

GR 04:06

---

# Geislaálag starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun á Íslandi.

Yfirlit fyrir árið 2003

---

Jóna Gréta Einarsdóttir, geislafræðingur

Guðlaugur Einarsson, geislafræðingur

Júlí 2004  
Geislavarnir ríkisins  
Rauðararstíg 10  
150 Reykjavík  
s. 5528200 f. 5528202  
[www.geislavarnir.is](http://www.geislavarnir.is) gr@gr.is  
ISBN 9979-9568-1-X



**GEISLAVARNIR RÍKISINS**  
ICELAND RADIATION PROTECTION INSTITUTE

**Geislaálag starfsfólks sem  
vinnur við jónandi geislun á Íslandi  
Yfirlit fyrir árið 2003**

**Efnisyfirlit**

<b>SAMANTEKT.....</b>	<b>2</b>
<b>BAKGRUNNUR .....</b>	<b>2</b>
<b>FRAMKVÆMD.....</b>	<b>3</b>
<b>NÍÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA.....</b>	<b>4</b>
<b>HEIMILDIR.....</b>	<b>10</b>
<b>VIÐAUKI 1. EFTIRLIT MEÐ GEISLAÁLAGI STARFSMANNA .....</b>	<b>11</b>
<b>VIÐAUKI 2 GRUNNSTÆRÐIR OG MÆLIEININGAR GEISLAVARNA .....</b>	<b>17</b>
<b>VIÐAUKI 3. TÖFLUR UM MEÐAL- OG HEILDARGEISLAÁLAG ÁRANNA 1998-2002.....</b>	<b>21</b>

## **Samantekt**

Kynnt er árleg samantekt Geislavarna ríkisins á niðurstöðum um geislaálag starfsfólks sem vann við jónandi geislun á árinu 2003. Samtals báru 547 einstaklingar geislaálag mældur á síðasta ári og mældist geislun hjá 141 eða 25,8 %. Meðalgeislaálag var 0,21 mSv ef miðað er við alla sem báru geislaálag mældur, en ef eingöngu er miðað við þá starfsmenn sem geislun mældist hjá er meðalgeislaálagið 0,81 mSv. Þá var hópgeislaálagið (Collective effective dose) 0,13 manSv.

## **Bakgrunnur**

Geislavarnir ríkisins (GR) starfa samkvæmt lögum um geislavarnir nr. 44/2002 og reglugerð nr. 627/2003 um háþyrðing geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun.

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. Hjá stofnunni eru geymdar upplýsingar um geislaálag þeirra sem hafa unnið við jónandi geislun á Íslandi bæði íslendinga og 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 mælingar sem notaðar hafa verið frá upphafi mælinga á Íslandi eða síðan 1963. Í tölvutækum gagnagrunni eru til mælingar niðurstöður 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 á geislaálagi starfsmanna, hvað varðar innkaup á filmum og geislun á kvörðunarfildum. Fyrir hvert mælitímabil sendir SIS stofnuninni um 600 mælifilmur sem og kvörðunarfildur. Kvörðunarfildurnar eru geislaðar hjá SIS með fyrirfram þekktum geislaskammti. Þessar filmur eru síðan framkallaðar hjá GR með samsvarandi mælitímabili notenda. Kvörðunarfildurnar gera kleift að meta og reikna út þá geislun sem filmur notenda verða fyrir út frá svörtu 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.

Ein stofnun á Íslandi notar einnig nifteindafilmur en þar er unnið með mjög orkuháa nifteindageislun. GR hefur verið í samvinnu við rannsóknarstofuna í Risø í Danmörku, um mat á geislaálagi þessara starfsmanna en þeirri starfsemi var hætt í lok ársins 2003. Stofnunin mun á nýju ári hefja samstarf við NRPB (Bresku geislavarnirnar) í Englandi um kaup á nifteindafildum. Nifteindafildurnar eru bornar í 3 mánuði í senn.



*Mynd 1. Filmuhylki*

Hver einstaklingur sem fær mælifilmu er skráður í gagnagrunninn 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. Allir starfsmenn eru með eins filmuhylki, en til viðbótar voru nokkrir starfsmenn á röntgendeildum með sérstök TLD mælihylki (TLD = thermo luminescence detectors) til að meta geislun fyrir utan blýgúmmísvuntu og á augu. Notkun þessara hylkja hefur nú verið hætt, en í staðinn er boðið upp á nýja tækni þar sem geislaálag á einstaka líkamshluta eru gerðir í rauntíma. Þannig er hægt að meta geislun á t.d. hendur og/eða augu við ákveðnar rannsóknir eins og hjartþræðingar eða aðrar skyggjirannsóknir.

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

Mikilvægt er að geislaálag sé skilað til framköllunar og mats, strax eftir 2ja mánaða notkun. Hægt er með nægilegri nákvæmni að meta geislaálag sem koma einu til tveimur mælitímabilum of seint til framköllunar. Mælifilmur sem koma til framköllunar meira en tveimur mælitímabilum of seint, eru framkallaðar og metnar, en niðurstöður eru ekki skráðar í gagnagrunninn. Mælifilmur 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 mælifilmur hjá Geislavörnum ríkisins, sé þess óskað af ábyrgðarmanni starfseminnar. Á hverju ári er innheimt sérstakt gjald fyrir hvern notanda og er miðað við fjölda filma. Í viðauka 1 eru leiðbeiningar stofnunarinnar um skilgreiningu og afmörkun vinnusvæða og flokkun starfsmanna í geislastarfsmenn í flokki A og B. Einnig er þar leiðbeinandi listi um þær vinnuáðstæður þar sem krafist er einstaklingsbundið eftirlit með geislaálagi starfsmanna og þær vinnuáðstæður þar sem þess er ekki krafist.

## **Niðurstöður og umræða**

Í gagnagrunnskerfinu eru nú upplýsingar um geislaálag rúmlega 1600 einstaklinga sem starfað hafa við jónandi geislun frá árinu 1989. Á árinu 2003 báru 547 starfsmenn mælifilmur frá stofnuninni og starfa þeir hjá 73 fyrirtækjum og stofnunum. Stærstur hluti þeirra eða rúmlega 65% vinna störf sem tengjast notkun jónandi geislunar við læknisfræðilega myndgreiningu. Starfsmenn við notkun tannröntgentækja og dýralækningar eru tæplega 10%, 4,3% unnu við geislameðferð, 12,4% unnu með

geislavirk efni á rannsóknarstofum og sjúkrahúsum og 7,5% unnu við notkun jónandi geislunar í iðnaði og eftirliti.

Á árinu 2003 voru sendar út tæplega 2600 filmur, þar af komu um 4 % til baka ónotaðar og var þeim eytt úr kerfinu, en tæplega 10 % af útsendum filmum skiluðu sér ekki, 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 allar starfsgreinar og kemur þar fram að hæsta meðalársgeislaálag starfsmanna, er hjá starfsmönnum á rannsóknastofu B (einn staður) með 1,69 mSv. Þar á eftir eru starfsmenn við hjartaþræðingu (2 staðir) með 1,11 mSv. Ef eingöngu er litið á meðalársgeislaálag þeirra einstaklinga sem voru með mælanlega geislun þá eru það starfsmenn á rannsóknastofu B hæstir með 1,93 mSv (8 starfsmenn), á meðan starfsmenn við hjartaþræðingar eru með 1,61 mSv (29 starfsmenn). Einnig eru þeir sem vinna við færanleg röntgentæki í iðnaði með meðalársgeislaálag yfir 1 mSv eða 1,14 mSv. Hæsta geislaálag starfsmanns er 11,3 mSv fyrir allt árið. Um er að ræða starfsmann við almenna röntgengreiningu. Meðalársgeislaálag á röntgendeildum (starfskóði 01) er 0,21 mSv og er það hærra en í Danmörku sem er oftast í kringum 0,1-0,15 (5).

Í **töflu 2** sést dreifing geislaálags í stærðarflokkum og er flokkað eftir tegund starfa. Í heild eru 547 notendur mælifilma og þar af eru 406 ekki með mælanlegt geislaálag ( $E=0$ ). Í læknisfræðilegri myndgreiningu eru 413 notendur mælifilma sem er svipað og undanfarin ár en þó eru notendum að fækka og er líkleg ástæða betur gengur að skilgreina þá notendur sem þurfa að nota mælifilmur. Þá eru 292 notendur ekki með mælanlegt geislaálag ( $E=0$ ) og 141 með mælanlegt geislaálag ( $E>0$ ) eða 29 %.

**Tafla 1. 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)	Hóp- geislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	288	194	32,64	0,22	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
Röntgengreining á skurðstofum	4	33	31	6,06	0,01	0,20	0,40
Röntgengreining hjá tannlæknum	5	43	43	0,00	0,00	0,00	0,00
Röntgengreining 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 B	22	8	1	87,50	1,69	1,93	13,50
Rannsóknarstofa tegund C	21	3	0	100,00	0,30	0,30	0,90
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	0,0
Öryggi og eftirlit	82	6	6	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Læknisfræðileg myndgreining</b>		413	292	29,30	0,23	0,79	95,44
<b>Geislalækningar</b>		24	22	8,33	0,01	0,10	0,20
<b>Opnar geislalindir í lækningum</b>		68	57	16,18	0,22	1,34	14,70
<b>Efnisrannsóknir</b>		42	35	16,67	0,09	0,55	3,83
<b>Samtals</b>		547	406	25,78	0,21	0,81	114,17

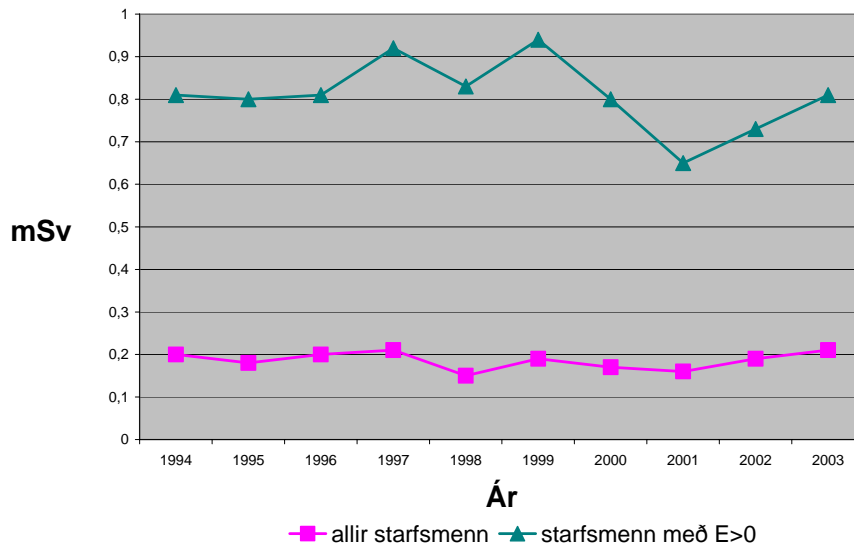
**Tafla 2. Dreifing geislaálags árið 2003, flokkun eftir tegund starfa**

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	194	25	19	0	10	22	4	11	1	0	0	1	1 <sup>(a)</sup>	288	
Hjartapræðingar	2	9	0	2	1	2	1	3	7	2	0	1	0	1	29	
Brjóstamyndatökur	3	4	4	0	0	0	1								9	
Röntgengr. á skurðstofum	4	31	1	1											33	
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	43													43	
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	11													11	
Geislalækningar	10	22	2												24	
Rannsóknastofa tegund B	22	1	0	0	0	1	0	0	3	1	2				8	
Rannsóknastofa tegund C	21	0	1	1	0	0	1								3	
Rannsóknastofa tegund D	25	56	0	1											57	
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	12	0	0	0	0	1	0	2						15	
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	15	4												19	
"X-ray diffraction" tæki	55	2													2	
Öryggi og eftirlit	82	6													6	
<b>Læknisfræðileg myndgreining</b>		292	30	22	1	12	24	7	18	3	0	1	0	2	1	413
<b>Geislalækningar</b>		22	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
<b>Opnar geislalindir í lækningum</b>		57	1	2	0	1	1	0	3	1	2	0	0	0	0	68
<b>Efnisrannsóknir, "x-ray diffr."</b>		35	4	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	42
<b>Samtals</b>		406	37	24	1	13	26	7	23	4	2	1	0	2	1	547

(a) 11,3 mSv

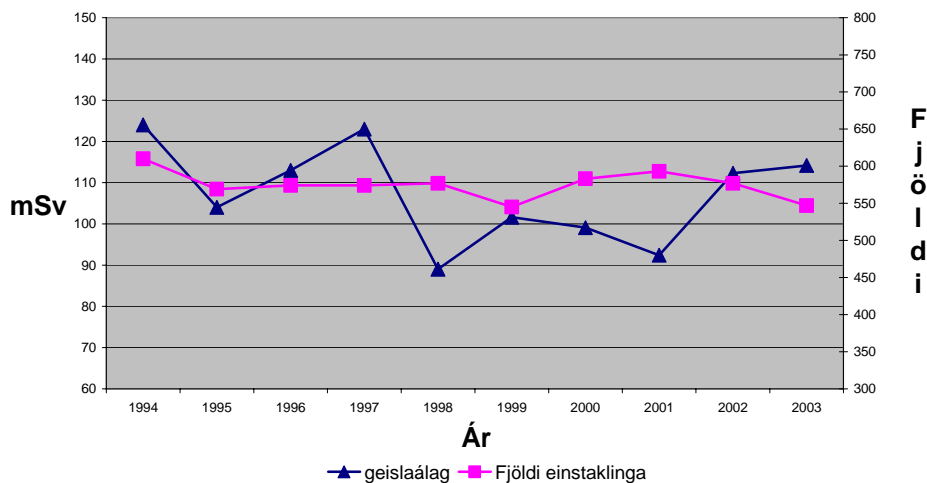


Þróun meðalgeislaálags starfsmanna er sýnt í mynd 2 frá árinu 1994. Annars vegar er um að ræða meðalgeislaálagn miðað við alla sem báru filmur (neðri línan) og hins vegar miðað eingöngu við þá sem voru með mælanlega geislun á hverjum tíma ( $E > 0$ ).



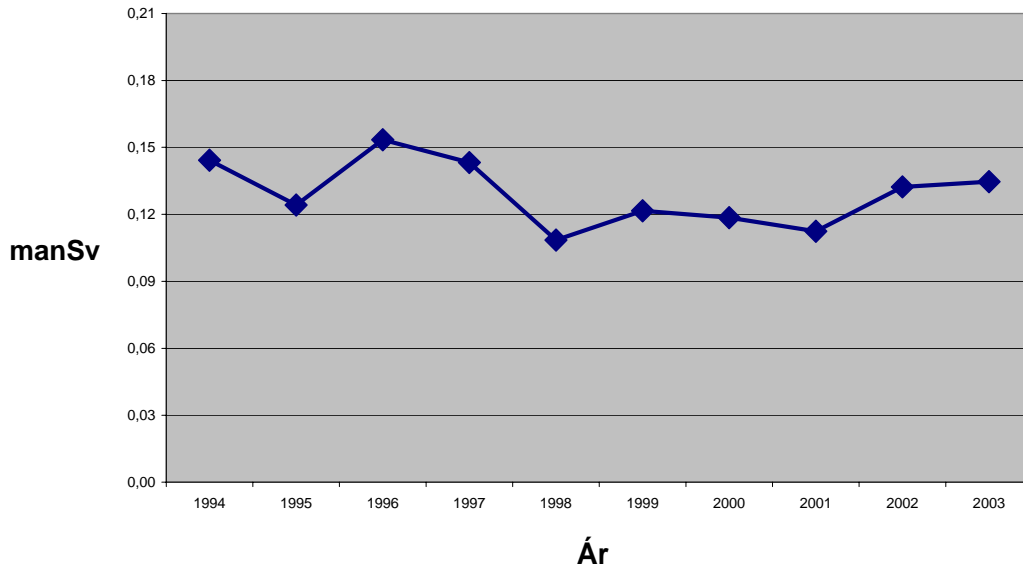
**Mynd 2. Þróun meðalgeislaálags 1994-2003**

Á mynd 3 er sýnd þróun heildarársgeislaálags (allir geislaskammtar lagðir saman) fyrir sama tímabil, ásamt fjölda einstaklinga hverju sinni. Árið 1999 fækkaði notendum í almennri röntgengreiningu en notendum á rannsóknarstofum hefur fjölgað frá 2000, en hefur fækkað aftur. Miklar sveiflur í heildarársgeislaálagi á milli ára stafa af miklum áhrifum af háu geislaálagi einstakra starfsmanna.



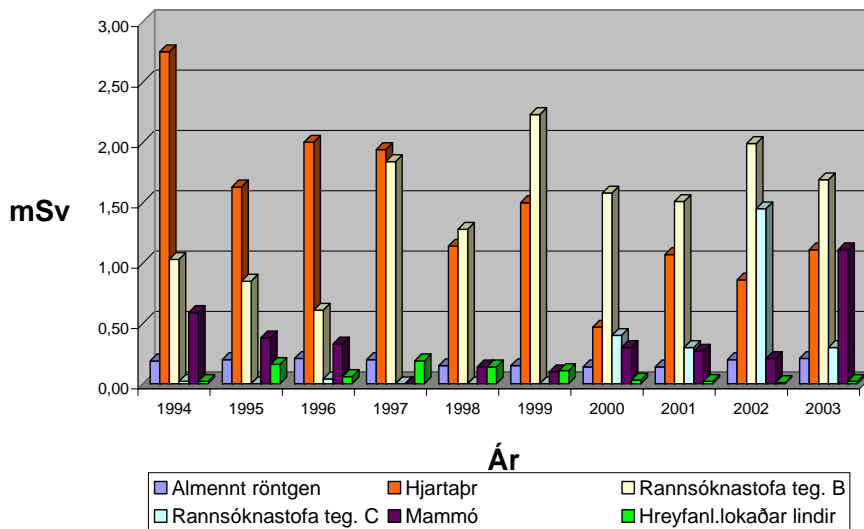
**Mynd 3. Heildarársgeislaálagn og fjöldi einstaklinga með mælifilmur á árunum 1994-2003**

Á mynd 4 er sýnt 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 hópgeislaálag 1994-2003

Á mynd 5 sést þróun í meðalgeislaálagi nokkurra starfshópa á tímabilinu 1994-2003. Greinileg og stöðug lækkun er hjá starfsmönnum við hjartaþræðingar, sem skýrist fyrst og fremst með því að í þessum flokki hefur starfsmönnum fjölgað en meðalgeislaálagið lækkað.



Mynd 5. Þróun meðalgeislaálags nokkurra starfshópa

Árið 2000 var búinn til nýr flokkur fyrir starfsmenn á rannsóknastofum í tegund D, þar sem unnið er með  $\alpha$  og  $\beta$  geislandi efni og þar sem geislaálag er yfirleitt mjög lágt. Við það fækkaði starfsmönnum í flokki C og þar af leiðandi hækkaði meðalgeislaálagið í þeim flokki.

## 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. Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålehygiejne, Dosisovervågning av stråleudsatte arbejdstagere, Maj 2001.

## Viðauki 1. Eftirlit með geislaálagi starfsmanna

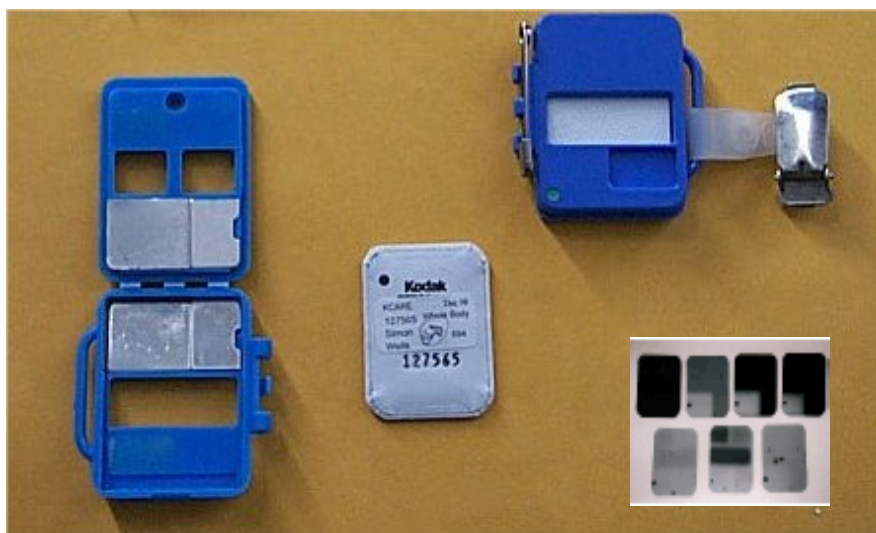
Einstaklingsbundið eftirlit með geislaálagi starfsmanna sem vinna við jónandi geislun.

### Hlutverk Geislavarna ríkisins

Samkvæmt 13. grein laga nr. 44/2002 um geislavarnir skal við starfsemi þar sem jónandi geislun er notuð hafa viðeigandi eftirlit með geislaálagi starfsmanna og annarra er starfseminni tengjast. Í 14. grein sömu laga og í 5. kafla reglugerðar nr. 627/2003 um háþörf geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun, er fjallað ítarlega um fyrirkomulag og framkvæmd slíks eftirlits og hlutverk Geislavarna ríkisins. Eftirlit með geislaálagi starfsmanna er eitt af mikilvægustu verkefnum Geislavarna ríkisins

Eftirlitið byggist á því að þeir sem eftirlitinu lúta bera einstaklingsgeislaæla sem mælir magn geislunar sem viðkomandi starfsmaður fær á allan líkamann vegna vinnu sinnar við geislauppsprettu, röntgentæki eða geislavirk efni utan líkamans. Eftirlitið nær ekki til mats á magni geislunar vegna geislavirkra efna sem berast inni líkamann.

Einstaklingsgeislaælar eru yfirleitt geislaælifilmur sem bornar eru í til þess gerðu filmuhylki, sjá mynd V1.



*Mynd V1. Filmuhylki og mælifilma. Sýnishorn af framkölluðum filmum sem bera merki geislunar*

## **Markmið eftirlitsins og hámark geislunar**

Markmiðið með eftirlitinu er tvíþætt, í fyrsta lagi að staðfesta að geislunin sé ætíð eins lág og frekast er unnt með tilliti til aðstæðna og í öðru lagi að tryggja að öll starfsemi með geislatæki og geislavirk efni fari fram með þeim hætti að geislaálag starfsmanna séu ætíð innan við þau mörk sem Alþjóðageislavarnaráðið (ICRP) hefur sett. Samkvæmt leiðbeiningum ICRP (publication 60, 1990) skal fylgjast með geislaálagi allra starfsmanna sem verða fyrir geislun við störf sín, nema ljóst sé að geislaálagið muni ætíð vera mjög lágt.

Í reglugerð nr. 627/2003, töflu 1, kemur fram hver eru hámark geislunar fyrir starfsmenn, en geislun á allan líkamann má ekki verða meiri en sem svarar 20 mSv/ári að meðaltali, þannig að fyrir 5 ára tímabil fari það ekki yfir 100 mSv. Fyrir hendur og húð er hámark geislunar 500 mSv/ári. Fyrir barnshafandi konur má geislaálag fósturs ekki vera meira en 1 mSv til loka meðgöngu.

Þess skal gætt á hverjum vinnustað að halda geislaálagi starfsfólks eins lágu og framast er unnt með skynsamlegu tilliti til aðstæðna. Sem dæmi má nefna, að meðalgeislaálag hvers mánaðar á röntgendeildum liggur undir 0,1 mSv. Þó gerist oft að þeir, sem vinna við skyggingu, fá geislun er nemur 0,5 - 1,0 mSv eða meira. Neðri mörk geislunar sem mælist með filmu, er 0,1 mSv. Geislaálag neðan þessara marka eru því ekki skráð.

## **Flokkun starfsmanna og vinnusvæða**

Samkvæmt 13. grein reglugerðar nr. 627/2003, er ábyrgðarmanni skylt að skipta svæðum á vinnustað þar sem unnið er með jónandi geislun í almenn svæði, eftirlitssvæði og lokuð svæði. Lokuð svæði eru skilgreind sem svæði þar sem starfsmenn geta orðið fyrir meiri geislun en sem nemur 30% af hámarki geislaálags (þ.e. 6 mSv) eða hlutgeislaálags (150 mSv) sbr. töflu 1 í grein 4. í sömu reglugerð. Lokuð svæði eru einnig svæði það sem geislaálag vegna vinnu við geislalindir getur borist frá svæðinu í því mæli að gera þurfi ráðstafanir vegna hennar. Samkvæmt 14. grein skulu lokuð svæði afmörkuð og aðgangur að þeim skal vera takmarkaður við þá starfsmenn sem fengið hafa viðeigandi starfsþjálfun og fræðslu. Auk viðeigandi merkinga, skulu vera til staðar ítarlegar verklagsreglur og leiðbeiningar.

Eftirlitssvæði eru svæði þar sem starfmenn geta orðið fyrir geislun sem er neðan þeirra marka sem gilda fyrir lokað svæði. Á eftirlitssvæði skulu vera merkingar sem gefa til kynna að viðkomandi svæði er eftirlitssvæði, tegund geislagjafa og til staðar skal vera viðeigandi vinnureglur og leiðbeiningar.

Almenn svæði eru þau svæði á vinnustað sem ekki eru skilgreind sem lokað svæði eða eftirlitssvæði.

Samkvæmt 11. og 12. grein reglugerðar nr. 627/2003, skal ábyrgðarmaður með starfsemi sjá til þess að starfsmenn séu flokkaðir m.t.t. flokkun vinnusvæða, þannig að geislstarfsmenn í flokki A eru þeir starfsmenn sem vinna á lokaðum svæðum, aðrir starfsmenn sem ekki vinna á lokaðum svæðum eru geislstarfsmenn í flokki B.

Samkvæmt 16. grein reglugerðarinnar skal eftirlit með geislaálagi starfsmanna í flokki A byggjast á einstaklingsbundnum mælingum (þ.e. með einstaklingsgeislaæli), en eftirlit með geislaálagi starfsmanna í flokki B, skal a.m.k. nægja til þess að tryggja að þeir séu rétt flokkaðir.

Aðstæður eru oft þannig á vinnustöðum þar sem notuð er jónandi geislun að skýr afmörkun vinnusvæða er hvorki möguleg né hagkvæm, þannig að vinnusvæði sem ætti að flokka sem lokað svæði og eftirlitssvæði renna saman í eitt. Á sama hátt eru aðstæður þannig á mörgum stöðum, hvað varðar skermun aðstöðu, staðsetningu tækja og efna, magn og umfang vinnu með geislalindir, öryggisráðstafanir, vinnureglur og leiðbeiningar með þeim hætti að ómögulegt er fyrir starfsmenn að fá geislaálag sem er umfram 1 mSv/ári. Jafnvel þótt óhapp eigi sér stað. Við slíkar aðstæður þarf ekki einstaklingsbundið eftirlit með geislaálagi starfsmanna.

Það eru oft engin skýr mörk á milli starfsmannahópa á sama vinnustað sem vinna mikið með geislatæki og geislaþvirk efni og þeirra sem koma lítið að slíkri vinnu eða sem eru þannig staðsettir við vinnu sína að geislaálag þeirra eru mjög lítið eða hverfandi. Því er oft erfitt að segja fyrirfram hvaða starfsmenn á vinnustað eins og röntgendeild eigi að bera einstaklingsgeislaæla. Taka verður tillit til þátta sem snúa að starfseminni, vinnuaðstöðu og vinnubrögðum. Um er að ræða atriði eins og um hvers konar geislauppsprettu er að ræða, hvað lengi viðkomandi vinnur við geislauppsprettu, hvaða skermunarfyrirkomulag er á staðnum, um hvaða fjarlægðir er að ræða og hvaða möguleikar eru á óhappi með geislalind eða geislatæki. Hér verður að meta þörf hvers

starfsmanns miðað við starfsumhverfi hans og einnig þá reynslu sem fyrri mælingar hafa leitt í ljós.

**Leiðbeinandi listi um þær vinnuaðstæður og starfsemi þar sem yfirleitt er nauðsynlegt er að beita einstaklingsbundnu eftirliti.**

1. Starfsmenn sem vinna við læknisfræðilega geislun, sem aðstoða við eða framkvæma röntgenrannsóknir að minnsta kosti 2svar í viku. Hér er um að ræða starfsmenn á röntgen- eða myndgreiningardeildum, hjarta- og æðapræðingastofum, skurðstofum og röntgenstofum þar sem notuð eru föst röntgentæki. Undanþegnir eru starfsmenn sem starfa skemur en 2 mánuði og starfsmenn sem eingöngu vinna með beinþéttnimælibúnað.
2. Starfsmenn sem vinna við uppsetningar, viðgerðir og viðhald á röntgentækjum og öðrum geislunarbúnaði.
3. Við notkun röntgentækja hjá hnykkjum, a.m.k. einn starfsmaður fyrir hvert tæki eða starfsmenn sem aðstoða við eða framkvæma röntgenrannsóknir að minnsta kosti 2 í viku. Undanþegnir eru starfsmenn sem starfa skemur en 2 mánuði.
4. Við notkun röntgentækja í dýralækningum, a.m.k. einn starfsmaður fyrir hvert tæki eða starfsmenn sem aðstoða við eða framkvæma röntgenrannsóknir að minnsta kosti 2 í viku. Undanþegnir eru starfsmenn sem starfa skemur en 2 mánuði.
5. Starfsmenn sem vinna við geislalækningar og hafa aðgang að geislunarbúnaði og framkvæma eða aðstoða við framkvæmd geislunar á sjúklinga. Einnig starfsmenn sem vinna við framkvæmd gæðaeftirlits við geislalækningabúnað
6. Starfsmenn sem vinna við geislalækningar þar sem notuð eru geislavirk efni, nema um sé að ræða mjög stuttan tíma eða að um sé að ræða efni sem eingöngu eru beta-geislandi.
7. Starfsmenn sem vinna með opnar geislalindir í sjúkdómsgreiningu, rannsóknum og geislalækningum.
  - a. ef styrkur þeirra gamma geislandi efna sem meðhöndluð eru í hvert sinni er meira, en 100 MBq
  - b. ef styrkur þeirra beta-geislandi efna, með meira en 300keV orku, sem meðhöndluð eru í hvert sinn er meira en 10MBq

Undanþegnir eru starfsmenn sem vinna eingöngu með geislavirk efni sem gefa frá sér lág orku beta geislun eins og trítíum (H-3), kolefni 14 (C-14) og brennisteinn (S-35).

8. Starfsmenn sem vinna við röntgenmyndgerð í iðnaði, hvort sem unnið er við opna eða lokaða aðstöðu.
9. Starfsmenn sem vinna við röntgen-efnagreiningarbúnað (diffraction, fluorescence) eða sambærilegan búnað og þar sem frumgeislanum er beint fyrir utan tækin, þ.e. aðgangur er mögulegur að frumgeisla tækjanna.
10. Starfsmenn sem vinna við uppsetningar, viðgerðir og viðhald á búnaði sem inniheldur sterkar geislalindir eða geislalindir með háan geislunarstyrk, sem leyfi þarf til notkunar á.
11. Starfsmenn sem vinna með geislunarbúnað sem gefur frá sér nifteindageislun, s.s. við rannsóknir á/i borholum.
12. Starfsmenn sem vinna við störf eða á vinnustöðum þar sem geislunarstyrkur vegna starfseminnar er meiri en  $10\mu\text{Sv/klst}$  eða í meira en 200 tíma við geislunarstyrk sem er meiri en  $2\mu\text{Sv/klst}$ .
13. Við aðra starfsemi með geislalindir, þar sem einstaklingsbundið eftirlit er skilyrt í leyfi til notkunar eða samkvæmt öðrum gögnum.

***Ekki er þörf á einstaklings mælingum við eftirfarandi aðstæður:***

1. Röntgenmyndgerð, þar sem starfsmaður er ávallt staddur í aðskildu stjórnherbergi, sem er vel skermað og hefur ekki verið skilgreint sem eftirlitssvæði.
2. Við röntgenmyndgerð í tannlækningum, þ.e. notkun á almennum tannröntgenbúnaði.
3. Vinna á svæðum nálægt vel vörðum geislalindum, þar sem ómögulegt er að setja líkamann eða einhvern hluta líkamans í frumgeisla eða geislun á annan hátt. Hér er um að ræða vinna nálægt hæðarmælum í iðnaði.
4. Vinna með beta-geislandi efni sem hafa lægri orku en  $300\text{keV}$



## **Notkun geislaálagmælifilma**

Geislaálagsmælingar með mælifilimum er auðveld og ódýr leið til þess að fylgjast með geislaálagi starfsmanna sem verða fyrir ytri geislun við störf sín. Því ættu allir starfmenn sem vinna við jónandi geislun að bera geislaálagmælifilma nema augljóst sé að geislaálag þeirra vegna ytri geislunar verði ætíð lágt.

Leggið filmuna í filmuhylkið, þannig að nafnið á filmunni sjáist í glugga á framhlið. Filman skal borin í tvo mánuði. Fyrir byrjun hvers tímabils senda Geislavarnir ríkisins nýjar filmur, þannig að hægt er að skipta um filmur í byrjun þess tímabils. Filmurnar eru næmar fyrir birtu og hita. Þess vegna geta "gamlar" filmur gefið villandi upplýsingar um geislaálag mælinga. Því er mikilvægt, að í byrjun hvers tímabils sé filmum fyrra tímabils safnað saman og þær sendar tímanlega, þannig að þær berist til Geislavarna ríkisins innan 10 daga. Filmur sem berast seinna en 16 vikum eftir útsendingu er yfirleitt ekki hægt að nota til ákvörðunar á geislaálagi. Farið varlega með filmurnar og gætið þess að böggla þær ekki, því þær eru viðkvæmar fyrir hnjaski.

Einstaklingsgeislaálagmælir skal bera framan á líkama og í mittishæð. Við vinnu á ísótóparannsóknarstofum ætti að bera mælir í brjósthæð, þar sem meiri líkur er á að efri hluti líkamans verði fyrir geislun við vinnu með geislavirk efni. Þegar notuð er blýsvunta, á að setja filmuhylkið undir svuntuna.

## 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 tímunn að skera úr um hversu vel þau reynast.

Stærð		Mælieining		
Heiti	Tákn	Tákn	Íslenskt heiti (alþjóðlegt í sviga)	SI grunn- einingar
Virkni, geislavirkni ( <i>activity</i> )	A	Bq	bekerel (becquerel)	1 / s
Raffræðilegur geislaskammtur ( <i>exposure</i> )	X	(R)	(röntgen)	C / kg
Geislaskammtur ( <i>absorbed dose, tissue dose</i> )	D	Gy	grei (gray)	J / kg
Hlutálag, hlutgeislaálag ( <i>equivalent dose</i> )	H <sub>T</sub>	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Geislaálag ( <i>effective dose</i> )	E	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Geislabyrði ( <i>committed effective dose</i> )	E(τ)	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Eðlisbyrði, eðlisgeislabyrði ( <i>dose coefficient</i> )	e(τ)	Sv / Bq		J / kg · s
Hópálag, hópgeislaálag ( <i>collective effective dose</i> )	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),  $1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} C / kg$

### **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*

$$\text{vefsins, } D_T = \frac{\mathcal{E}_T}{m_T}$$

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 gamageisla 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 tákni  $T$ , 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  $\tau$  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 geislaálag 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 megi 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. Töflur um meðal- og heildargeislaálag áráanna 1998-2002

#### 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
<b>Læknisfræðileg myndgreining</b>		417	294	29,50	0,21	0,78	89,2
<b>Geislalækningar</b>		23	18	21,74	0,03	,45	0,8
<b>Opnar geislalindir í lækningum</b>		84	63	25,00	0,24	1,16	20,4
<b>Efnisrannsóknir</b>		53	49	7,55	0,04	0,45	1,9
<b>Samtals</b>		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
<b>Læknisfræðileg myndgreining</b>		427	307	28	0,17	0,59	72,6
<b>Geislalækningar</b>		24	22	8	0,04	0,45	0,9
<b>Opnar geislalindir í lækningum</b>		104	90	13	0,16	1,16	16,3
<b>Efnisrannsóknir</b>		38	35	8	0,07	0,45	2,6
<b>Samtals</b>		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
<b>Læknisfræðileg myndgreining</b>		422	316	25	0,18	0,71	75,2
<b>Geislalækningar</b>		20	18	10	0,14	1,35	2,7
<b>Opnar geislalindir í lækningum</b>		104	92	12	0,18	1,54	18,5
<b>Efnisrannsóknir</b>		37	34	8	0,06	0,70	2,1
<b>Samtals</b>		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
<b>Læknisfræðileg myndgreining</b>		408	311	24	0,19	0,81	79,0
<b>Geislalækningar</b>		18	16	11	0,15	1,35	2,7
<b>Opnar geislalindir í lækningum</b>		88	83	6	0,20	3,56	17,8
<b>Efnisrannsóknir</b>		31	27	13	0,07	0,42	2,1
<b>Samtals</b>		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
<b>Læknisfræðileg myndgreining</b>		419	322	23	0,17	0,72	70,3
<b>Geislalækningar</b>		21	20	5	0,12	2,60	2,6
<b>Opnar geislalindir í lækningum</b>		95	88	7	0,12	1,64	11,5
<b>Efnisrannsóknir</b>		42	40	5	0,10	2,05	4,1
<b>Samtals</b>		577	470	19	0,15	0,83	88,5