

GR 04:09

Leiðbeiningar

Eftirlit með geislaálagi starfsfólks
sem vinnur við jónandi geislun á
Íslandi.

- Flokkun starfsmanna og vinnusvæða -

Guðlaugur Einarsson, geislafræðingur

Nóvember 2004
Geislavarnir ríkisins
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík
sími: 5528200 fax: 5528202
www.geislavarnir.is gr@gr.is
ISBN 9979-9568-5-2



GEISLAVARNIR RÍKISINS
ICELAND RADIATION PROTECTION INSTITUTE

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	1
Hlutverk Geislavarna ríkisins	2
Markmið eftirlitsins og háþörf geislunar.....	4
Flokkun starfsmanna og vinnusvæða.....	5
Leiðbeinandi listi um þær vinnuáætlaðar og starfsemi þar sem yfirleitt er nauðsynlegt er að beita einstaklingsbundnu eftirliti.....	7
Notkun geislaáætlaðar.....	9
Viðauki 1. Leiðbeiningar um filmuskripti ofl	10
Viðauki 2. Grunnstærðir og mælieiningar geislavarna	11

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 háþörk 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 lögbundnum verkefnum Geislavarna ríkisins

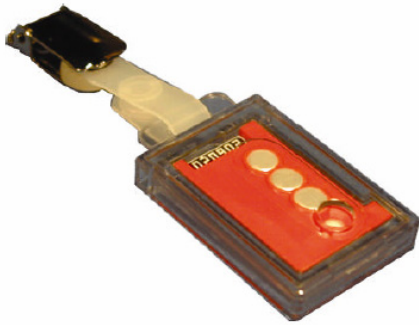
Eftirlitið byggist á því að hver starfsmaður sem eftirlitið beinist að ber einstaklingsgeislaæli sem mælir þá geislun sem viðkomandi starfsmaður verður fyrir vegna vinnu sinnar við geislatæki og/eða geislavirk efni. Eftirlitið nær ekki til mats á magni geislunar vegna geislavirkra efna sem berast inn í líkamann.

Eftirlit Geislavarna ríkisins með geislaálagi starfsmanna byggir á notkun geislaælifilmu sem er höfð í þar til gerðu filmuhylki (sjá mynd 1).

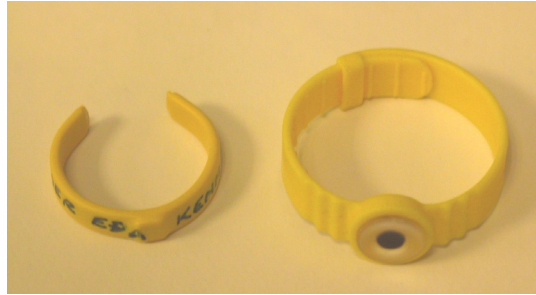


Mynd 1. Filmuhylki og mælifilma. Sýnishorn af framkölluðum filmum sem bera merki geislunar

Einnig er til ýmis annar mælibúnaður sem notaður er eftir þörfum og hentugleikum, svo sem TLD flögur í sérstökum mælihylkjum (sjá mynd 2), TLD hringir (sjá mynd 3), rafeindamælar, svonefndar rafnælur (sjá mynd 4) og mælar til þess að mæla nifteindageislun (sjá mynd 5).



Mynd 2. TLD – geisla mælihylki



Mynd 3. TLD-hringir, geisla mælar fyrir hendur.



Mynd 4. Rafrenn geisla mælir – rafnæla



Mynd 5. Nifteindamælihylki

Markmið eftirlitsins og hámarks geislunar

Markmiðið með eftirlitinu er einkum tvíþætt. Í fyrsta lagi að staðfesta að geislunin sé ætíð eins lítil og unnt er með skynsamlegu tilliti til aðstæðna og í öðru lagi að tryggja að öll starfsemi með geislataeki og geislavirk efni fari fram með þeim hætti að geislaálag starfsmanna sé ætíð innan við þau mörk sem Alþjóðageislavarnaráðið (ICRP) hefur sett. Samkvæmt leiðbeiningum ICRP í riti nr. 60 sem út kom árið 1990 skal fylgjast með geislaálagi allra starfsmanna sem verða fyrir geislun við störf sín, nema ljóst sé að geislaálagið sé innan þeirra marka sem gilda fyrir almenning.

Í reglugerð nr. 627/2003, töflu 1, kemur fram hver eru hámarks geislaálags fyrir starfsmenn, en geislaálag á allan líkamann má ekki verða meira en sem svarar 20 mSv/ári að meðaltali, þannig að fyrir 5 ára tímabil fari það ekki yfir 100 mSv og aldrei meira en 50 mSv fyrir einstakt ár. Fyrir hendur og húð er hámarkið 500 mSv/ári og 150 mSv fyrir linsu augans. Fyrir barnshafandi konur skulu vinnuaðstæður vera þannig að mjög ólíklegt sé að geislaálag fósturs verði meira en 1 mSv frá þeim tíma sem þungun er tilkynnt vinnuveitanda og til loka meðgöngu.

Þess skal gætt á hverjum vinnustað að halda geislaálagi starfsfólks eins litlu og unnt er með skynsamlegu tilliti til aðstæðna. Sem dæmi má nefna, að meðalgeislaálag hvers mælitímabils (2 mánuðir) á röntgendeildum liggur undir 0,1 mSv. Þó gerist það að þeir sem vinna við skyggingu verði fyrir geislun er nemur 0,5 - 1,0 mSv eða meira. Geislaálag yfir 10 mSv á ári er mjög sjaldgæft, en kemur þó fyrir. Neðri mörk geislaálags sem mælist með mælifilmu í filmuhykki er um 0,1 mSv. Tilvik um geislaálag neðan þessara marka er því ekki skráð.

Fyrir nemendur og lærlinga sem eru á aldrinum 16 – 18 ára er hámark geislaálagsins 6 mSv/ári að meðaltali, 150 mSv fyrir útlimi og húð og 50 mSv fyrir linsu augans. Fyrir almenning eru þessi gildi 1 mSv, 50 mSv og 15 mSv á ári.

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 : “Vinnusvæði þar sem starfsmenn geta orðið fyrir árlegu geislaálagi sem nemur meira en 30% árlegra hámarka. Vinnusvæði þaðan sem geislavirk efni geta dreifst og mengað önnur svæði og þar sem gera þarf ráðstafanir til þess að hindra slíkt.” Lokað svæði er þannig vinnusvæði þar sem árleg geislun á allan líkamann getur orðið meiri en 6 mSv, meiri en 150 mSv á hendur og húð og meiri en 45 mSv á augu. Samkvæmt 14. grein reglugerðar nr. 627/2003, 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: “Vinnusvæði önnur en lokuð svæði þar sem grípa þarf til aðgerða til að verja starfsmenn og aðra gegn geislun..”. Hér er um að ræða svæði þar sem geislaálag starfsmanna getur orðið meira en 1 mSv en minna en 6 mSv. Á eftirlitssvæði skulu vera merkingar sem gefa til kynna að viðkomandi svæði er eftirlitssvæði, tegund geislagjafa og til staðar skulu vera viðeigandi vinnureglur og leiðbeiningar.

Almennsvæði eru þau svæði á vinnustað sem ekki eru skilgreind sem lokuð svæði eða eftirlitssvæði. Þar eiga starfsmenn ekki að geta orðið fyrir meiri geislun en sem svarar hámarki geislaálags fyrir almenning (1 mSv/ári).

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

Samkvæmt 16. grein reglugerðar nr. 627/2003 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 staðfesta 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 að hluta sem lokuð svæði og að hluta sem eftirlitssvæði renna saman í eitt. Við slíkar aðstæður þarf að meta sérstaklega með hvaða starfsmönnum er haft einstaklingsbundið eftirlit.

Á sumum stöðum þar sem unnið er með jónandi geislun eru aðstæður þannig að ólíklegt er að geislaálag starfsmanna sé umfram þau mörk sem gilda fyrir almenning (1 mSv/ári). Starfsmenn við slíkar aðstæður eru ekki geislastarfsmenn og þarf því ekki að hafa eftirlit með geislaálagi þeirra.

Það eru stundum óskýr mörk á milli starfsmanna á sama vinnustað sem vinna mikið með geislatæki og geislavirk efni og þeirra sem koma lítið að slíkri vinnu eða sem eru þannig staðsettir við vinnu sína að geislaálag þeirra er mjög lítið eða hverfandi. Því er oft erfitt að meta fyrirfram hvaða starfsmenn á vinnustað eins og röntgendeild eigi að bera einstaklingsgeislaæla. Taka verður tillit til margra þátta sem snúa að starfsemi, vinnuástöðu og vinnubrögðum. Um er að ræða atriði eins og um hvers konar geislauppsprettu er að ræða, hve lengi viðkomandi vinnur við geislauppsprettu, hvaða skermunarfyriðkomulag er á staðnum, um hvaða fjarlægðir er að ræða og hvaða möguleikar eru á óhappi með geislalind eða geislatæki. Meta verður 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 að beita einstaklingsbundnu eftirliti.

1. Starfsmenn sem vinna við læknisfræðilega geislun, þ.e. aðstoða við eða framkvæma röntgenrannsóknir að minnsta kosti tvisvar í viku. Hér er t.d. um að ræða starfsmenn á röntgen- eða myndgreiningardeildum og hjarta- og æðapræðingastofum. Einnig starfsmenn á skurðstofum og röntgenstofum þar sem notuð eru föst röntgentæki. Undanþegnir eru starfsmenn sem starfa skemur en í tvo mánuði og starfsmenn sem eingöngu vinna með beinþéttimælíbúnað.
2. Starfsmenn sem vinna við uppsetningar, viðgerðir og viðhald á röntgentækjum og öðrum geislunarbúnaði.
3. Starfsmenn hjá hnykkjum sem aðstoða við eða framkvæma röntgenrannsóknir að minnsta kosti tvisvar í viku þó ekki færri en einn starfsmaður fyrir hvert röntgentæki óháð notkun. Undanþegnir eru starfsmenn sem starfa skemur en í tvo mánuði.
4. Starfsmenn við dýralækningar, sem aðstoða við eða framkvæma röntgenrannsóknir að minnsta kosti tvisvar í viku þó ekki færri en einn starfsmaður fyrir hvert röntgentæki óháð notkun. Undanþegnir eru starfsmenn sem starfa skemur en í tvo mánuði.
5. Starfsmenn sem vinna við geislalækningar og framkvæma eða aðstoða við framkvæmd geislunar á sjúklinga. Einnig starfsmenn sem vinna við framkvæmd gæðaeftirlits með geislalækningabúnað.
6. Starfsmenn sem vinna með opnar geislalindir í sjúkdómsgreiningu, rannsóknum og geislalækningum,
 - a. ef styrkur þeirra gammageislandi efna sem meðhöndluð eru í hvert sinni er meiri en 100 MBq
 - b. ef styrkur þeirra betageislandi efna, með meira en 300keV orku, sem meðhöndluð eru í hvert sinn er meiri en 10MBqUndanþegnir eru starfsmenn sem vinna eingöngu með geislavirk efni sem gefa frá sér orkulitla betageislun eins og trítíum (H-3), kolefni 14 (C-14) og brennistein (S-35).

7. Starfsmenn sem vinna við röntgenmyndgerð í iðnaði, hvort sem unnið er við opna eða lokaða aðstöðu.
8. 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.
9. Starfsmenn sem vinna við uppsetningar, viðgerðir og viðhald á búnaði sem inniheldur sterkar geislalindir eða geislalindir með háan geislunarstyrk.
10. Starfsmenn sem vinna með gamma- og/eða nifteindageislalindir, s.s. við rannsóknir á/i borholum. Einnig þarf að meta hvort starfsmenn þurfi að bera geislaþæmi sem eru sérstaklega hannaðir til þess að nema nifteindageislun.
11. Við aðra starfsemi með geislalindir þar sem einstaklingsbundið eftirlit er skilyrt í leyfi til notkunar eða samkvæmt öðrum gögnum.

Aðstæður þar sem yfirleitt er ekki þörf á einstaklingsbundnu eftirliti.

1. Röntgenmyndgerð þar sem starfsmaður er ávallt í aðskildu stjórnherbergi sem er vel skermað og hefur hvorki verið skilgreint sem lokað svæði né sem eftirlitssvæði.
2. Við röntgenmyndgerð í tannlækningum, þ.e. við notkun á almennum tannröntgenbúnaði.
3. Vinna við röntgenbúnað sem notaður er við skoðun á pósti eða farangri og efnagreiningarbúnað þar sem ekki er mögulegur beinn aðgangur að frumgeisla tækisins.
4. Vinna á svæðum nálægt vel vörðum geislalindum þar sem ekki er hægt að setja líkamann eða einhvern hluta líkamans í frumgeisla eða verða fyrir frumgeislun á annan hátt. Hér er t.d. um að ræða vinnu nálægt hæðarmælum í iðnaði.
5. Vinna með betageislandi efni sem hafa lægri orku en 300keV.

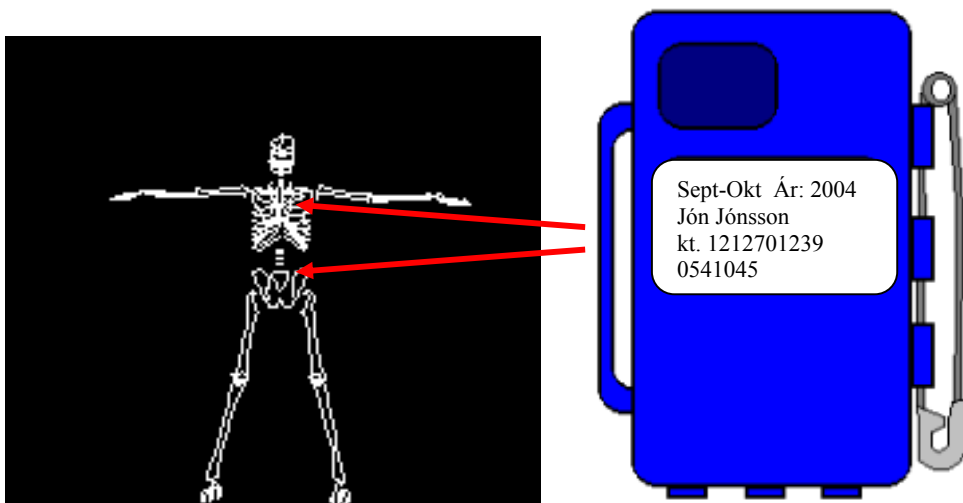
Notkun geislaálagsmælinga

Geislaálagsmælingar með mælifilmsum er auðveld og ódýr leið til þess að fylgjast með geislaálagi starfsmanna sem verða fyrir ytri geislun við störf sín. Því ættu starfsmenn sem vinna við jónandi geislun að bera geislaálagsmælingu nema ljóst sé að geislaálag þeirra vegna ytri geislunar er vel innan þeirra marka sem tiltekin eru fyrir lokuð svæði.

Leiðbeiningar um notkun

Leggið filmuna í filmuhylkið, þannig að nafn notandans sjáist í glugga á framhlið. Filman skal borin í tvo mánuði. Fyrir byrjun hvers tímabils senda Geislavarnir ríkisins nýjar filmur, þannig að hægt sé 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 og mælingin orðið röng. 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.

Einstaklingsgeislaálag skal bera framan á líkama í mittis- eða brjósthæð. Við vinnu á ísótóparannsóknarstofum ætti að bera mæli í brjósthæð, þar sem meiri líkur eru á að efri hluti líkamans verði fyrir geislun við vinnu með geislavirk efni. Þegar notuð er blýsvunta á að setja filmuhylkið undir svuntuna.



Viðauki 1. Leiðbeiningar um filmuskipti ofl.

(sjá einnig baksíðu nafnalista og niðurstöðublaðs)

FILMUSKIPTI

Starfsmenn sem vinna við jónandi geislun bera mælifilmu til þess að hægt sé að fylgjast með þeirri geislun sem þeir verða fyrir við vinnu sína. Í byrjun hvers tímabils senda Geislavarnir ríkisins nýjar mælifilmur og **nafnalista** til notenda, þar sem fram kemur nafn, fæðingardagur, fæðingarmánuður og starfsheiti hvers notanda, ásamt filmunúmeri fyrir það tímabil. Á hverri filmu er nafn og kennitala, ásamt filmunúmeri. **Filmuskipti skulu eiga sér stað 1. virkan dag tímabilsins og eigi síðar en 5. virkan dag tímabilsins skal senda filmur eldra tímabils til Geislavarna ríkisins.** Þetta er nauðsynlegt til þess að þær berist tímanlega til framköllunar. Að öðrum kosti geta liðið allt að 2 mánuðir þar til filman verður framkölluð og geislaálag metið. Stofnunin sendir mæliniðurstöður eins fljótt og auðið er.

NÖFN, KENNITÖLUR OG STARFSHEITI

Athugið að nöfn, fæðingardagur, fæðingarmánuður og starfsheiti séu rétt á **nafnalistanum** og tilkynnið allar breytingar með því að hringja í síma 552 8200 eða sendið listann með breytingum í myndsendi í síma 552 8202 eða í pósti til stofnunarinnar. **Fyrir nýja starfsmenn þarf að tilkynna nafn, kennitölu, starfsheiti og vinnustað.** Allar breytingar má einnig tilkynna með tölvupósti til: filmur@gr.is. Nýir starfsmenn fá filmur og filmuhylki (ef á þarf að halda) frá stofnuninni um leið og tilkynning um þá berst.

FILMUR OG FILMUHYLKI

Þegar skipt er um filmu í filmuhylkinu skal athuga hvort málmplötur hylkisins séu til staðar og fastar. Ef svo er ekki skal óskað eftir nýju hylki hjá stofnuninni. Varist að beygla filmuna eða skilja hana eftir nálægt ofni eða í beinu sólarljósi. **Varist sérstaklega að breyta staðsetningu filmunnar í hylkinu á mælitímabilinu. Mæliniðurstöður** eru birtar fyrir allar mælifilmur sem berast á réttum tíma. Mælifilmur sem berast einu ári eða meira of seint, er ekki hægt að meta.

STAÐSETNING FILMUHYLKIS

Bera skal filmuhylkið á brjósti eða í mittisstað. Þegar notuð er blýgúmmísvunta skal ávallt bera filmuna **undir** svuntunni. Þeir starfsmenn sem vilja fá mælingu á geislun m.t.t. háls, höfuðs eða útlíma geta pantað slíka mælingu hjá stofnuninni. Notaðar eru TLD-flögur í sérstöku hylki til mælinganna.

MAT Á STÆRÐ GEISLAÁLAGS

Á blaði með **mæliniðurstöðum** geta birst tvær mælistærðir fyrir geislaálag, Hp(10) og Hp(007). Filmurnar eru kvarðaðar til að meta geislaálag einstaklinga annars vegar út frá geislaskammti í 10 mm dýpi í vef, og hins vegar til að meta geislaálag á húð, miðað við geislaskammt í 0,07 mm dýpi. Filmur þeirra sem vinna aðeins með röntgengeislun eða gammageislun, bera oftast aðeins merki um geislaskammt í 10 mm dýpi (Hp(10) á blaði), en geislaskammtur í 0,07 mm dýpi er ekki mælanlegur (Hp(007)). Filmur þeirra sem vinna með betageislun eða við fótónur með mjög lága orku (<20 keV), geta aftur á móti borið

merki um að á hana hafi fallið orkulítil geislun eða betageislun sem sést á því að Hp(007) veður mælanlegt.

Samkvæmt reglum Alþjóðageislavarnaráðsins (ICRP) frá 1990 eru efri mörk þeirrar geislunar sem starfsfólk má verða fyrir við starf sitt 20 mSv á ári að meðaltali yfir 5 ára tímabil, en þó aldrei hærra en 50 mSv á einu ári, miðað við geislun á allan líkamann. Efri mörk geislunar á útlími eina eru 500 mSv árlega og á augu 150 mSv árlega. Þess skal gætt á hverjum vinnustað að halda geislaálagi starfsfólks eins lágu og framast er unnt. Sem dæmi má nefna að meðalgeislaálag á tímabili á röntgendeild liggur undir 0,1 mSv.

KOSTNAÐUR

Í lok hvers árs er talið saman hve margar filmur voru sendar hverjum notanda og er innheimt fyrir hverja útsenda filmu samkvæmt gjaldskrá sem Heilbrigðis- og tryggingamálaráðuneytið gefur út árlega.

Dæmi um niðurstöður filmumælinga:



Geislavarnir ríkisins
Eftirlitssvið
Jóna Gréta Einarsdóttir
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík - Ríkisstofnanir

GEISLAVARNIR RÍKISINS

ICELANDIC RADIATION PROTECTION INSTITUTE

Eftirlit með geislaálagi starfsfólks,
sem starfar við jónandi geislun

MÆLINIÐURSTÖÐUR

Tímabilið: maí-júní 2003

Nafn	Fd. mán	GEISLAÁLAG mSv		Athugasemdir (TLDdós)
		Hp10	Hp007	
Guðlaugur Einarsson	0611	0,0		
Jóna Gréta Einarsdóttir	0711	0,0		
Kjartan Guðnason	2511	0,0		
Magnús Sigurgeirsson	1110	0,0		
Sigurður Emil Pálsson	1606	0,0		
Þorgeir Sigurðsson	1401	0,0		

Viðauki 2. Grunnstærðir og mælieiningar geislavarna

Alþjóðleg hugtök í geislavörnum hafa einkum verið mótuð af alþjóðlegri nefnd vísindamanna, Alþjóðageislavarnaráðinu, 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 (<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 _T	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	mansívert (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 $1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} C / kg$

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 $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$

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 $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$

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:

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

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 geislaálagunar 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).