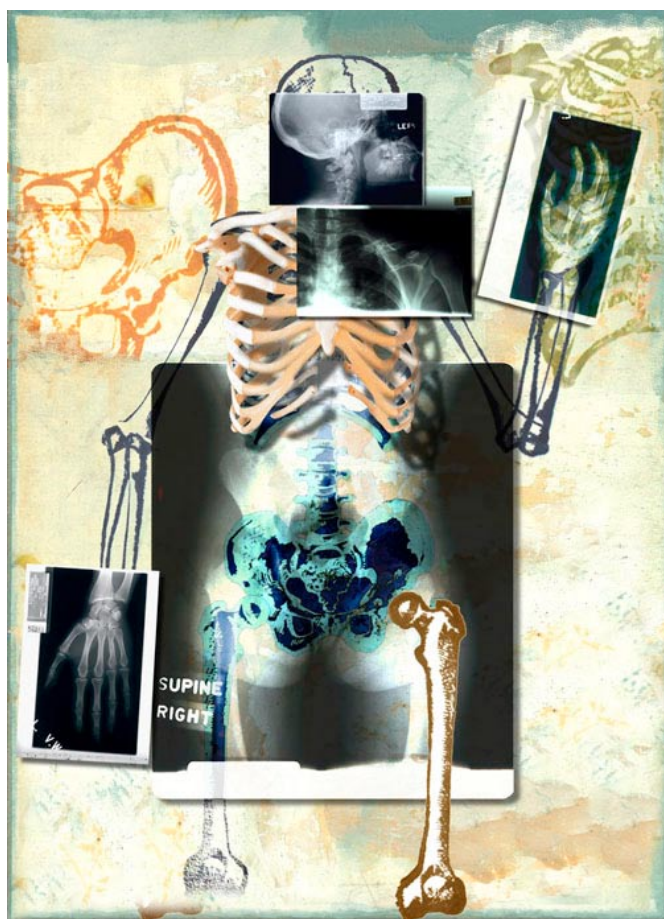

GEISLAÁLAG STARFSFÓLKS SEM VINNUR VIÐ JÓNANDI GEISLUN Á ÍSLANDI. YFIRLIT FYRIR ÁRIÐ 2005

Occupational Radiation Exposure in Iceland.
Overview for 2005.



GEISLAVARNIRRÍKISINS
ICELANDIC RADIATION PROTECTION INSTITUTE

Guðlaugur Einarsson

**Geislaálag starfsfólks sem
vinnur við jónandi geislun á
Íslandi. Yfirlit fyrir árið 2005**

*Occupational Radiation Exposure in Iceland.
Overview for 2005.*

Guðlaugur Einarsson

Maí 2006
Geislavarnir ríkisins
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík
sími: 5528200 fax: 5528202
www.geislavarnir.is
netfang: gr@gr.is
ISBN-978-9979-9756-0-1



GEISLAVARNIR RÍKISINS

ICELANDIC RADIATION PROTECTION INSTITUTE

**Geislaálag starfsfólks sem
vinnur við jónandi geislun á Íslandi
Yfirlit fyrir árið 2005**

Efnisyfirlit

SAMANTEKT	3
ENGLISH SUMMARY	3
BAKGRUNNUR.....	4
FRAMKVÆMD	5
NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA	7
HEIMILDIR	12
HEIMILDIR	13
VIÐAUKI 1. DÆMI UM ÁRNIÐURSTÖÐUR DEILDA	14
VIÐAUKI 2. GRUNNSTÆRÐIR OG MÆLIEININGAR GEISLAVARNA	15
VIÐAUKI 3. TÖFLUR UM MEÐAL- OG HEILDARGEISLAÁLAG ÁRANNA 1998-2004	19

Samantekt

Kynnt er árleg samantekt Geislavarna ríkisins á niðurstöðum um geislaálag starfsfólks sem vann við jónandi geislun á árinu 2005. Samtals báru 524 einstaklingar geislaálag á síðasta ári og starfa þeir hjá 85 fyrirtækjum og stofnunum. Um 90% þeirra vinna við störf tengd heilbrigðisþjónustunni og 65% starfa við læknisfræðilega myndgreiningu. Af þessum 524 einstaklingum mældist geislun hjá 103 eða 19,7 %. Meðalgeislaálag var 0,14 mSv ef miðað er við alla sem báru geislaálag, en ef eingöngu er miðað við þá starfsmenn sem geislun mældist hjá er meðalgeislaálagið 0,72 mSv. Hæðsta geislaálagið var 5,8 mSv hjá starfsmanni í almennri röntgengreiningu. Eingöngu 17 einstaklingar voru með geislaálag á bilinu 1 – 5 mSv og 24 voru á bilinu 0,5 – 1 mSv. Þannig voru 96,6% allra með geislaálag undir 1 mSv, sem er 1/20 af hámarks leyfilegu árlegu geislaálagi samkvæmt reglugerð 627/003 um hámarks geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun. Hópgeislaálag var 0,074 manSv, sem er lægra en á síðasta ári (0,098 manSv) og lægra en meðaltal síðustu 10 ára (0,108 manSv).

English summary

This report presents the annual results of the individual monitoring service for occupational exposure at the Icelandic Radiation Protection Institute for 2005. The report is distributed to all departments and facilities where workers have carried personal dosimeters from the Institute in 2005.

A total of 524 workers carried a personal dosimeter in 2005 and they worked at 85 departments or companies. About 90% of them work in the healthcare sector or healthcare related activities and 65% are involved with diagnostic radiology. Of these 524 workers 19,7% (103) received a dose above the recording level. The accumulated average effective dose (Hp10) was 0,14 mSv for all workers and 0,72 mSv for the workers that received a dose above the recording level. The highest dose was 5,8 mSv for a worker in diagnostic radiology. There were 17 workers with doses between 1 – 5 mSv and 24 workers with doses between 0,5 – 1 mSv. Of the 103 workers with recorded doses 17,5% received doses above 1 mSv and 96,6% of all monitored workers received a dose below 1 mSv. The annual collective effective dose was 0,074 manSv, which is much lower than last years (2004) 0,098 man Sv and last 10 years average of 0,108 manSv.

Bakgrunnur

Reglubundið eftirlit með geislaálagi starfsmanna sem vinna við jónandi geislun er eitt af þeim lögbundnu verkefnum sem GR annast og er mikilvægur þáttur í starfsemi stofnunarinnar. Geislavarnir ríkisins (GR) starfa samkvæmt lögum um geislavarnir nr. 44/2002. Í reglugerð nr. 627/2003 er fjallað um hámarks geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun. Í reglugerðinni kemur fram að hámarks leyfilegt geislaálag, miðað við jafndreifða geislun á allan líkamann er 20mSv/ári. Við sérstakar aðstæður geta GR þó heimilað að geislaálag starfsmanns verði allt að 50 mSv einstakt ár en það má þó ekki verða meira en 100 mSv á hverju 5 ára tímabili. Til viðbótar er gerð sú krafa að þess skuli jafnframt gætt að öll geislun starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun sé eins lítil og unnt er að teknu skynsamlegu tilliti til efnahagslegra og þjóðfélagslegra aðstæðna

Markmið eftirlitsins er að afla upplýsinga um geislaálag þeirra einstaklinga sem starfa við jónandi geislun í samræmi við ákvæði 5. gr., laga nr. 44/2003 og staðfesta að vinnuaðstæður séu þannig að geislaálag starfsmanna sé innan leyfilegra marka. Einnig veitir eftirlitið mikilvægar upplýsingar um þá staði og starfsaðstæður þar sem geislaálag starfsmanna er hátt og nýtist þannig við reglubundið eftirlit á þeim stöðum.

Hjá stofnunni eru geymdar upplýsingar um geislaálag þeirra sem hafa unnið við jónandi geislun á Íslandi bæði innlendra sem erlendra starfsmanna. Samkvæmt lögum um geislavarnir er skylt að varðveita gögn um geislaálag starfsmanna allan þann tíma sem einstaklingur starfar við jónandi geislun og allt þar til hann verður 75 ára eða hefði orðið það, en undir engum kringumstæðum skemur en í 30 ár. Hjá GR eru varðveittar mælifilmur sem notaðar hafa verið frá upphafi þessara mælinga á Íslandi eða síðan 1963. Í rafrænum gagnagrunni eru til mæliniðurstöður frá 1989.

Gagnagrunnskerfið sem notað er við skráningu og geymslu upplýsinga um geislaálag starfsmanna uppfyllir kröfur sem gerðar eru um slíka skráningu af m.a. UNSCEAR (1) og ESB (2).

Framkvæmd

Danska geislavarnastofnunin (SIS) veitir Geislavörnum ríkisins mikilvæga aðstoð við framkvæmd á eftirliti með geislaálagi starfsmanna, hvað varðar innkaup á filmum og geislun á kvörðunarfilmum. Fyrir hvert mælitímabil sendir SIS stofnuninni 5-600 mælifilmur sem og kvörðunarfilmur. Kvörðunarfilmurnar eru geislaðar hjá SIS með fyrirfram þekktum geislaskammti. Þessar filmur eru síðan framkallaðar hjá GR með samsvarandi mælitímabili notenda. Kvörðunarfilmunar gera kleift að meta og reikna út þá geislun sem filmur notenda verða fyrir út frá svertu á framkölluðum filmum.

Notaðar eru sérstakar filmur "Kodak Type 2" sem settar eru í filmuhylki af gerðinni "AERE/RPS", þessar filmur eru síðan bornar af starfsmönnum í 2ja mánaða tímabilum.

Eitt fyrirtæki á Íslandi notar einnig mælihylki til þess að meta geislaálag starfsmanna vegna vinnu við orkuháa nifteindageislun. Geislavarnir ríkisins hafa frá því í febrúar 2004 keypt nifteindamælihylki frá Health Protection Agency (HPA) í Englandi vegna þessa. Nifteindamælihylki eru borin í 3 mánuði í senn.



Mynd 1. Filmuhylki
Film badges used exclusively

Hver einstaklingur sem fær mælifilmu er skráður í geislaálagsgagnagrunn (e. dose register) stofnunarinnar samkvæmt kennitölu. Mælifilmurnar eru bornar í tvo mánuði í senn, þannig að mælitímabilin eru 6 á ári. Starfsfólk við röntgengreiningu sem notar blýgúmmísvuntu við vinnu sína á að bera mælifilmuna undir henni.

Sú geislun sem lesin er af mælifilmunum og skráð er í gagnagrunninn, er **vegið geislaálag** (e. effective dose (E)) (3). Litið er svo á að geislunin sé jöfn á allan búkinn. Í gagnagrunninum er geislaálag skráð í 0,1 mSv þrepum (e. reporting level) (4) og geislaálag undir 0,05 mSv er skráð sem núll. Ef einstaklingur fær 1 mSv á einu einstöku mælitímabili þá er það skoðað nánar (e. investigation level) (4) í samstarfi við ábyrgðarmann og/eða starfsmanninn sjálfan á viðkomandi stað.

Mikilvægt er að geislaælifilma sé skilað til framköllunar og mats, strax eftir 2ja mánaða notkun. Hægt er með nægilegri nákvæmni að meta geislaælifilma sem koma einu til tveimur mælitímabilum of seint til framköllunar. Mælifilma sem koma til framköllunar meira en tveimur mælitímabilum of seint, eru framkallaðar og metnar, en niðurstöður eru ekki skráðar í gagnagrunninn. Mælifilma sem eru orðnar 1 árs gamlar eru ekki framkallaðar eða metnar.

Notkun mælifilma er ekki takmörkuð af hálfu stofnunarinnar. Þeir sem starfa með jónandi geislun geta fengið mælifilma hjá Geislavörnum ríkisins, sé þess óskað af ábyrgðarmanni starfseminar. Á hverju ári er innheimt sérstakt gjald fyrir hvern notanda og er miðað við fjölda filma í samræmi við gildandi gjaldskrá sem gefin er út af Heilbrigðisráðuneytinu (5). Stofnunin hefur gefið út sérstakt rit með leiðbeiningum um skilgreiningu og afmörkun vinnusvæða og flokkun starfsmanna í geislastarfsmenn í flokki A og B, í samræmi við reglugerð nr. 627/2003 um háværk geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun (6). Þar er að finna annars vegar leiðbeinandi listi um þær vinnuáðstæður þar sem einstaklingsbundið eftirlit er nauðsynlegt og hins vegar þær vinnuáðstæður þar sem þess er ekki krafist.

Samhliða því að þessi skýrsla er send til viðskiptavina er einnig sent yfirlit um niðurstöður fyrir alla starfsmenn á hverjum stað, þar sem fram kemur fjöldi útsendra filma á hvern einstakling, geislaálag fyrir hvert tímabil og meðalgeislaálag ársins fyrir hvern starfsmann. Einnig kemur fram svokölluð “afdrif” filma, þ.e. hvort filma er óendurheimt fyrir tímabilið, hvort hún hafi komið til baka ónotuð eða að ekki var hægt að meta hugsanlega geislun á henni vegna þess að filman hafi botnað á notkunartímabilinu (t.d. farið í þvott með fötum starfsmanns) eða vegna þess að hún kemur of seint tilbaka. Sjá dæmi um slíkt yfirlit í viðauka 1.

Niðurstöður og umræða

Í geislaálagsgagnagrunni stofnunarinnar eru nú upplýsingar um geislaálag hátt í 1800 einstaklinga sem starfað hafa við jónandi geislun frá árinu 1989. Á árinu 2005 báru 524 starfsmenn mælifilmur frá stofnuninni og starfa þeir hjá 85 fyrirtækjum og stofnunum. Stærstur hluti þeirra eða um 90% vinna störf sem tengjast heilbrigðisþjónustunni og 65% starfa við notkun jónandi geislunar við læknisfræðilega myndgreiningu. Starfsmenn við notkun tannröntgentækja eru rúmlega 9% og starfsmenn við dýralækningar eru tæplega 4%. Um 5% unnu við geislameðferð og rúmlega 9% unnu með geislavirk efni á rannsóknarstofum og sjúkrahúsum.

Á árinu 2005 voru sendar út til notenda 2765 filmur, þar af komu 1,8 % til baka ónotaðar og var þeim eytt úr kerfinu, en um 10 % af útsendum filmum skiluðu sér ekki til framköllunar og mats á geislaálagi af ýmsum ástæðum. Þegar reiknað er út hópgeislaálag er hugsanlegt geislaálag á óendurheimtum filmum áætlað inn í niðurstöðurnar.

Í **töflu 1** er sýnt meðal- og hópgeislaálag fyrir alla hópa starfsmanna flokkað eftir tegund starfa (þ.e. eftir starfskóða). Fram kemur að meðaársgeislaálag allra starfsmanna er 0,14 mSv og ef eingöngu er litið til þeirra starfamanna sem eru með mælanlega geislun er meðageislaálag þeirra 0,72 mSv. Einnig kemur fram að samanlagt geislaálag (hópgeislaálag) er 74,35 mSv. Til samanburðar má geta þess að samsvarandi meðalgeislaálag í Danmörku er 0,13 mSv og 0,65 mSv (7). Í Noregi er það 0,42 mSv og 2,37 mSv, en þar verður að taka með í reikninginn að þar eru filmuhyli borin fyrir utan blýsvuntu, þar sem það á við og raunverulegt geislaálag er því um 10-40% af þessum tölum (um 0,16 og 0,95 mSv) (8).

Í töflu 1 kemur einnig fram að hæsta meðalársgeislaálag starfsmanna, er hjá starfsmönnum við hjartaþræðingar (1 staður) með 0,69 mSv. Þar á eftir eru starfsmenn á rannsóknarstofu í flokki B (1 staður) með 0,54 mSv. Ef eingöngu er litið á meðalársgeislaálag þeirra einstaklinga sem voru með mælanlega geislun þá eru það starfsmenn á rannsóknarstofu B hæðstir með 1,2 mSv (6 starfsmenn), á meðan starfsmenn við hjartaþræðingar eru með 1,1 mSv (19 starfsmenn). Hæsta geislaálag starfsmanns er 5,8 mSv fyrir allt árið. Um er að ræða starfsmann við almenna röntgengreiningu. Meðalársgeislaálag á röntgendeildum (starfskóði 01) er 0,14 mSv.

Í **töflu 2** sést dreifing geislaálags í stærðarflokkum og er flokkað eftir tegund starfa. Í heild eru 524 notendur mælifilma og þar af eru 421 ekki með mælanlegt geislaálag ($E=0$). Engin starfsmaður er með yfir 6 mSv og hæðsta geislaálagið er 5,8 mSv hjá starfsmanni í almennri röntgengreiningu. Samtals eru 17 starfmenn með geislaálag á bilinu 1 – 5 mSv og því eru 96,6% starfsmanna með geislaálag sem er undir 1 mSv (1/20 af leyfilegu hámarks geislaálagi).

Í læknisfræðilegri myndgreiningu eru 393 notendur mælifilma sem er svipað og undanfarin ár en þó hefur notendum fækkað almennt (sjá einnig mynd 3). Líklega ástæða er sú að betur gengur að skilgreina þá notendur sem þurfa raunverulega að nota mælifilmur.

Tafla 1. Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2005, flokkun eftir tegund starfa.

Accumulated annual average doses and collective doses for 2005, grouped according to designated activity codes.

	Starfs- kóði (Activity code)	Fjöldi starfs- manna (No. of workers)	Fjöldi starfsmanna með E = 0 (No. workers with E=0)	Hlutfall starfsmanna með E > 0 (Workers with E>0) (%)	Meðal- ársgeislaálag (Average annual dose) (mSv)	Meðalársgeisla- álag f. starfsm. með E > 0 (Average annual dose f. workers with E>0) (mSv)	Hóp- geislaálag (Collective effective dose) (mSv)
Almenn röntgengreining (<i>Diagnostic imaging</i>)	1	261	201	23,0	0,140	0,630	37,76
Hjartapræðingar (<i>Cardiology</i>)	2	31	12	61,3	0,690	1,120	21,32
Brjóstamyndatökur (<i>Mammography</i>)	3	14	11	21,4	0,030	0,140	0,43
Röntgengreining á skurðstofum (<i>Surgery</i>)	4	19	16	15,8	0,020	0,130	0,40
Röntgengreining hjá tannlæknum (<i>Dentistry</i>)	5	48	47	2,1	0,010	0,600	0,60
Röntgengreining hjá dýralæknum (<i>Vetenary</i>)	6	20	20	0,00	0,000	0,000	0,00
Geislalækningar (<i>Radiation Therapy</i>)	10	25	23	8,00	0,090	1,060	2,13
Rannsóknarstofa tegund B (<i>Labt. level B</i>)	22	3	2	33,3	0,100	0,300	0,30
Rannsóknarstofa tegund C (<i>Labt. level C</i>)	21	11	6	45,5	0,540	1,180	5,91
Rannsóknarstofa tegund D (<i>Labt. level D</i>)	25	35	33	5,7	0,010	0,200	0,40
Færanleg tæki (iðnaðarröntgen) (<i>NDT mobile</i>)	32	15	14	6,7	0,070	1,100	1,10
Hreyfanlegar lokaðar lindir (<i>Mobile sealed s.</i>)	42	31	25	19,5	0,130	0,670	4,00
"X-ray diffraction" tæki (<i>Diffraction eq.</i>)	55	3	3	0,00	0,000	0,000	0,00
Öryggi og eftirlit (<i>Safety and inspection</i>)	82	8	8	0,00	0,000	0,000	0,00
Læknisfræðileg myndgreining (Medical Imaging)		393	307	21,9	0,154	0,700	60,51
Geislalækningar (Radiation Therapy)		25	23	8,00	0,085	1,060	2,13
Opnar geislalindir í lækningum (Unsealed sources in medicine)		49	41	16,3	0,135	0,830	6,61
Efnisrannsóknir (NDT and safety)		57	50	12,3	0,089	0,730	5,10
Samtals (Total)		524	421	19,7	0,142	0,720	74,35

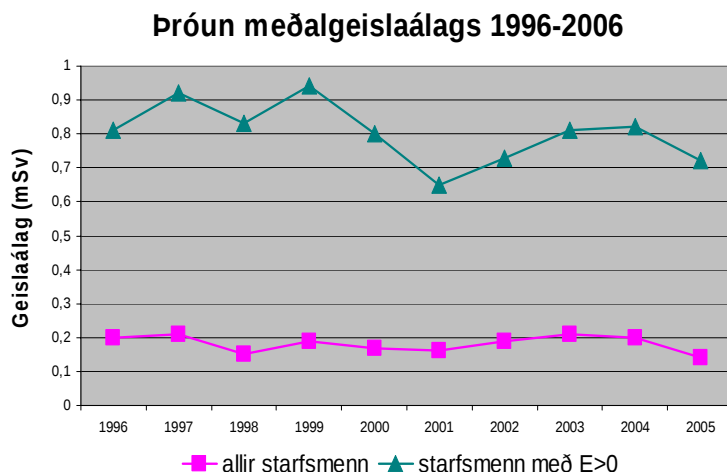
Ath. E stendur fyrir geislaálag í þessari töflu.

Tafla 2. Dreifing geislaálags árið 2005, flokkun eftir tegund starfa
Distribution of doses according to size and activity codes (same as in table 1)

Fjöldi starfsmanna / ársgeislaálag í stærðarflokkum																
	Starfs- kóði	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5- 0,6	0,7- 0,9	1,0- 1,9	2,0- 2,9	3,0- 3,9	4,0- 4,9	5,0- 6,9	7,0- 9,9	>10,0	Heild. fjöldi
Almenn röntgengreining	1	201	22	10	3	1	6	11	3		3		1*			261
Hjartaþræðingar	2	12	2	4	2		2	4	1	1	2	1				31
Brjóstamyndatökur	3	11	2	1												14
Röntgengr. á skurðstofum	4	16	2	1												19
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	47					1									48
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	20														20
Geislalækningar	10	23	1							1						25
Rannsóknastofa tegund B	22	2			1											3
Rannsóknastofa tegund C	21	6	2						2	1						11
Rannsóknastofa tegund D	25	33	1		1											35
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	14							1							15
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	25	1				2	2	1							31
"X-ray diffraction" tæki	55	3														3
Öryggi og eftirlit	82	8														8
Læknisfræðileg myndgreining		307	28	16	5	1	9	15	4	1	5	1	1	0	0	393
Geislalækningar		23	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	25
Opnar geislalindir í lækningum		41	3	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	49
Efnisrannsóknir, "x-ray diffrr."		50	1	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	57
Samtals		421	33	16	7	1	11	17	8	3	5	1	1	0	0	524

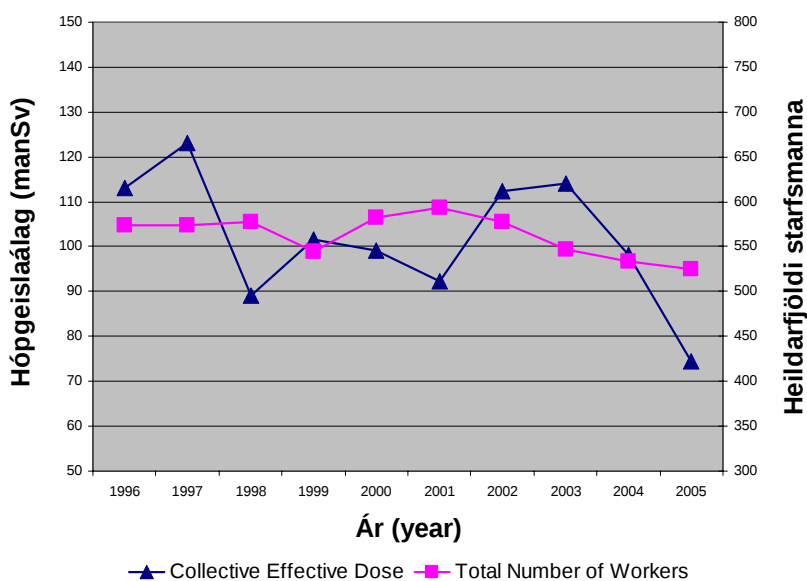
* Hámarks gildi var 5,8 mSv

Þróun meðalgeislaálags starfsmanna er sýnt í mynd 2 frá árinu 1996. Annars vegar er um að ræða meðalgeislaálag miðað við alla sem báru filmur (neðri línan) og hins vegar miðað eingöngu við þá sem voru með mælanlega geislun á hverjum tíma ($E > 0$) (efri línan).



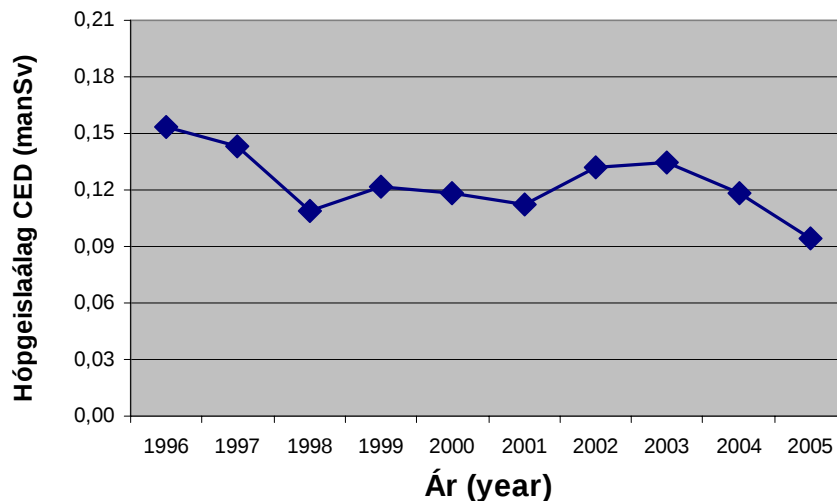
Mynd 2. Þróun meðalgeislaálags 1996-2005. Annual effective dose for the past 10 years, for all monitored workers (lower line) and workers with $E > 0$ (upper line).

Á mynd 3 er sýnd þróun hópgeislaálags (allir geislaskammtar lagðir saman) fyrir sama tímabil, ásamt fjölda einstaklinga hverju sinni. Árið 1999 fækkaði notendum í almennri röntgengreiningu en notendum á rannsóknarstofum fjölgaði árið 2000, en hefur fækkað aftur. Miklar sveiflur í hópgeislaálagi á milli ára stafar fyrst og fremst af miklum áhrifum af háu geislaálagi einstakra starfsmanna.



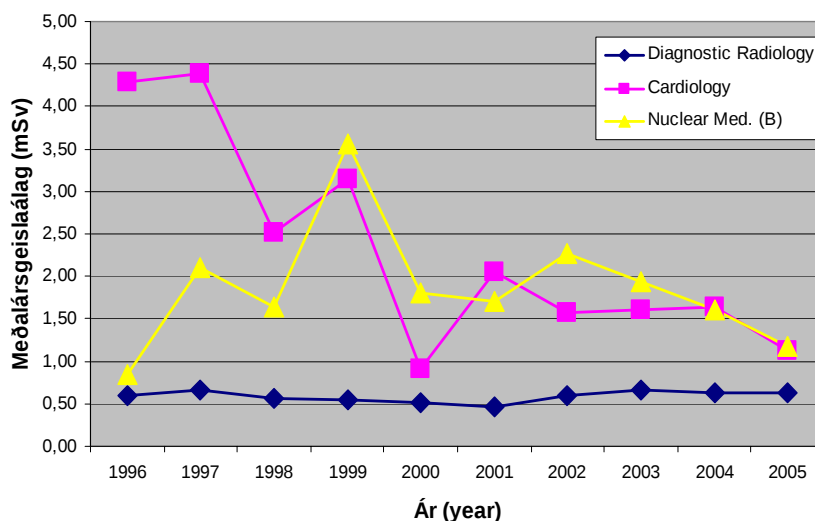
Mynd 3. Þróun hópgeislaálags og fjöldi starfsmanna með mælifilmur á árunum 1996-2005. Collective Effective Dose and the total number of workers monitored in 1996 - 2005

Á mynd 4 er sýnd þróun hópgeislaálags (Collective effective dose) fyrir sama tímabil (manSv er skilgreind mælieining fyrir hópgeislaálag, sjá viðauka 2) og er þá búið að bæta við áætluðu geislaálagi vegna týndra filma, filma sem bárust of seint og geislunar undir greiningarmörkum



Mynd 4. Þróun hópgeislaálags síðustu 10 ár. *Trend in CED (corrected for lost and late dosimeters and for doses below detection limit) over the last 10 years .*

Á mynd 5 er sýnd þróun í meðalgeislaálagi fyrir nokkur starfssvið á tímabilinu 1996-2005 og starfsmenn sem eru með mælanlega geislun. Greinileg og stöðug lækkun er hjá starfsmönnum við hjartaþræðingar (cardiology), sem skýrist m.a. af því að í þessum flokki hefur starfsmönnum fjölgað umtalsvert.



Mynd 5. Þróun meðalgeislaálags á þremur starfssviðum síðustu 10 ár. *Trend in average Effective Dose for selected worker categories and workers with E>0*

Heimildir

1. UNSCEAR, 1982, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. 1982 Report to the General Assembly*, UN Publication. Sales No. E.82IX.8 06300P (New York: UN).
2. Christensen P., Julius H.W. and Marshall T.O., 1989, Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation (Revision of Report EUR 5287), Commission of the European Communities, Radiological Protection - XX.
3. International Commission on Radiological Protection, *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Publication 60, Pergamon Press, Oxford (1990).
4. European Commission, *Radiation Protection 73*, Technical recommendations for monitoring individuals occupationally exposed to external radiations. EI 14852 EN, 1994.
5. Gjaldskrá Geislavarna ríkisins fyrir árið 2005.
(<http://www.geislavarnir.is/vidskiptavinir/gjaldskra>)
6. Geislavarnir ríkisins, GR04:09. Leiðbeiningar um eftirlit með geislaálagi starfsmanna sem vinnur við jónandi geislun. Flokkun starfsmanna og vinnusvæða. Geislavarnir ríkisins, 2004.
(http://www.geislavarnir.is/media/leidbeiningar//Leidbeiningar_um_eftirlit_med_geislaalagi_starfsmanna.pdf).
7. Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålehygiejne, Dosisovervågning av stråleudsatte arbejdstagere, Maj 2001.
8. Statens Strålevern, Yrkeseksponering i Norge. Rapport 2005:15 (2005).
(www.nrpa.no)



Geislavarnir ríkisins
Eftirlitssvið
Brynjar Örn Ragnarsson
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík - Ríkisstofnanir

Geislaálag starfsfólks ársyfirlit

Yfirlit fyrir árið: 2004

Nafn	Fd. mán	Starfskóði	Jan - feb	Mars - apr	Mai - júní	Júlí - ágúst	Sept - okt	Nóv - des	Árs- geislaálag mSv.	Fjöldi filma
Brynjar Örn Ragnarsson	0101	82				0,0	0,0	0,0	0,0	3
Guðlaugur Einarsson	0611	82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
Jon Gitz Holler	2302	82				0,0	Ath 7		0,0	2
Jóna Gréta Einarisdóttir	0711	82	0,0	0,0	0,0	Ath 7	Ath 7		0,0	5
Kjartan Guðnason	2511	82	0,0	Ath 7	0,0	Ath 7	0,0	0,0	0,0	6
Magnús Sigurgeirsson	1110	82	Ath 7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
Sigurður Emil Pálsson	1606	82	0,0	Ath 7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
Borgeir Sigurðsson	1401	82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
Bórdís Ósk Helgadóttir	2301	82			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5

Ath 1: filma hefur ekki borist til aflestrar

Ath 2: filma biður aflestrar

Ath 4: filma ónýt v/ raka

Ath 6: filma ónýt vegna aldurs

Ath 7: filma ónotuð

Mæligildi undir 0,05 mSv eru skráð sem 0

Viðauki 2. Grunnstærðir og mælieiningar geislavarna

Alþjóðleg hugtök í geislavörnum hafa einkum verið mótuð af alþjóðlegri nefnd vísindamanna, Alþjóða geislavarnaráðinu, ICRP (International Commission on Radiological Protection). Árið 1991 gaf ráðið út nýjar meginleiðbeiningar um geislavarnir í ritinu ICRP-60 og var þar heitum ýmissa stærða breytt, heiti mælieininga breyttust hins vegar ekki. Flest lönd og öll alþjóðasamtök nota nú SI-einingar við stærðir tengdar geislavörnum. Eldri einingar eru þó víða enn notaðar (t.d. í Bandaríkjunum) og þær er að finna í mörgum ritum og töflum.

Í eftirfarandi samantekt eru nokkrar grunnstærðir geislavarna tilgreindar og mælieiningar þeirra. Ensk (alþjóðleg) heiti á stærðum og mælieiningum eru gefin, bæði þau nýju og gömlu. Jafnframt er gefin einföld skilgreining eða skýring á viðkomandi stærð. Fæst íslensku heitanna hafa unnið sér sess í tungunni og verður því tíminn að skera úr um hversu vel þau reynast.

Stærð	Mælieining			
Heiti	Tákn	Tákn	Íslenskt heiti (alþjóðlegt í sviga)	SI grunn- einingar
Virkni, geislavirkni (activity)	A	Bq	bekerel (becquerel)	1 / s
Raffræðilegur geislaskammtur (exposure)	X	(R)	(röntgen)	C / kg
Geislaskammtur (absorbed dose, tissue dose)	D	Gy	grei (gray)	J / kg
Hlutálag, hlutgeislaálag (equivalent dose)	H _T	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Geislaálag (effective dose)	E	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Geislabyrði (committed effective dose)	E(τ)	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Eðlisbyrði, eðlisgeislabyrði (dose coefficient)	e(τ)	Sv / Bq		J / kg . s
Hópálag, hópgeislaálag (collective effective dose)	S	manSv	mannsívert (mansievert)	J / kg

Hér koma nánari skilgreiningar á ofangreindum stærðum. Ensk (alþjóðleg) heiti eru gefin í sviga. Þar eru einnig gefin eldri heiti stærða og eininga, sem enn eru í notkun sums staðar, t.d. í Bandaríkjunum. Einingin „röntgen“ er ekki hluti hins alþjóðlega einingakerfis (SI), $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C / kg}$

Virgni, geislavirgni (activity)

Virgni kjarntegundar er:

$$\text{Meðalfjöldi kjarnbreytinga á tímaeiningu, } A = \frac{dN}{dt}$$

SI-eining: bekerel (becquerel), Bq

Eldri eining: kúrí (curie), Ci, $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

Geislaskammtur (absorbed dose, tissue dose)

Geislaskammtur jónandi geislunar í efni er:

$$\text{Meðalorkuaukning efnis á massaeiningu vegna jónandi geislunar, } D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$$

Geislaskammtur jónandi geislunar í tilteknum vef eða líffæri (auðkennt er með T) er:

Heildarorkuaukning vefs (eða líffæris) vegna jónandi geislunar, deilt með massa

$$\text{vefsins, } D_T = \frac{\varepsilon_T}{m_T}$$

SI-eining: grei (gray), Gy

Eldri eining: rad, $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$

(Stundum er einingin „cGy“ notuð. Í reynd er þá verið að halda í gömlu eininguna „rad“ því $1 \text{ cGy} = 1 \text{ rad}$)

Raffræðilegur geislaskammtur (exposure)

Raffræðilegur geislaskammtur er:

Sá skammtur röntgen- eða gammageisla sem leiðir til myndunar einingarskammts af jónum af hvoru formerki fyrir sig (+ og -) í massaeiningu af lofti.

Þessari mælistærð hefur ekki verið gefin sérstök eining í SI-kerfinu. Reynt hefur verið að láta mælistærðina *geislaskammt* koma í stað *raffræðilegs geislaskammts*. Stærðirnar meta mismunandi áhrif jónunar á massaeiningu:

Geislaskammtur: Meðalorkuaukning á massaeiningu

Raffræðilegur geislaskammtur: Magn jónunar í massaeiningu

Mælistærðin *raffræðilegur geislaskammtur* er engu að síður enn mikið notuð, enda lýsir hún beint því sem mörg mælitæki mæla.

Eining í gamla kerfinu: röntgen, R $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C / kg}$

Hlutálag, hlutgeislaálag (*equivalent dose*)

Hlutálag geislunar í ákveðnum vef (eða líffæri), auðkenndum með táknum T , er:

Geislaskammtur líffæris T margfaldaður með vægisstuðli viðkomandi geislunar,

$$H_T = w_R \cdot D_T$$

Vægisstuðull geislunar, w_R , miðast við líffræðilega virkni hennar. Þessi stuðull er 1 fyrir fótónur og rafeindir (beta-geislun), en 20 fyrir alfa-geislun.

SI-eining: sívert (sievert), Sv

Eldra heiti á ensku: *dose equivalent*

Eldri eining: rem 1 rem = 0,01 Sv

Áður var vægisstuðull „Q“ notaður í stað „ w_R “. Töluleg gildi voru þau sömu.

Geislaálag (*effective dose*)

Geislaálag gefur beint mat á áhættu einstaklings vegna jónandi geislunar í lágum skömmtum. Geislaálag er reiknað sem:

Vegið meðaltal hlutgeislaálags líffæra líkamans, þar sem hvert líffæri hefur vægisstuðul í samræmi við hlut þess í heildaráhættu líkamans, $E = \sum_T w_T \cdot H_T$

Eldra heiti á ensku og tákn: *Effective dose equivalent, H_E .*

SI-eining: sívert (sievert), Sv (sama og fyrir *geislaskammtsjafngildi*)

Eldri eining: rem 1 rem = 0,01 Sv

Geislabyrði (*committed effective dose*)

Geislavirkt efni sem berst inn í líkama getur valdið geislaálagi löngu eftir inntökuna.

Geislabyrði er:

Heildargeislaálag af völdum allrar geislunar á gefnu tímabili τ frá geislavirku efni sem berst inn í líkamann.

$$E(\tau) = \int_0^{\tau} E(t) dt$$

Almennt er miðað við 50 ára tímabil fyrir starfsfólk sem vinnur við geislavirk efni. Geislabyrði er þá táknuð $E(50)$. Fyrir aðra er almennt miðað við geislaálag til 70 ára aldurs. Geislabyrði af völdum geislavirks efnis er háð því með hvaða hætti það berst inn í líkamann (um öndunar- eða meltingarveg). Það getur einnig verið háð efnafræðilegum eiginleikum þess efnasambands sem geislavirka efnið er bundið í. Sé viðmiðunartímabil ekki tilgreint, þá hefur venjulega verið miðað við 50 ár.

Geislabyrði hefur einnig verið nefnd: *Eftirfylgjandi geislaálag*

Eldra heiti á ensku og tákn: *Committed effective dose equivalent, $H_{E,50}$*

SI-eining: sívert (sievert), Sv (sama og fyrir *geislaálag*)

Eðlisbyrði, eðlisgeislabyrði (*dose coefficient* eða *committed effective dose per unit intake*)

Eðlisbyrði af völdum kjarntegundar í tilteknu efnasambandi er:

Geislabyrði af völdum einingarskammts af kjarntegund, sem berst með tilteknum hætti inn í líkamann

$$e(\tau) = \frac{E(\tau)}{A}$$

(Hér táknar A virkni kjarntegundarinnar)

SI-eining: sívert/bekerel, Sv/Bq

Hópálag, hópgeislaálag (*collective effective dose*)

Hópálag er mat á heildaráhættu hóps af völdum geislunar. Hópálag er:

Meðalgeislaálag einstaklinga í hópi margfaldað með fjölda þeirra $S = \bar{E} \cdot N$

Með svipuðum hætti má skilgreina *hópbyrði* (meðalgeislabyrði í hópi margfaldað með fjölda í honum). Venjulega þarf einnig að tiltaka viðmiðunarhóp og sé um hópbyrði að ræða, þá þarf að tiltaka tímabilið. Einstaklingarnir í hópnum þurfa ekki að vera uppi á sama tíma. Við mat á umhverfisáhrifum geislaamengunar er oft miðað við hópbyrði í tíu þúsund ár. Oft er ekki gerður greinarmunur á hvort um hópálag eða hópbyrði er að ræða, sérstaklega ef reiknað er með báðum þáttum.

Eining: mannsívert (manSv)

Eldra heiti á ensku: *Collective effective dose equivalent, S_E*

Algengur misskilningur er að skilgreina megí hópálag sem summu geislaálags einstaklinganna í hópnum. Geislaálag er eðlislæg (á ensku *intrinsic*) stærð eins og hiti, þrýstingur og eðlismassi. Merkingarlaust er að reikna samtölu eðlislægra stærða fyrir hóp (t.d. að finna heildarhita ákveðins hóps einstaklinga). Meðalgildi eðlislægra stærða eru hins vegar vel skilgreind (samanber meðalhiti).

Viðauki 3. Tölur um meðal- og heildargeislaálag áráanna 1998-2004

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2004, flokkun eftir tegund starfa

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalársgeislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Hóp- geislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	281	195	30,60	0,19	0,63	54,18
Hjartaþræðingar	2	27	12	55,56	0,91	1,64	24,57
Brjóstamyndatökur	3	12	9	25,00	0,04	0,17	0,52
Röntgengreining á skurðstofum	4	23	21	8,70	0,01	0,10	0,20
Röntgengreining hjá tannlæknum	5	36	36	0,00	0,00	0,00	0,00
Röntgengreining hjá dýralæknum	6	20	20	0,00	0,00	0,00	0,00
Geislalækningar	10	24	22	8,33	0,01	0,15	0,30
Rannsóknarstofa tegund B	22	10	2	80,00	1,28	1,60	12,79
Rannsóknarstofa tegund C	21	3	2	33,33	0,10	0,30	0,30
Rannsóknarstofa tegund D	25	42	42	0,00	0,00	0,00	0,00
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	14	13	7,14	0,24	3,40	3,40
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	32	30	6,25	0,07	1,05	2,10
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0,00	0,00	0,00	0,00
Öryggi og eftirlit	82	9	9	0,00	0,00	0,00	0,00
Læknisfræðileg myndgreining		399	293	26,57	0,20	0,75	79,47
Geislalækningar		23	21	8,70	0,01	0,15	0,30
Opnar geislalindir í lækningum		57	48	16,36	0,23	1,45	13,09
Efnisrannsóknir		57	54	5,26	0,10	1,83	5,50
Samtals		536	416	22,43	0,18	0,82	98,36

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2003, flokkun eftir tegund starfa.

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	288	194	32,64	0,21	0,66	61,88
Hjartaþræðingar	2	29	9	68,97	1,11	1,61	32,22
Brjóstamyndatökur	3	9	4	55,56	0,10	0,19	0,94
Röntgengr. á skurðstofum	4	33	31	6,06	0,01	0,20	0,40
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	43	43	0,00	0,00	0,00	0,00
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	11	11	0,00	0,00	0,00	0,00
Geislalækningar	10	24	22	8,33	0,01	0,10	0,20
Rannsóknarstofa tegund C	21	3	0	100,00	0,30	0,30	0,90
Rannsóknarstofa tegund B	22	8	1	87,50	1,69	1,93	13,50
Rannsóknarstofa tegund D	25	57	56	1,75	0,01	0,30	0,30
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	15	12	20,00	0,23	1,14	3,43
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	19	15	21,05	0,02	0,10	0,40
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0,00	0,00	0,00	0,00
Öryggi og eftirlit	82	6	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Læknisfræðileg myndgreining		413	292	29,30	0,23	0,79	95,44
Geislalækningar		24	22	8,33	0,01	0,10	0,20
Opnar geislalindir í lækningum		68	57	16,18	0,22	1,34	14,70
Efnisrannsóknir		42	35	16,67	0,09	0,55	3,83
Samtals		547	406	25,78	0,21	0,81	114,17

Ath. E stendur fyrir geislaálag í þessari og næstu töflum

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2002

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	294	194	34,0	0,20	0,60	60,4
Hjartaþræðingar	2	31	14	54,8	0,86	1,58	26,7
Brjóstamyndatökur	3	9	5	44,5	0,21	0,47	1,8
Röntgengr. á skurðstofum	4	35	34	3,0	0,01	0,20	0,2
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	37	36	3,0	0,00	0,10	0,1
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	11	11	0,0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	23	18	21,8	0,04	0,16	0,8
Rannsóknarstofa tegund C	21	2	0	0,0	1,45	1,45	2,9
Rannsóknarstofa tegund B	22	8	1	87,5	1,99	2,27	159
Rannsóknarstofa tegund D	25	74	62	16,0	0,02	0,14	1,6
Föst tæki (röntgen)	31	3	3	0,0	0,00	0,00	0,0
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	16	13	18,7	0,11	0,56	1,7
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	18	17	5,5	0,01	0,20	0,2
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0,0	0,00	0,00	0,0
Öryggi og eftirlit	82	14	14	0,0	0,00	0,00	0,0
Læknisfræðileg myndgreining		417	294	29,50	0,21	0,78	89,2
Geislalækningar		23	18	21,74	0,03	,45	0,8
Opnar geislalindir í lækningum		84	63	25,00	0,24	1,16	20,4
Efnisrannsóknir		53	49	7,55	0,04	0,45	1,9
Samtals		577	424	26,52	0,19	0,73	112,3

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2001

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	304	213	30	0,14	0,47	42,8
Hjartaþræðingar	2	23	11	52	1,07	2,06	24,7
Brjóstamyndatökur	3	9	3	67	0,27	0,40	2,4
Röntgengr. á skurðstofum	4	45	35	22	0,06	0,26	2,6
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	37	36	3	0,00	0,10	0,1
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	9	9	0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	24	22	8	0,04	0,45	0,9
Rannsóknarstofa tegund C	21	3	1	67	0,30	0,45	0,9
Rannsóknarstofa tegund B	22	9	1	89	1,51	1,70	13,6
Rannsóknarstofa tegund D	25	92	88	4	0,02	0,45	1,8
Föst tæki (röntgen)	31	2	2	0	0,00	0,00	0,0
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	8	6	25	0,27	1,10	2,2
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	18	17	6	0,02	0,20	0,4
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0	0,00	0,00	0,0
Öryggi og eftirlit	82	8	8	0	0,00	0,00	0,0
Læknisfræðileg myndgreining		427	307	28	0,17	0,59	72,6
Geislalækningar		24	22	8	0,04	0,45	0,9
Opnar geislalindir í lækningum		104	90	13	0,16	1,16	16,3
Efnisrannsóknir		38	35	8	0,07	0,45	2,6
Samtals		593	454	23	0,16	0,65	92,4

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2000

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	292	210	28	0,14	0,51	41,2
Hjartaþræðingar	2	23	11	52	0,47	0,91	10,9
Brjóstamyndatökur	3	9	5	44	0,30	0,69	2,7
Röntgengr. á skurðstofum	4	44	36	18	0,46	2,25	20,4
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	43	43	0	0,00	0,00	0,0
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	11	11	0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	20	18	10	0,14	1,35	2,7
Rannsóknarstofa tegund C	21	2	0	100	0,40	0,40	0,8
Rannsóknarstofa tegund B	22	8	1	88	1,58	1,80	12,6
Rannsóknarstofa tegund D	25	94	91	3	0,05	1,70	5,1
Föst tæki (röntgen)	31	8	6	25	0,20	0,80	1,6
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	2	2	0	0,03	0,00	0,0
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	19	18	5	0,00	0,50	0,5
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0	0,00	0,00	0,0
Öryggi og eftirlit	82	6	6	0	0,00	0,00	0,0
Læknisfræðileg myndgreining		422	316	25	0,18	0,71	75,2
Geislalækningar		20	18	10	0,14	1,35	2,7
Opnar geislalindir í lækningum		104	92	12	0,18	1,54	18,5
Efnisrannsóknir		37	34	8	0,06	0,70	2,1
Samtals		583	460	21	0,17	0,80	98,5

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 1999

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	277	199	28	0,15	0,54	42,1
Hjartaþræðingar	2	21	11	48	1,50	3,14	31,4
Brjóstamyndatökur	3	8	6	25	0,10	0,40	0,8
Röntgengr. á skurðstofum	4	52	45	13	0,09	0,67	4,7
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	40	40	0	0,00	0,00	0,0
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	10	10	0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	18	16	11	0,15	1,35	2,7
Rannsóknarstofa tegund C	21	80	80	0	0,40	0,00	0,0
Rannsóknarstofa tegund B	22	8	3	63	2,23	3,56	17,8
Rannsóknarstofa tegund D	25	0	0		0,00	0,00	0,0
Föst tæki (röntgen)	31	0	0		0,00	0,00	0,0
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	19	16	16	0,11	0,67	2,0
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	0	0		0,00	0,00	0,0
"X-ray diffraction" tæki	55	12	11	8	0,01	0,10	0,1
Öryggi og eftirlit	82	0	0		0,00	0,00	0,0
Læknisfræðileg myndgreining		408	311	24	0,19	0,81	79,0
Geislalækningar		18	16	11	0,15	1,35	2,7
Opnar geislalindir í lækningum		88	83	6	0,20	3,56	17,8
Efnisrannsóknir		31	27	13	0,07	0,42	2,1
Samtals		545	437	20	0,19	0,94	101,6

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 1998

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	287	207	28	0,15	0,56	44,4
Hjartaþræðingar	2	20	11	45	1,14	2,52	22,7
Brjóstamyndatökur	3	12	7	42	0,14	0,34	1,7
Röntgengr. á skurðstofum	4	49	46	6	0,03	0,50	1,5
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	38	38	0	0,00	0,00	0,0
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	13	13	0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	21	20	5	0,12	2,60	2,6
Rannsóknarstofa tegund C	21	86	86	0	0,00	0,00	0,0
Rannsóknarstofa tegund B	22	9	2	78	1,28	1,64	11,5
Rannsóknarstofa tegund D	25	0	0		0,00	0,00	0,0
Föst tæki (röntgen)	31	0	0		0,00	0,00	0,0
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	30	28	7	0,14	2,05	4,1
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	0	0		0,00	0,00	0,0
"X-ray diffraction" tæki	55	12	12	0	0,00	0,00	0,0
Öryggi og eftirlit	82	0	0		0,00	0,00	0,0
Læknisfræðileg myndgreining		419	322	23	0,17	0,72	70,3
Geislalækningar		21	20	5	0,12	2,60	2,6
Opnar geislalindir í lækningum		95	88	7	0,12	1,64	11,5
Efnisrannsóknir		42	40	5	0,10	2,05	4,1
Samtals		577	470	19	0,15	0,83	88,5