ágúst 2011.

Gamma spectrum measured at a height of one meter above a pasture field at the farm Möðruvellir in Northern Iceland (see photo on cover of report) on 13 August 2011. The spectrum is dominated by natural radionuclides, with the exception of Cs-137 at 661 keV).

5.2 Slysið í kjarnorkuverinu í Fukushima 2011

Einn stærsti jarðskjálfti ($M_w=9$) sem orðið hefur á jörðinni eftir að jarðskjálftamælingar hófust reið yfir Japan þann 11. mars 2011. Jarðskjálftinn átti upptök sín kl. 14:46 að japönskum tíma, sem er kl. 05:46 að íslenskum tíma. Skjálftanum fylgdi síðan öflug flóðbylgja sem varð mörgum að bana og olli miklu tjóni. Samkvæmt mati japanskra yfirvalda¹ frá 26.12.2012 létust 15.879 og 2.712 er enn saknað. Flestir (meira en 90%) þeirra sem létust drukknuðu af völdum flóðbylgjunnar og meirihluti var eldri en sextugur.

Hamfarirnar ollu meðal annars skemmdum á Fukushima I kjarnorkuverinu. Jarðskjálftinn olli því að öryggiskerfi stöðvaði sjálfkrafa þá kjarnakljúfa sem voru í gangi, en flóðbylgjan sem kom á eftir var stærri en hönnuðir versins höfðu reiknað með. Sjór kom í herbergi þar sem neyðarráfarar voru og gerði þá óvirka tæpri klukkustund eftir jarðskjálftann. Þar með brást nauðsynleg kæling, ekki bara á kjarnakljúfum heldur einnig á notuðu kjarneldsneyti sem var í kælilaugum. Eldsneytisstangir eru geymdar þar eftir að hafa verið teknar úr notkun í kjarnakljúf. Varmamyndun heldur áfram í eldsneytisstöngum vegna geislavirkni eftir að búið er að slökkva á kjarnakljúfnum og keðjuverkun hætt. Kælingin er því nauðsynleg, bæði í kjarnakljúf og jafnvel einnig í kælilaug í ákveðinn tíma. Þótt þessi varmamýndun sé miklu minni en þegar kljúfurinn er í gangi, þá er hún samt nægileg til að geta látið stangirnar ofhitna og skemmast ef kæling bregst í nokkra klukkutíma. Skemmdirnar geta meðal annars leitt til þess að hágeislavirk úrgangsefni losni úr stöngunum. Þar með er ekki endilega sagt að efnin berist til umhverfis. Eldsneytisstangir í nútíma kjarnakljúfum eru í þéttum, lokuðum öryggiskúpum sem eiga að koma í veg fyrir að efni geti sloppið til umhverfis þótt þau sleppi úr stöngunum. Einhvern veginn verður þó að ná að kæla stangirnar og jafnframt getur þurft að hleypa út gasi sem myndast inni í kúpunni.

Stjórnendur versins höfðu úr vöndu að ráða og þeir höfðu nokkra klukkutíma til verksins áður en eldsneytisstangir hitnuðu það mikið að þær tækju að skemmast. Undir venjulegum kringumstæðum er það ekki svo alvarlegt þótt neyðarráfarar bili, þá má einfaldlega fá rafmagn með öðrum hætti eða jafnvel nýta aðrar dælur til kælingar. Hér var eyðileggingin hins vegar of víðtæk til að hægt væri að beita þessum ráðum. Ekki bætti úr skák að bandarísk hönnun versins hafði ekki verið aðlöguð japönskum aðstæðum. Í Bandaríkjunum geta skýstrókar og hvirfilbylir verið ógn og því skynsamlegt að hafa rafkerfi og neyðarráfa í kjallara. Í Japan eru flóðbylgjur hins vegar frekari náttúruógn. Eftir flóðbylgjuna var mikið vatn komið í kjallara versins þar sem rafkerfið var. Það hefði því ekki verið nóg að koma með utanaðkomandi rafala, dreifikerfi versins var ónýtt. Eitt neyðarrúræði stóð til boða: að nota sjó til kælingar. Það þýddi jafnframt eyðileggingu viðkomandi kjarnakljúfs og því voru stjórnendur versins hikandi. Stjórnvöld skipuðu að

¹Damage Situation and Police Countermeasures associated with the 2011 Tohoku district – off the Pacific Ocean Earthquake, December 26, 2012.

http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo_e.pdf. National Police Agency of Japan. Upplýsingar sóttar 27.12.2012

lokum sjólkælingu, en þá var orðið of seint að koma í veg fyrir skemmdir á eldsneytisstöngum, geislavirk úrgangsefni losnuðu frá þeim og sum þeirra losnuðu jafnframt til umhverfis. Við tók nokkurra vikna barátta við að ná sem árangursríkastri kælingu, til að tryggja að til frekari losunar efna til umhverfis gæti ekki komið. Sú saga verður ekki rakin hér, enda er enn verið að rannsaka hvað gerðist og hvernig var brugðist við slysinu, ekki síst af hálfu stjórnenda kjarnorkuversins, *Tokyo Electric Power Company* (TEPCO). Stjórnendurnir hafa verið gagnrýndir fyrir margt, t.d. að samþykktum teikningum hafi verið breytt við byggingu versins, fyrir að hafa brugðist of seint við og fyrir að hafa veitt of litlar upplýsingar og of seint. Vaxandi gagnrýni hefur einnig beinst að japönskum stjórnvöldum vegna þess hversu vanbúin þau voru til að takast á við hamfarir af þessu tagi, og fyrir of slakt eftirlit með kjarnorkuiðnaðinum, fyrir að hafa veitt litlar upplýsingar í upphafi og fyrir að hafa brugðist seint við boðum um alþjóðlega aðstoð. Þegar stórslys verða tekur oft um áratug að rannsaka orsakir þeirra til hlítar, það má búast við svipuðu hér. Það er ekki hægt að rannsaka kjarnakljúfana í Fukushima strax, geislun frá úrgangsefnum verður að rýrna áður en það er hægt. Það mun því taka nokkur ár áður en hægt verður að gera ítarlega rannsókn á kjarnakljúfunum og sjá hvað raunverulega gerðist í þeim. Þeim sem hafa áhuga á að fræðast nánar er bent á vefsetur² Alþjóðakjarnorkumálastofnunarinnar, IAEA og mikið af læsilegu efni má finna á Wikipediu³.

Heilsufarslegar afleiðingar slyssins

Þótt umtalsvert magn geislavirkra efna hafi sloppið til umhverfis, þá var dregið úr heilsufarslegum áhrifum þeirra t.d. með því að stýra losun (láta efni frekar fara á haf út en yfir byggð svæði) og með því að grípa til viðeigandi aðgerða byggðum á mælingum á geislun og á geislavirkum efnum í matvælum. Þessar aðgerðir fólu einnig í sér brottflutning á þeim sem bjuggu nær verinu en 20 km.

Vísindanefnd Sameinuðu þjóðanna um áhrif jónandi geislunar (UNSCEAR) vinnur að úttekt á geislunarþætti slyssins í Fukushima, á þeim geislavirku efnum sem dreifðust til umhverfis og heilsufarslegum afleiðingum þeirra. Ítarleg skýrsla með niðurstöðum er væntanleg síðla vors 2013⁴. Bráðabirgðaskýrsla⁵ Alþjóða heilbrigðisstofnunarinnar (WHO) kom út árið 2012. Samkvæmt henni eru heilsufarsleg áhrif slyssins álitin vera hverfandi utan Japans, t.d. miðað við náttúrulega geislun. Jafnvel í Japan eru áhrif náttúrulegrar geislunar ríkjandi, nema á svæðum næst verinu. Í Fukushima sýslu er geislun flestra af völdum slyssins metin vera á bilinu 1 – 10 mSv fyrsta árið eftir slysið, á tveimur svæðum var hún þó metin á bilinu 10 – 50 mSv. Í sex aðliggjandi sýslum var geislunin metin á bilinu 0,1 – 10 mSv og annars staðar í Japan var hún metin 0,1 – 1 mSv, ef gert var ráð fyrir að einungis væri neytt matvæla frá Fukushima sýslu. Það er að sjálfsögðu óraunhæft, í reynd væri geislunin minni. Til skýringar má nefna að einingin „mSv“ er notuð til að meta heilsufarslega áhættu af völdum geislunar. Náttúruleg geislun gefur um 2,4 mSv á ári, sé

² Sjá t.d. ýmsar skýrslur og greinar á <http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/>, sumt af þessu efni er þó frekar tæknilegt (skoðað 27.12.2012)

³ Sjá t.d. ítarlega en læsilega grein http://en.wikipedia.org/wiki/Fukushima_Daiichi_nuclear_disaster (skoðað 27.12.2012)

⁴ <http://www.unscear.org/unscear/en/fukushima.html>

⁵ http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/fukushima_dose_assessment/en/index.html

miðað við alla jörðina, en á Íslandi er náttúruleg geislun mun lægri eða um 1 mSv á ári. Þetta er vegna þess hve íslenski berggrunnurinn er rýr að geislavirkum efnum. Í Skandinavíu er náttúruleg geislun mun meiri, um 3 – 5 mSv á ári, vegna þess hve granítið þar er ríkt af náttúrulegum geislavirkum efnum. Starfsmenn sem vinna við geislun mega fá allt að 20 mSv á ári vegna vinnu sinnar og einstök undantekningarár má þessi geislun fara upp í 50 mSv. Samkvæmt frummati WHO á afleiðingum slyssins virðist það ekki hafa haft meiri áhættu í för með sér en leyfilegt er fyrir starfsfólk í undantekningartilvikum og fyrir flesta í Japan hafi það verið minna en geislun af völdum náttúrulegrar geislunar. Þetta mat mun þó skýrast á komandi ári og árum. Jafnframt verður nákvæmlega fylgst með heilsufari allra íbúa Fukushima sýslu og tekið mið af hvar þeir munu koma til með að búa á hverjum tíma. Markmiðið með þessu er að afla sem gleggstrar myndar af því hverjar heilsufarslegar afleiðingar geislunar frá slysinu voru. Það mun skiljanlega taka áratugi að fá endanlega niðurstöðu og miðað við núverandi upplýsingar er geislunin það lítil að ólíklegt er að faraldsfræðilegar rannsóknir skili afgerandi niðurstöðu.

Gagn og skaði af brottflutningi

Fyrr á þessu ári birtist grein⁶ eftir japanska vísindamenn við Hiroshima-háskóla í breska lækisfræðiritinu *The Lancet* um heilsufarslegar afleiðingar brottflutnings eftir slysið. Á fyrstu dögum eftir það, á meðan enn var óvissa um hvernig það myndi þróast, var ákveðið að flytja burt alla sjúklinga á sjúkrahúsum og vistmenn á dvalarheimilum sem væru nær en 20 km frá kjarnorkuverinu. Þetta var gert í flýti og sjúklingum sem höfðu verið rúmleggjandi jafnvel komið í rútur án fylgdar hjúkrunarfólks, sumir sjúklingar fengu jafnvel lost við að falla úr sæti. Ekki reyndist síðan mögulegt að flytja alla áfram til áfangastaðar, því þurfti að vista sjúklinga til bráðabirgða í fundarsal heilsugæslustöðvar, sem hafði enga hitun. Í greininni er áætlað að rúmlega 50 manns hafi látist vegna þessara flutninga á sama tíma og enginn hafi látist vegna geislunarinnar. Engin geislaengun fannst á sjúklingum og vistmönnum við komu á áfangastað.

Þessi hörmulegu örlög þeirra sjúklinga og vistmanna sem létust af völdum flutninganna, auk hinna sem þurftu að þola ýmis óþægindi, endurspeglar það erfiða val sem stjórnvöld standa frammi fyrir þegar alvarleg vá af þessum toga dynur yfir. Beita má einföldum ráðum eins og að ráðleggja fólki að vera innandyra og gefa joðtöflur þegar það á við, slíkum aðgerðum fylgir lítill skaði. Stórtækar aðgerðir eins og brottflutningur geta hins vegar valdið verulegum óþægindum, heilsutjóni og jafnvel dauða, sérstaklega ef ráðist er í þær án undirbúnings og af vanefnum. Við Íslendingar þekkjum svipað af eigin raun varðandi eldgos og öskufall, það má miklu bjarga með því að vera inni og vernda öndunarfæri, frekar en að ana af stað í gosmekkinum. Japönskum yfirvöldum var þó vorkunn í þessu tilviki, þau töldu hættu á alvarlegri geislaengun en sú varð ekki reyndin. Ýmsir gera ráð fyrir að óbein áhrif slyssins (þar á meðal áhrif vegna gagnaðgerða) verði þau sem mestu heilsutjóni valdi til langs tíma.

⁶ *Loss of life after evacuation: lessons learned from the Fukushima accident*, doi:10.1016/S0140-6736(12)60384-5, *The Lancet*, bls.889-891, 10 mars 2012.

Hnattræn dreifing efna frá Fukushima slysinu

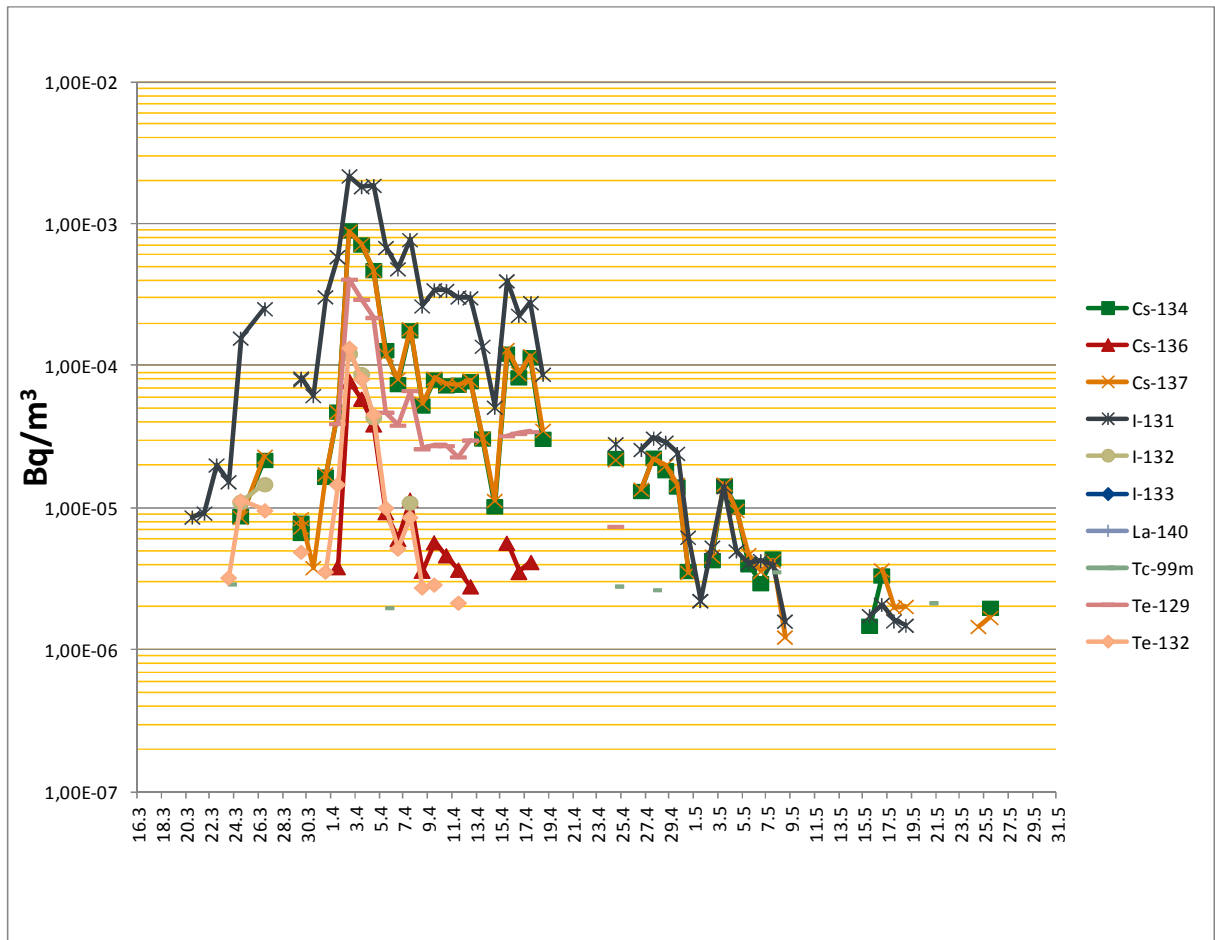
Dreifing geislavirkra efna til annarra landa var sáralítill miðað við náttúrulega geislun og heilsufarslegar afleiðingar hennar því hverfandi. Mælitækni til að nema geislavirk efni er gríðarlega næm (hver mældur geisli felur í sér skilaboð frá einni einstakri frumeind) og dreifing efnanna um hnöttinn var því auðmæld með fullkomnum mælitækjum.

Alþjóðastofnunin CTBTO⁷ rekur öflugasta hnattræna net geislaælistöðva sem nú eru starfræktar. Hlutverk þessara stöðva er að fylgjast með að alþjóðlegu banni við kjarnorkusprengrum sé fylgt. Geislavarnir ríkisins reka eina af 80 geislaælistöðvum CTBTO. Svifryki er fyrst safnað með öflugri loftdælu í ryksú í sólarhring, síðan er sían látin bíða í sólarhring á meðan skammlíf náttúruleg geislavirk efni deyja út og að lokum eru efnin mæld í sólarhring. Þessar stöðvar geta þekkt manngerð geislavirk efni frá náttúrulegum og magngreint efnin, jafnvel þótt magnið sé einungis örlítið brot af magni hinna náttúrulegu. Með þessum stöðvum má fá nokkuð glögga mynd af hnattrænni dreifingu efnanna um jörðina. Samkvæmt alþjóðlega samningnum um þessar mælingar þá má ríki einungis birta opinberlega gögn frá eigin mælistöðvum, þótt hvert aðildarríki samningsins geti nálgast gögn allra annarra aðildarríkja. Æ fleiri ríki leggja nú áherslu á að birta gögn sín opinberlega, þannig að sem flestir geti nýtt gögnin og unnt sé að vísa til þeirra í vísindalegum rannsóknum. Ísland er þar á meðal og dreifðu Geislavarnir gögnum héðan til annarra ríkja í kjölfar slyssins.

Endurskoðað mat á styrk geislavirkra efna frá Fukushima slysinu í svifryki í Reykjavík má finna í eftirfarandi töflu og á tilsvarandi grafi. Niðurstöðurnar byggja á mælingum stöðvar CTBTO sem Geislavarnir reka. Þetta eru ekki þær niðurstöður sem CTBTO birti fyrst, enda er sjálfvirkum greiningarbúnaði kerfisins ætlað að finna merki um kjarnorkusprengrar, ekki að leggja nákvæmt tölulegt mat á styrk efna í andrúmslofti. Niðurstöðurnar sem eru birtar hér eru reiknaðar af Mikael Moring hjá Geislavarnastofnun Finnlands (STUK) og birtar með góðfúslegu leyfi hans. Mikael Moring beitti fullkomnum greiningarbúnaði á niðurstöður mælinga frá nokkrum löndum og eru niðurstöður hans almennt taldar þær áreiðanlegustu sem völ er á og voru nýttar af ýmsum ríkjum við mat á slysinu. Með því að birta opinberlega þessar lokaniðurstöður greiningar mælinga á geislavirkni í svifryki í stöð CTBTO⁸ í Reykjavík eru Geislavarnir að stuðla að sem opnastri og víðtækastri nýtingu gagna CTBTO, þótt ljóst sé að einhver ríki muni halda áfram að krefjast leyndar á sínum gögnum.

⁷ Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (CTBTO), <http://www.ctbto.org/>

⁸ Heiti stöðvar er ISP34



Mynd 13. Meðalstyrkur geislavirkra efna frá slysinu í Fukushima, sem mældist í mælistöð Geislavarna ríkisins í Reykjavík. Sjá einnig töflu á næstu síðu.

Average concentration of radionuclides from the Fukushima accident, measured as aerosols in the CTBTO station operated by Geislavarnir ríkisins in Reykjavík.

Meðalstyrkur geislavirkra efna frá slysinu í Fukushima í svifryki í Reykjavík (í $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$).
Hvert svifrykssýni byggir á sólarhringsöfnun, sem lauk upp úr hádegi á þeim degi sem er tilgreindur sem dagsetning.

Average concentrations of radionuclides from the Fukushima accident in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. The date given refers to the end of 24h sampling.

Dags.	Cs-134	Cs-136	Cs-137	I-131	I-132	Tc-99m	Te-129	Te-132
20.3				9				
21.3				9				
22.3				20				
23.3				15		3		3
24.3	9		9	157	11			11
26.3	22		23	252	15			10
29.3	7		7	80				
29.3	8		8	82				5
30.3			4	62				
31.3	17		17	306				4
1.4	48	4	47	586			39	15
2.4	899	78	886	2171	122		407	134
3.4	713	59	718	1825	88		294	81
4.4	472	39	469	1865	43		219	46
5.4	129	9	121	680		2	47	10
6.4	75	6	81	482			38	5
7.4	178	11	182	773	11		67	9
8.4	52	4	55	264			26	3
9.4	80	6	82	342			27	3
10.4	73	5	74	339			27	
11.4	74	4	73	305			23	2
12.4	78	3	79	301			30	
13.4	31		31	137				
14.4	10		11	51				
15.4	122	6	130	397			32	
16.4	83	4	88	227			33	
17.4	115	4	118	279			34	
18.4	31		35	87				
24.4	22		22	28		3	7	
26.4	13		14	26				
27.4	23		22	31		3		
28.4	18		20	29				
29.4	14		15	24				
30.4	4		4	6				
1.5				2				
2.5	4		5	5				
3.5	14		15	14				
4.5	10		10	5				
5.5	4		5	4				
6.5	3		4	4				
7.5	4		4	4		4		
8.5			1	2				
9.5								
10.5								
11.5								
12.5								
15.5	1			2				
16.5	3		4	2				
17.5			2	2				
18.5			2	1				
19.5								
19.5								
20.5						2		
21.5								
22.5								
23.5								
24.5			1					
25.5	2		2					

Viðbrögð hjá Geislavörnum ríkisins í kjölfar slyssins

Jarðskjálftinn varð kl. 05:46 að íslenskum tíma og eins og áður hefur komið fram þá leið tæpur klukkutími þar til flóðbylgjan eyðilagði vararafkerfi kjarnorkuversins. Fréttir snemma morguns gáfu þó ekki annað til kynna en að það myndi takast að finna aðrar leiðir til kælingar kjarnakljúfsins á þeim klukkutímum sem enn voru til stefnu. Geislavarnir tóku að fylgjast náið með þróun málsins, en í upphafi þurfti einkum að ráða í þær upplýsingar sem bárust með fréttum, því opinber upplýsingamiðlun á milli ríkja er almennt hægvirkari vegna margra skrefa samþykktar og staðfestinga. Það var einnig ljóst af fyrstu fréttum að upplýsingar væru takmarkaðar, á tíunda tímanum var sagt á fréttavef BBC að staðfestur fjöldi látinna væri 26, því miður var augljóst að sú tala hlyti að vera allt of lág. Um hádegi fóru að berast fréttir af því að kæling kjarnakljúfa hefði brugðist í einu kjarnorkuveri og þá var ljóst að þróun mála gæti orðið alvarleg. Geislavarnir ríkisins höfðu í kjölfarið samband við norrænar systurstofnanir og lögðu til að stofnanirnar tækju að skiptast á upplýsingum um slysið á grunni samkomulags sem stofnanirnar hafa um gagnkvæm upplýsingaskipti þegar um einhvers konar geislavá er að ræða. Fréttarflutningur af slysinu jókst hröðum skrefum og Ríkissjónvarpið hafði t.d. endurvarpað enskri sjónvarpssendingu japanska sjónvarpsins, auk þess sem netmiðlar voru með samfelldan fréttarflutning. Geislavarnir ríkisins lögðu megináherslu á að greina ástandið og líklega þróun í samvinnu við aðrar norrænar geislavarnastofnanir og meðal annars á grunni þeirra upplýsinga sem tóku nú að berast fyrir tilstilli Alþjóðakjarnorkumálastofnunarinnar, IAEA. Þessari greiningu var miðlað til fjölmiðla og almennings í formi fréttar á vef stofnunarinnar, sjá fréttayfirlit Geislavarna fyrir mars 2011: <http://www.gr.is/2011/03/>. Stofnunin hafði einnig samband við aðra í íslenska stjórnkerfinu og strax á fyrsta degi var komið á náið samstarf við borgarþjónustu Utanríkisráðuneytisins og þar með við sendiráð Íslands í Japan og Íslendinga sem dvöldu þar. Meginþungi í starfi Geislavarna fyrstu dagana eftir slysið var því að greina ástandið á grunni fyrirliggjandi upplýsinga hverju sinni og í samvinnu við norrænar systurstofnanir, vera Utanríkisráðuneyti til ráðgjafar varðandi viðbrögð íslenskra stjórnvalda og jafnframt aðstoða við ráðgjöf til Íslendinga í Japan. Íslenskir fjölmiðlar sýndu slysinu áhuga og fyrstu vikuna voru fjölmörg viðtöl veitt, einkum til að skýra atburðarásina og hugsanlegar afleiðingar.

Kastljósi beint að Íslandi – fyrst Evrópulanda þar sem svifryks frá Fukushima varð vart

Fáir hefðu búist við að slys í svo fjarlægum landi myndi beina athygli að Íslandi. Sú varð þó reyndin þann 22. mars, 11 dögum eftir upphaf slyssins. Þá birtust niðurstöður úr mælistöð CTBTO í Reykjavík sem sýndi geislavirkt svifryk frá Fukushima, fyrst stöðva í Evrópu. Eins og sjá má í töflunni þá var þetta joð-131 (I-131) sem kom í loftslu mælistöðvarinnar 19.-20. mars, en niðurstöður mælingar fengust fyrst 22. mars. Fréttastofan Reuters hafði samband við Geislavarnir og eftir það var fréttin komin um alla heimsbyggðina og vakti töluverða athygli⁹. Geislavarnir lögðu áherslu á að hér væri um örliðið magn að ræða og hefði enga heilsufarslega þýðingu og kom það skýrt fram í fréttinni sem dreift var. Ef þessi mæling hefði verið mistúlkuð þannig að hún endurspeglaði mengun matvæla, þá hefði það t.d. getað skaðað útflutning íslenskra matvæla. Þetta dæmi sýndi berlega að hversu fjarlægt sem slys kann að virðast, þá er nauðsynlegt að geta lagt tölulegt mat á það og sett það í viðeigandi samhengi, athygli alþjóðlegra fjölmiðla getur sveiflast til Íslands fyrirvaralaust og það gefst oftast einungis eitt tækifæri til að svara.

Að lokum

Skýrari mynd af slysinu, viðbrögðum og afleiðingum á eftir að byggjast upp enn frekar, í janúar 2013 verður t.d. haldin norræn ráðstefna¹⁰ um þann lærdóm sem draga má af slysinu og ítarleg skýrsla Vísindanefndar Sameinuðu þjóðanna (UNSCEAR) mun einnig birtast árið 2013. Úr þessu er hins vegar ólíklegt að sú niðurstaða breytist, að afleiðingar slyssins séu það takmarkaðar að varla verði unnt að greina þær með faraldsfræðilegum rannsóknum með afgerandi hætti. Áhrif náttúruhamfaranna hafa hins vegar verið mikil og er þó ekki allt enn komið fram.

⁹ Athyglin var ekki síst vegna fréttar sem Reuters dreifði hnattrænt til fjölmiðla: <http://www.reuters.com/article/2011/03/22/us-japan-quake-ctbto-radiation-idUSTRE72L27820110322>

¹⁰ Sjá http://www.nks.org/en/news/nks_fukushima_seminar_program_final.htm

6 HEIMILDIR

- Elísabet D. Ólafsdóttir, Sigurður Emil Pálsson, Sigurður M. Magnússon og Kjartan Guðnason 1999: Distribution and origin of Cs-137 in the ocean around Iceland - an indicator of man-made radioactivity. Rit Fiskideildar 16: 69-77.
- Elísabet D. Ólafsdóttir 2005: Mælingar á ¹³⁷Cs í sjó við Ísland – samvinnuverkefni í 15 ár. Í: Þættir úr vistfræði sjávar 2004. Hafrannsóknastofnunin, fjölrít nr. 116: 19-22.
- Kjartan Guðnason, Sigurður Emil Pálsson, Elísabet D. Ólafsdóttir og Sigurdís Gunnarsdóttir 2008: Vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins 2007. Radioactivity in the environment and food in Iceland 2007. Geislavarnir ríkisins, GR 08:02, 16 s.
- Kjartan Guðnason, Sigurður Emil Pálsson, Elísabet D. Ólafsdóttir, Sigurdís Gunnarsdóttir og Óskar Halldórsson Holm 2009: Vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins 2008. Radioactivity in the environment and food in Iceland 2008. Geislavarnir ríkisins, GR 09:02, 16 s.
- Kjartan Guðnason, Sigurður Emil Pálsson, Elísabet D. Ólafsdóttir, Sigurdís Gunnarsdóttir og Óskar Halldórsson Holm 2010: Vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins 2009. Radioactivity in the environment and food in Iceland 2009. Geislavarnir ríkisins, GR 10:01, 17 s.
- Kjartan Guðnason, Sigurður Emil Pálsson, Óskar Halldórsson Holm, Elísabet D. Ólafsdóttir og Sigurdís Gunnarsdóttir 2011: Vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins 2010. Radioactivity in the environment and food in Iceland 2010. Geislavarnir ríkisins, GR 11:04, 18 s.
- International Atomic Energy Agency Technical Report Series No. 295: Measurements of Radionuclides in Food and the Environment – A Guidebook. Wien, 1989.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Ólafur Arnalds, Sigurður Emil Pálsson, Brenda J. Howard, Kjartan Guðnason 2005: Radiocaesium fallout behaviour in volcanic soils in Iceland. Journal of Environmental Radioactivity 79(1): 39-53.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Sigurður Emil Pálsson, Kjartan Guðnason, Elísabet D. Ólafsdóttir og Sigurdís Gunnarsdóttir 2005a: Geislavirk efni í umhverfi og matvælum 1989-2003. Radioactivity in the environment and food in Iceland 1989-2003. Geislavarnir ríkisins, GR 05:03, 45 s.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Kjartan Guðnason, Elísabet D. Ólafsdóttir, Sigurður Emil Pálsson og Sigurdís Gunnarsdóttir 2005b: Vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins 2004. Radioactivity in the environment and food in Iceland 2004. Geislavarnir ríkisins, GR 05:04, 15 s.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Kjartan Guðnason, Elísabet D. Ólafsdóttir, Sigurður Emil Pálsson og Sigurdís Gunnarsdóttir 2006: Vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins 2005. Radioactivity in the environment and food in Iceland 2005. Geislavarnir ríkisins, GR 06:02, 16 s.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Kjartan Guðnason, Elísabet D. Ólafsdóttir, Sigurður Emil Pálsson og Sigurdís Gunnarsdóttir 2007: Vöktunarmælingar Geislavarna ríkisins 2006. Radioactivity in the environment and food in Iceland 2006. Geislavarnir ríkisins, GR 07:03, 15 s.
- Sigurður Emil Pálsson, Kristbjörn Egilsson, Skarphéðinn Þórisson, Sigurður M. Magnússon, Elísabet D. Ólafsdóttir og Kári Indriðason 1994: Transfer of radiocaesium from soil and plants to reindeer in Iceland. Journal of Environmental Radioactivity 24: 107-125.
- Sigurður Emil Pálsson, Ólafur Arnalds, Magnús Á. Sigurgeirsson, Kjartan Guðnason, Brenda J. Howard, Simon M. Wright, Þórunn Pálsdóttir 2002: Cs-137 fallout inventories in Iceland - estimating deposition from precipitation data. Radioprotection 37: 1223-1228.
- Sigurður Emil Pálsson, Brenda J. Howard, Simon M. Wright 2006: Prediction of spatial variation in global fallout of ¹³⁷Cs using precipitation. Science of the Total Environment 367: 745-756.
- Veðurstofa Íslands, útdráttur úr Veðráttunni á vef: http://www.vedur.is/Medaltalstoflur-txt/Stod_001_Reykjavik.ArsMedal.txt nóvember 2012.