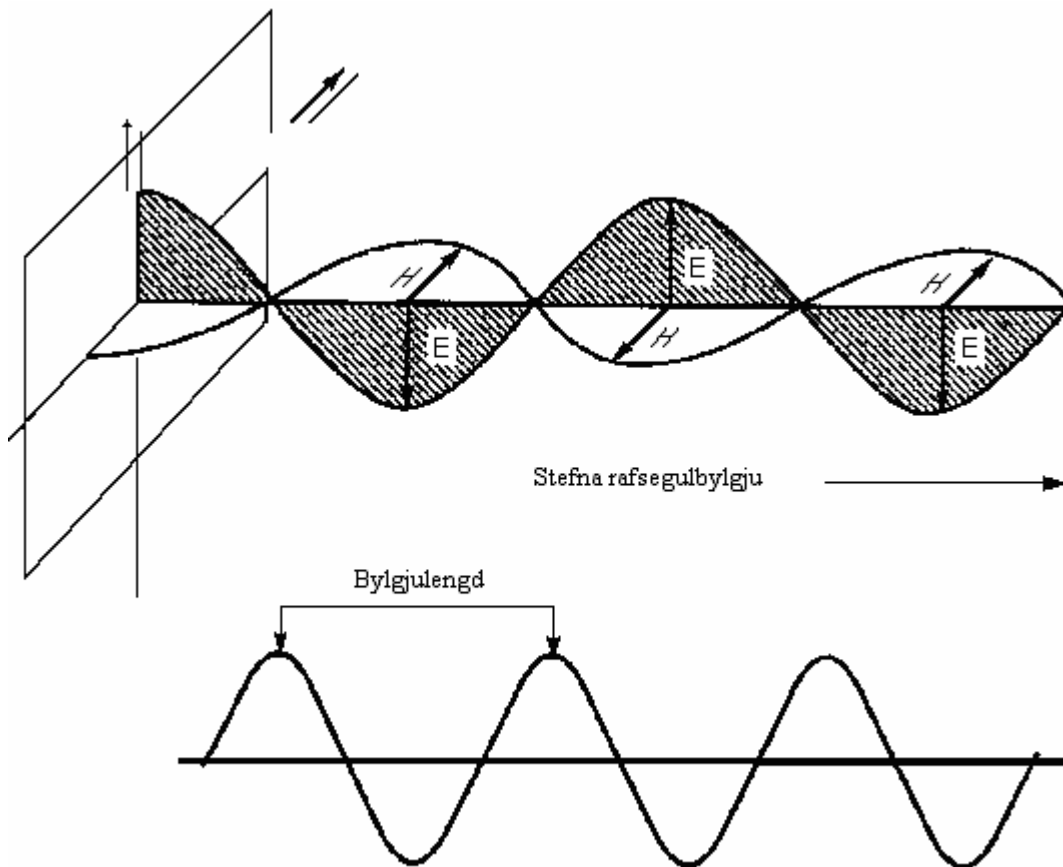


**Tæknilegt
fræðsluefni um rafsegulsvið
og viðmiðunarmörk**



Mynd 1 Rafsegulbylgja í fjar sviði. Rafsvið (E) og segulsvið (H) eru hornrétt hvort á annað.

TÆKNILEGT FRÆÐSLUEFNI UM RAFSEGULSVIÐ OG VIÐMIÐUNARMÖRK	1
1 Inngangur	3
1.2 Reglur, ráðleggingar, viðmið	3
2 Tíðnisvið ójónandi geislunar	5
3 Bylgjulengd, tíðni og aflnotkun	6
4 Fótónuorka og áhrif geislunar	7
5 Grunnildi ICNIRP	8
6 Upphitunaráhrif (SAR- gildi)	9
7 Fjarsvið	10
8 Viðmiðunarmörk þegar tíðni er hærri en 10 MHz í fjarsviði	11
8.1 FM- útvarp	11
8.2 Örbylgjur	12
8.3 Farsímasendar á háhýsum og á möstrum	12
8.4 Ratsjástöðvar	14
8.5 Örbylgjuofnar	15
8.6 Gervihnettir og jarðstöðvar	16
9 Viðmiðunarmörk fyrir allar tíðni í fjarsviði og nærsviði	17
9.1 Háspennulínur og spennustöðvar	18
9.2 Sjónvarpsskjáir	19
9.3 Spansuðuhellur	19
9.4 Langbylgjusendar	20
9.5 Farsímar	20
10 Nokkur atriði sem torvela mælingar	21
10.1 Staðlanefndir	22
11 Niðurlag - Barnahvítblæði og varúðarreglur	23
12 Atriðaorðaskrá	24
13 Helstu heimildir og vefslóðir þeirra	25

1 Inngangur

Samkvæmt lögum um geislavarnir, nr. 44/2003, fellur eftirlit með allri geislun í umhverfi almennings undir verksvið Geislavarna ríkisins hvort sem hún er jónandi eða ójónandi. Til almennings teljast allir aðrir en þeir starfsmenn sem vinna við ójónandi geislun og annast Vinnueftirlit ríkisins eftirlit með ójónandi geislun í vinnuumhverfi slíkra starfsmanna (oftast er um að ræða fagmenn á einhverju sviði rafmagnsnotkunar).

Á hverju ári berast Geislavörnum ríkisins fjölmargar formlegar og óformlegar fyrirspurnir frá opinberum stofnunum, fyrirtækjum og frá almenningi um hugsanlega skaðsemi ójónandi geislunar frá tækjum sem nota rafmagn m.a. frá háspennulínunum og GSM sínum. Í þessu riti er gerð grein fyrir þeim viðmiðunarmörkum sem gilda um ójónandi geislun og ætlað er að tryggja að slík geislun sé ekki skaðleg mönnum. Þessi viðmiðunarmörk eru hér útskýrð og í framhaldinu er sagt frá algengum tækjum í umhverfi almennings og geislun frá þeim borin saman við viðmiðunarmörkin.

Orðið **rafsegulsvið** getur átt eingöngu við **rafsvið** eða eingöngu við **segulsvið** en oftast er átt við báðar tegundir sviða sem eru til staðar samtímis. Hér er ekki fjallað um rafsvið eða segulsvið sem eru stöðug (þ.e. sveiflast ekki með tíma) en segulsvið jarðar er dæmi um slíkt svið. Hér er ekki heldur fjallað um svið af hærri tíðni en 300 GHz en slíkt svið framkalla m.a. hitageislun og útfjólublátt ljós.

Breytingar á rafsegulsviði berast út með **rafsegulbylgjum** á ljóshraða. Með orðinu **geislun** er hér alltaf átt við þann orkuflutning sem á sér stað með rafsegulbylgjum (.en ekki geislun með efnisögnum). Rafsegulbylgjur eru myndaðar úr rafsviði (eining V/m) og segulsviði (eining A/m). **Geislunarstyrkur** á gefnum stað er sú orka sem flæðir í gegnum einn fermetra á hverri sekúndu (eining W/m^2).

1.2 Reglur, ráðleggingar, viðmið

Geislavarnir ríkisins taka mið af leiðbeiningum Alþjóða geislavarnaráðsins fyrir ójónandi geislun **ICNIRP** (borið fram „Ikknirp“, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, sjá www.icnirp.de). Í leiðbeiningum ICNIRP frá 1998 um mesta styrk rafsegulsviða með lægri tíðni en 300 GHz ([Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields \(up to 300 GHz\)](#))[1] eru sett fram viðmiðunarmörk til verndar fólki sem byggð eru á varkárri túlkun vísindaniðurstaðna.

Á Norðurlöndum hafa Sænsku geislavarnirnar (SSI) staðið framarlega í umræðu um ójónandi geislun. Í desember 2002 gaf SSI út rit með ráðleggingum um viðmiðunarmörk geislunar á almenning vegna rafsegulsviða ([SSI FS 2002:3](#)) [2]. Þetta rit byggir á ráðlegginum ESB frá 1999 ([Council Recommendation](#) [3]) sem aftur byggir á fyrrnefndum leiðbeiningum ICNIRP.

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, WHO hefur á vefsíðum sínum birt yfirlit um lög og reglur um rafsegulsvið (EMF) sem eru í gildi vítt og breitt um heiminn (www.who.int) [4].

Í kafla 5 er birt tafla með **grunnngildum** ICNIRP (e. *basic restrictions*) sem lýsa þeim áhrifaþáttum sem skal takmarka. Grunnngildin eru ekki alltaf mælanleg og í kafla 9 er önnur tafla með mælanlegum **viðmiðunarmörkum** (e. *reference levels*) sem eiga að tryggja að grunnngildin séu innan marka. Þó að fljótlegt sé að lýsa þeim grundvallarsjónarmiðum sem ICNIRP byggir á er ekki einfalt að lýsa þeim mælingum sem gera þarf til að staðfesta að rafsegulsvið séu neðan viðmiðunarmarka. Þetta er m.a. vegna þess að viðmiðunarmörkin breytast með tíðni rafsegulsviðs og vegna þess að stundum þarf bæði að mæla segulsvið og rafsvið en stundum er nóg að mæla annaðhvort. Í næstu köflum eru útskýrð nokkur hugtök sem notuð eru til að setja fram viðmiðunarmörk.

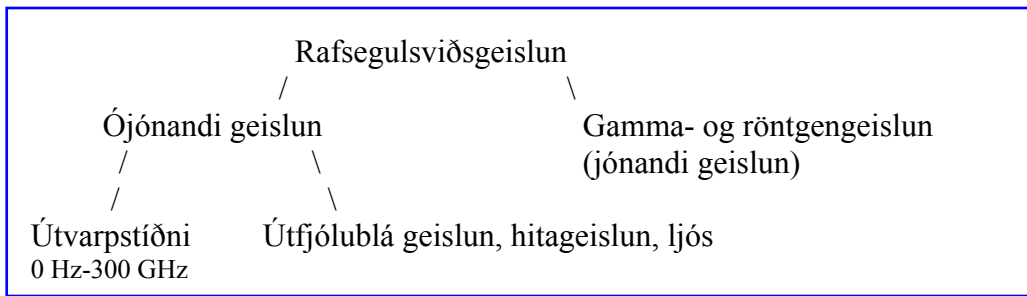
Leiðbeiningar ICNIRP hafa verið þýddar á fjölmörg tungumál en ekki á íslensku. Ekki ber að líta á þetta fræðslurit sem löggilda þýðingu á þessum leiðbeiningum eða hluta þeirra og ef einhver munur er á þessum texta og texta ICNIRP gildir eingöngu enskur texti ICNIRP.

2 Tíðnisvið ójónandi geislunar

Ójónandi geislun er með lægri tíðni en 3000 THz og er skilgreind þannig í lögum um geislavarnir nr. 44/2002:

„Útfjólublá geislun og allar aðrar rafsegulbylgjur með lengri bylgjulengd, svo sem örbylgjur eða aðrar rafsegulbylgjur sem hafa hliðstæð líffræðileg áhrif, svo og rafsegulsvið.“

Ójónandi geislun má skipta í tvennt: Annars vegar er geislun með hærri tíðni en 300 GHz sem menn geta skynjað annaðhvort sem hitageislun eða sem ljós og hins vegar er geislun með tíðni útvarpsbylgja, minni en 300 GHz sem skynfæri manna eru ónæg fyrir. Það er sú geislun sem hér er fyrst og fremst til umfjöllunar (sjá *Mynd 2*).



Mynd 2 sýnir skiptingu geislunar eftir tíðni.

Í meðfylgjandi töflu er sýnd skipting IEEE á útvarpstíðnum (IEEE eru Alþjóðleg samtök rafmagnsverkfæðinga). UHF, SHF og EHF eru tíðnir örbylgja.

Tafla 1. Skammstafanir sem lýsa skiptingu tíðnirófsins

Skammstöfun	Nafn á ensku	Tíðni
ELF	Extreme Low frequency	30 Hz < f < 300 Hz
VF	Voice Frequency	300 Hz < f < 3000 Hz
VLF	Very Low Frequency	3 kHz < f < 30 kHz
LF	Low Frequency	30 kHz < f < 300 kHz
MF	Medium Frequency	300 kHz < f < 3000 kHz
HF	High Frequency	3 MHz < f < 30 MHz
VHF	Very High Frequency	30 MHz < f < 300 MHz
UHF	Ultrahigh Frequency	300 MHz < f < 3000 MHz
SHF	Superhigh Frequency	3 GHz < f < 30 GHz
EHF	Extreme High Freq.	30 GHz < f < 300 GHz

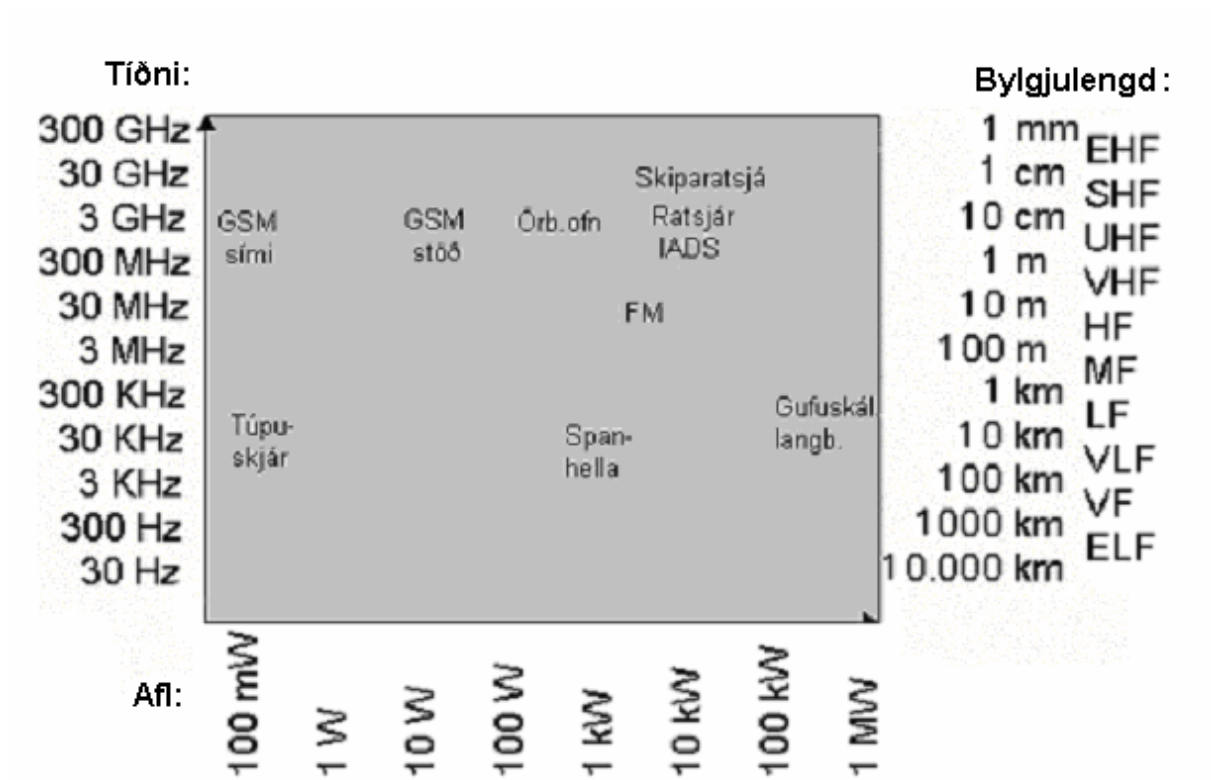
3 Bylgjulengd, tíðni og aflnotkun

Rafsegulsviðsgeislun berst út með rafsegulbylgjum á ljóshraða. Rafsegulbylgjur hafa **bylgjulengd** og er sambandi bylgjulengdar, λ og tíðni, f lýst með (1) þar sem c er ljóshraðinn:

$$(1) \quad \text{Bylgjulengd og tíðni: } \lambda = c/f$$

$$(c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s})$$

Geislunarstyrkur eru þeim mun meiri sem aflnotkunin er meiri. *Mynd 2* sýnir ýmsa notkun rafsegulsviða. Á myndinni sést m.a. að FM útvarpssendir er með VHF tíðni, tíðnin er á bilinu 30-300 MHz, bylgjulengdin er á bilinu 1-10 m og **aflnotkun** er mæld í kílówöttum (kW).



Mynd 2 Tíðni, bylgjulengd og aflnotkun við dæmigerða notkun rafsegulsviðs.

Fótónuorka geislunar vex ekki með auknum geislunarstyrk. Fótónuorkan er tengd tíðni rafsegulsviðs eins og lýst er í næsta kafla.

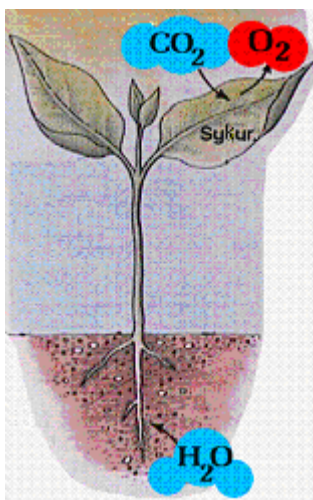
4 Fótónuorka og áhrif geislunar

Orkustreymi með rafsegulbylgjum skiptist í marga litla orkuskammta sem berast áfram með massalausum öreindum sem kallast fótónur. Þegar geislunarstyrkur eykst, fjölga fótónum en þær verða ekki orkumeiri. Orkuskammtur í hverri fótunu fer aðeins eftir tíðninni og hækkar með henni. Þegar eiginleikum jónandi geislunar er lýst (gammageislun og röntgengeislun) er venja að tala um **fótónuorku** geislunarinnar (eining: eV) fremur en að tala um tíðni geislunar eða bylgjulengd.

Plancksfastinn h , lýsir sambandi fótónuorku og tíðni rafsegulgeislunar, f :

$$(2) \quad \text{Fótónuorka: } E = hf \\ (h = 4,13 \cdot 10^{-15} \text{ eVs})$$

Samkvæmt (2) hefur t.d. rafsegulgeislun með tíðni 3000 THz fótónuorku sem er u.þ.b. 12 eV.



Mynd 3 Ljóstillífun: $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Fótónur í geislun með tíðni undir 300 GHz eru ekki með næga fótónuorku til að skilja rafeindir (af innra hveli) frá atómi í efni, (eins og fótónur í jónandi geislun geta) eða til að valda efnahvörfum („photochemical effect“) eins og fótónur í sýnilegri geislun (< 3000 THz). Dæmi um efnahvörf sýnilegrar geislunar er ljóstillífun:

Þótt fótónur í geislun með útvarpstíðni (tíðni undir 300 GHz) séu ekki jónandi og geti t.d. ekki rofið DNA-efnatengsl, getur geislunin engu að síður haft óæskileg líffræðileg áhrif ef hún er nægilega mikil.

Þekkt líffræðileg áhrif geislunar með tíðni minni en 300 GHz eru vegna áhrifa rafsviðs og segulsviðs á leiðandi efni (sjá bls. 496 í skjali ICNIRP [1]). Geislunin getur hækkað hitastig í líkamsvef og einnig myndað rafstrauma sem m.a. geta truflað taugaboð. Ef geislunin hefur háa tíðni eru upphitunaráhrifin ráðandi áhættuvaldur en ef geislunin er með lága tíðni skiptir rafstraumurinn meira máli.

5 Grunnildi ICNIRP

Í riti ICNIRP [1] (bls. 508] er tíðnisviði rafsegulgeislunar skipt niður á eftirfarandi hátt og takmörk sett á eftirtaldar stærðir:

1. Milli 1 Hz og 10 MHz eru takmörk sett á þéttleika rafstraums í líkama manns til að forðast áhrif á starfsemi taugakerfis. Þessum takmörkum er lýst með grunnildum sem hafa eininguna: mA/m²
2. Milli 100 kHz og 10 GHz eru takmörk sett á aflupptöku, **SAR** (e. *Specific Absorption Rate*.) bæði í líkamanum öllum og í einstökum líffærum til að forðast upphitunaráhrif. Takmörkum er lýst með grunnildum sem oft eru kölluð SAR-gildi og eru með eininguna: W/kg. Á milli 100 kHz og 10 MHz gilda takmarkanir bæði á SAR og straumþéttleika.
3. Milli 10 GHz og 300 GHz eru takmörk á aflþéttleika (geislunarstyrk) til að koma í veg fyrir óhóflega hitnun húðar eða líffæra nálægt yfirborði líkamans. Grunnildi hafa eininguna: W/m²

Tafla 2 Grunnildi ICNIRP fyrir almenning

Tíðnisvið	Straum- þéttleiki (mA/m ²)	SAR (líkama) (W/kg)	SAR fyrir höfuð og bol (W/kg)	SAR fyrir útlími (W/kg)	Geislunar- styrkur (W/m ²)
>0 Hz - 1 Hz	8				
1 Hz - 4 Hz	8/f				
4 Hz - 1 kHz	2				
1 kHz - 100 kHz	f/500				
100 kHz - 10 MHz	f/500	0,08	2	4	
10 MHz - 10 GHz		0,08	2	4	
10 GHz – 300 GHz					10

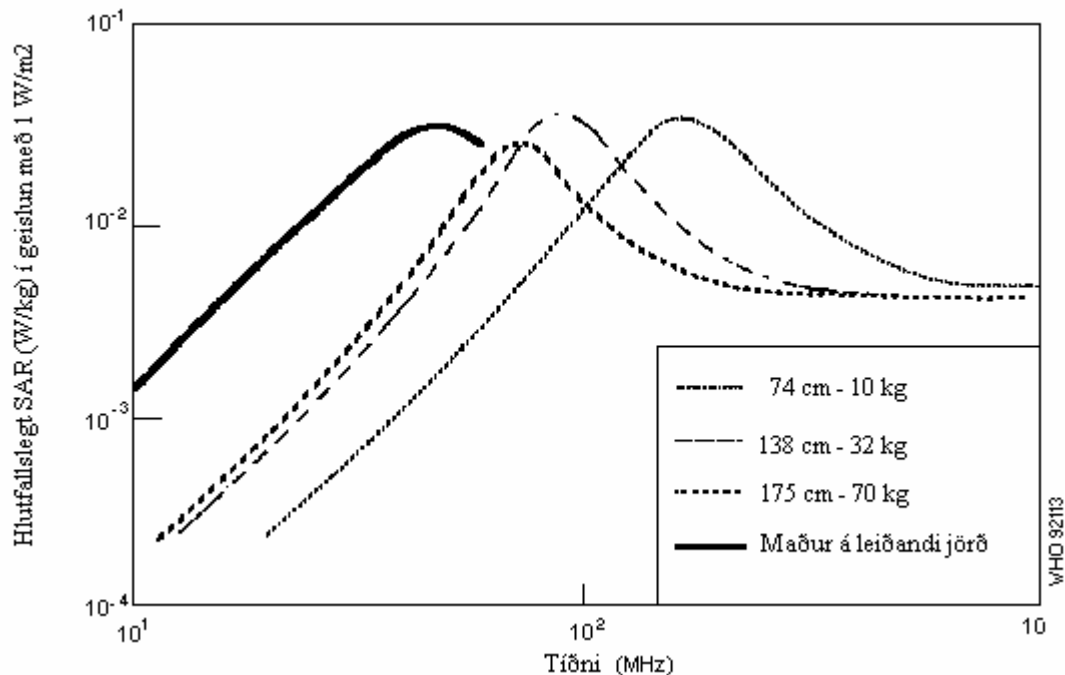
1. f er tíðni í Hz
2. Straumþéttleiki reiknast sem meðaltal á 1 cm² hornrétt á strauminn
3. Ef tíðni er minni en 100 kHz fæst straumþéttleiki í toppgildum (e. *peak current density*) með því að margfalda rms-gildin með $\sqrt{2}$. Fyrir straumpúlva af tímalengd t_p skal nota tíðnina $f = 1/(2t_p)$
4. Fyrir tíðni sem er minni en 100 kHz og fyrir segulsviðspúlva fæst straumþéttleiki sem bera skal saman við grunnildi út frá ris-/falltíma púlvarsins og út frá mestu tímabreytingu þéttleika segulflæðis (e. *maximum rate of change of magnetic flux density*).
5. SAR-gildi eru mæld sem 6 mínútna meðaltal.
6. SAR-gildi í höfði, bol og útlímum reiknast sem meðaltal vefjar sem er 10 grömm og samfelldur. Nota skal hæsta gildi.
7. Fyrir straumpúlva af tímalengd t_p skal nota tíðnina $f = 1/(2t_p)$ við samanburð á grunnildum. Ef tíðnin er á milli 0,3 GHz til 10 GHz og ef púlvar eru styttri en 30 μ s og ef geislun beinist að höfði manns er mælt með viðbótartakmörkun um að orkuupptaka fyrir hvern púlva fari ekki yfir 2mJoule/kg. Þetta er til að forðast heyrnlegt hljóð (e. *auditory effects*).

Auðvelt er að mæla geislunarstyrk í lofti í nágrenni við tiltekinn geislagjafa en sjaldan er framkvæmanlegt að mæla SAR-gildi eða straumbéttleika inni í mönnum og bera saman við grunn-gildi. Í staðinn eru sett fram viðmiðunarmörk sem takmarka styrk segulsviðs og rafsviðs þannig að ef þess er gætt að þessi svið séu innan viðmiðunarmarka eiga SAR-gildi og straumbéttleiki einnig að vera innan grunn-gilda ICNIRP.

Í næstu köflum er fjallað um ýmis atriði sem þarf að athuga þegar segulsvið og rafsvið eru mæld og borin saman við viðmiðunarmörk ICNIRP.

6 Upphitunaráhrif (SAR- gildi)

Almennt gildir að geislun hefur mest áhrif á þá hluti sem eru álíka stórir og bylgjulengd hennar. Þótt SAR-gildin í *Töflu 2* séu hin sömu fyrir geislun frá 100 kHz til 10 GHz eru líffræðileg áhrif geislunar mest milli 30 MHz og 300 MHz (VHF-tíðni) (sjá næsta kafla og *Mynd 4*). Þetta er vegna þess að maður sem stendur á leiðandi undirlagi virkar eins og útvarpsloftnet sem er næmast fyrir geislun þar sem fjórðungur bylgjulengdar er u.þ.b. jafnlangur og loftnetið. Meðalmaður tekur upp mesta orku í allan líkamann (e. *whole body SAR*) þegar geislun er af tíðni 35 MHz ef hann stendur á leiðandi undirlagi en við 70 MHz ef undirlagið er ekki leiðandi. Stór maður tekur við meiri orku við lægri tíðni en barn sem tekur við meiri orku við hærri tíðni. (Sjá nánar bls. 497 í leiðbeiningum ICNIRP [1])



Mynd 4 Rannsókn um upptöku afls (SAR gildi) í líkama manns við mismunandi tíðni og eftir því hvort gert er ráð fyrir að staðið sé á leiðandi undirlagi eða ekki. Myndin er úr ritinu EHC 137 [5]

Reglur og staðlar taka tillit til þess að upphitunaráhrif rafsegulsviðs eru mest á tíðnisviðinu 30-300 MHz.

7 Fjarsvið

Til að tryggja að SAR-gildi séu innan ákveðinna marka er oft nóg að mæla eitt af þrennu, geislunarstyrk (eining W/m^2), rafsvið (eining V/m) eða segulsvið (eining annaðhvort A/m eða Tesla). Ef ein af þessu stærðum er mæld má reikna hinar út en skilyrði fyrir því að það sé hægt er að mælingin sé gerð í því sem kallað er **fjarsvið** geislunar. Geislun er í fjarsviði ef meira en ein bylgjulengd er frá upptökum hennar.

Í fjarsviði geislunar er hægt að gera ráð fyrir að lögun rafsegulsviðsins breytist ekki með fjarlægð að uppsprettunni (sjá *Mynd 1*) og hægt er að nota eftirtaldar jöfnur til að tengja saman segulsvið, rafsvið og geislunarstyrk (aflþéttleika).

Tafla 3 Tengsl mælieininga í fjarsviði geislunar (sjá nánar t.d. EHC 137 [5]).

$PD = \vec{E} \times \vec{H}$	PD = Þéttleiki afls (W/m^2) eða geislunarstyrkur
$\frac{E}{H} = 377\Omega$	E = Rafsvið (V/m) H = Segulsvið (A/m) X = Vektormargfeldi Ω = Viðnám (Ohm) 377 Ω = Viðnám í lofttæmi
$PD = \frac{E^2}{3770} = 37,7H^2$	
Í stað segulsviðs, H er oft notaður þéttleiki segulflæðis, B (mælieining Tesla) sem í lofttæmi og líkamsvef tengist H þannig: $B = H \cdot 4\pi 10^{-7} Tm / A$	

Jöfnur í *Töflu 3* er aðeins hægt að nota í fjarsviði. Geislun frá háspennulínunum er dæmi um geislun sem ekki er í fjarsviði (vegna þess að bylgjulengd fyrir 50 Hz er mörg þúsund kílómetrar). Til að meta geislun frá háspennulínunum þarf að mæla bæði segulsvið og rafsvið.

Um geislunarstyrk í fjarsviði gildir að hann minnkar með fjarlægðinni í öðru veldi. Þetta þarf ekki að gilda í nærsviði.

8 Viðmiðunarmörk þegar tíðni er hærri en 10 MHz í fjarsviði

Í eftirfarandi töflu eru viðmiðunarmörk sem gilda í fjarsviði geislunar þegar tíðni er hærri en 10 MHz. Þau eiga að tryggja að upphitun og straumar séu innan grunnilda í *Töflu 2*.

Tafla 4 Viðmiðunarmörk ICNIRP (bls. 511 [1]) í fjarsviði þegar tíðni er hærri en 10 MHz .

Tíðnisvið	Geislunarstyrkur (W/m ²)
10 MHz – 400 MHz	2
400 MHz – 2000 MHz	$f/200$ (tíðni í MHz)
2 GHz – 300 GHz	10

Reikna skal 6 mínútna meðaltal ef tíðnin er milli 10 MHz og 10 GHz. Ef tíðnin er hærri skal reikna meðaltal í $68/f^{1,05}$ mínútur.

Þegar tíðni er hærri en 10 MHz eru líffræðileg áhrif vegna upphitunar ráðandi þáttur sem taka þarf tillit til við takmörkun á geislunarstyrk. Það er eðli upphitunar að verða ekki samstundis og þess vegna er óhætt að vera nokkrar mínútur þar sem geislunarstyrkur er meiri en sýnt er í *Töflu 4* en þó mælir ICNIRP með að toppgildi í geislunarstyrk sé ekki meira en 1000 sinnum hærra en meðaltal sem reiknað er í 6 mínútur. Orkupúls í geislun getur haft hitaþensluáhrif í höfði manns sem getur skapað heyrnlegt hljóð og gilda sérstakar takmarkanir vegna þeirra (sbr. lið 7 í *Töflu 2*).

Þegar geislun er í fjarsviði er nóg að mæla geislunarstyrkinn en einnig má mæla hvert sem er af eftirtöldum gildum rafsvið (E-svið), segulsvið (H-svið), þéttleiki segulflæðis (B-svið) og reikna út geislunarstyrkinn með jöfnum í *Töflu 3*.

Í næstu köflum verður fjallað um algenga geislun í umhverfi almennings sem er með hærri tíðni en 10 MHz og í fjarsviði. Í framhaldinu er síðan fjallað um lægri tíðni og nærsvið.

8.1 FM- útvarp

FM- útvarpstöðvar eru með aflmiklar VHF-sendingar með tíðni um 100 MHz, (bylgjulengd um 3 m). Á þeirri tíðni eru menn næmari fyrir upphitunaráhrifum rafsegulsviðs en á öðrum tíðnum (sjá *Mynd 4*). ICNIRP miðar við að almenningur sé ekki í meiri geislunarstyrk en 2 W/m². Geislunarstyrkur fjarri sendistöðvum er langt undir þessu gildi en hæstu gildi er að finna nálægt sendimöstrum.



Mynd 5 Stjórnstöð á Rjúpnahæð. FM-sendar eru á stæðu lengst til vinstri á mynd.

Oft er mörgum FM-útvarpssendum komið fyrir á einum stað þar sem skilyrði til sendinga eru hagstæð. Dæmi um slíkt er á Rjúpnahæð (*Mynd 5*) þar sem margskonar fjarskiptabúnaður er á háum staurum á afgirtu svæði.

Geislavarnir ríkisins gerðu mælingar í janúar 2004, á geislunarstyrk inni í stjórnstöðvarhúsi á Rjúpnahæð. Samkvæmt þeim mælingum var geislunarstyrkur minni en $0,1 \text{ W/m}^2$ sem er 5% af gildi ICNIRP fyrir almenning (sjá *Töflu 2*). Á stétt utan við stjórnstöðvarhús (sjá *Mynd 5*) nálgudust hæstu gildi að vera af sömu stærðargráðu og viðmiðunarmörk ICNIRP (á bilinu 10-400 MHz) fyrir almenning (en svæðið er ekki opið fyrir almenning).

8.2 Örbylgjur

Örbylgjur hafa tíðni sem er hærri en 500 MHz (0,5 GHz) og eru þær m.a. notaðar til fjarskipta (t.d. GSM), til sjónvarpssendinga, í fjarskiptum við gervihnetti, í ratsjám og til upphitunar (örbylgjuofnar).

Líffræðileg áhrif geislunarstyrks á örbylgjum eru minni en á VHF tíðni (sjá *Mynd 4* og *Töflu 4*) og einskorðast að mestu við yfirborð húðar og við líffæri nálægt yfirborði líkamans (t.d. augu). ICNIRP viðmiðunarmörk fyrir geislunarstyrk örbylgna er 10 W/m^2 en fyrir VHF tíðnir eru viðmiðunarmörk 2 W/m^2 .

Örbylgjur henta vel til fjarskipta, m.a. vegna þess að bandbreidd þeirra er mikil og vegna þess að minna afl þarf til fjarskipta með örbylgjum en þegar notaðar eru útvarpsbylgjur með lægri tíðni, t.d. VHF tíðni. (Þetta er vegna þess að suð eða truflanir frá umhverfinu eru minni.)

8.3 Farsímasendar á háhýsum og á möstrum

Vegna þess að samskipti sendistöðva við farsíma eru í báðar áttir, þ.e. til og frá farsímum, er takmarkaður ávinningur í því að hafa afl sendiloftnetsins miklu meira en afl farsímans (þar sem aukið afl bætir aðeins sendigetuna í aðra áttina). Á meðan afl frá FM-útvarpssendum er oft gefið upp í kílówöttum er afl **farsímasenda** oft aðeins í tugum watta (afl rafhlöðudrifinna farsíma getur mælst í Wöttum). Eftirfarandi lýsir dæmigerðum tölum:

Á þaki íbúðablokkar í Reykjavík hefur verið komið fyrir GSM-sendiloftneti með tveimur 12 W sendum og með tíðni 2 GHz. Báðir sendar geta starfað samtímis en gera má ráð fyrir að töp í leiðslum og loftneti séu um 50% þannig að hámarksafl frá loftneti geti mest verið um 12 W. Ef gert er ráð fyrir að geislun dreifist jafnt á mann sem er einn fermetri (2 metrar á

hæð og ½ metri á breidd) þarf öll geislun þessa GSM-loftnets að lenda á þessum einum manni til að farið sé yfir ICNIRP viðmiðunarmörk (10 W/m^2). Augljóslega dreifist geislun frá slíku sendiloftneti á marga fermetra þegar komið er t.d. í 10 metra fjarlægð frá því og því er lítil hætta á að sendiloftnet fyrir GSM síma skapi geislunarstyrk sem er yfir ICNIRP viðmiðunarmörkum á þeim stöðum sem almenningur getur verið.

Dæmigert er að mælingar sem gerðar hafa verið á styrkleika rafsegulsviðs í nágrenni GSM-sendistöðva erlendis og á Íslandi hafi sýnt geislunarstyrk sem er minni en 1/100 og oft undir 1/1000 af viðmiðunarmörkum ICNIRP. Sjá t.d. nánar um þetta sænskan bækling um farsíma og geislun: [Strálning fra mobiltelesystem \[6\]](#). (Mynd 6 er þaðan.)



Mynd 6 Geislunarstyrkur frá GSM-sendum á háhýsum er oftast mjög lítill nema í nokkurra metra fjarlægð framan við senda.

Árið 1999 var sett á fót óháð ráðgjafanefnd í Bretlandi um áhrif farsímageislunar. Niðurstöður hennar er að finna í hinni svokölluðu [Stewart-skýrslu \[7\]](#). Nefndin komst að þeirri niðurstöðu að fyrirbyggjandi gögn bentu til þess að almenningi stafaði ekki hætta af geislun sem er minni en viðmið ICNIRP. Vegna hugsanlegra neikvæðra heilsufarsáhrifa sem hefðu ekki enn fundist og vegna þess hversu vaxandi farsímanotkun hefur verið lagði nefndin til að aðgát væri viðhöfð vegna barna þannig að farsímanotkun þeirra væri stillt í hóf því að þau gætu verið viðkvæmari fyrir geislun en fullorðnir, sbr. eftirfarandi tilvitnanir.

1.17 The balance of evidence to date suggests that exposures to RF radiation below NRPB and ICNIRP guidelines do not cause adverse health effects to the general population (Chapter 5, paragraphs 6.33–6.42).

...

1.41 We recommend that particular attention should be paid initially to the auditing of base stations near to schools and other sensitive sites (paragraphs 6.54 and 6.63–6.68).

1.42 We recommend, in relation to macrocell base stations sited within school grounds, that the beam of greatest intensity (paragraphs 4.32–4.35 and 6.63–6.68) should not fall on any part of the school grounds or buildings without agreement from the school and parents. Similar considerations should apply to macrocell base stations sited near to school grounds.

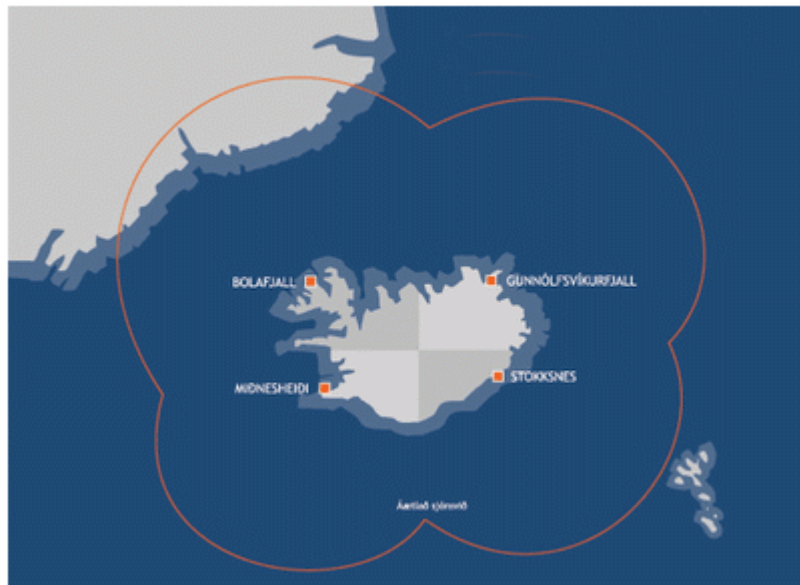
...

1.53 If there are currently unrecognised adverse health effects from the use of mobile phones, children may be more vulnerable because of their developing nervous system, the greater absorption of energy in the tissues of the head (paragraph 4.37), and a longer lifetime of exposure. In line with our precautionary approach, at this time, we believe that the widespread use of mobile phones by children for non-essential calls should be discouraged. We also recommend that the mobile phone industry should refrain from promoting the use of mobile phones by children (paragraphs 6.89 and 6.90).

Geislun frá farsímum er ekki í fjarsviði (þótt geislun frá sendistöðvum fyrir farsíma sé það) og er fjallað um farsíma sérstaklega í kafla 9.5.

8.4 Ratsjárstöðvar

Ratsjár nota örbylgjutíðnir og talsvert afl. Ratsjám er yfirleitt komið þannig fyrir að þær eru óaðgengilegar almenningi (afgirtar eða á fjöllum). Mjög langdrægar ratsjár fylgjast með umferð flugvéla í kringum landið. Dæmi um slíkar ratsjár eru fjórar ratsjár Íslenska loftvarnakerfisins (IADS) en þær nota um það bil 25 kW við 1,2-1,4 GHz..



Mynd 7 Staðsetning og langdrægni ratsjárstöðva IADS. (sjá: www.IADS.is)

Ratsjár skipa geta verið aflmiklar (t.d. um 10 kW) og stór skip yfir 10.000 brúttótonnum verða að hafa a.m.k. tvær ratsjár og skal önnur vera 9 GHz með ratsjárvara (árekstrarvörn) samkvæmt [reglugerð 53/2000](#) um fjarskipti og fjarskiptabúnað íslenskra skipa [8]. Geisli frá ratsjám er venjulega mjög mjór og búnaði er þannig komið fyrir að fólk verði ekki á vegi hans.

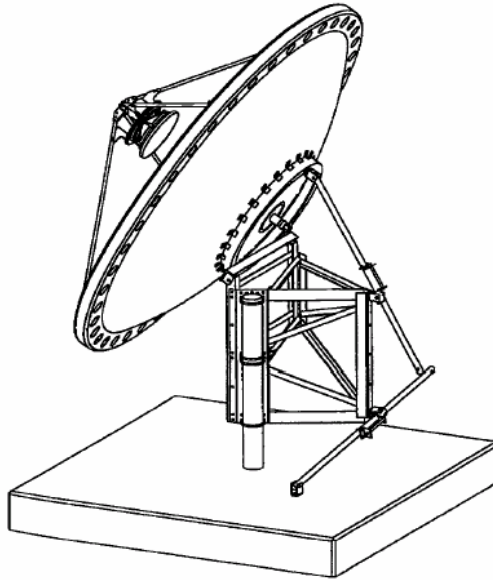
8.5 Örbylgjuofnar

Örbylgjuofnar nota svipaða tíðni og farsímar (tíðni 2,45 GHz) en eru um tíu þúsund sinnum aflmeiri (um 1 kW). Örbylgjuofnar eru mjög vel skermaðir, þannig að sú geislun sem kemst út úr þeim (leakageislun) er mjög lítil í samanburði við viðmiðunarmörk ICNIRP (10 W/m^2). Í apríl 2003 mældist t.d. $0,1 \text{ W/m}^2$ í 50 cm fjarlægð frá örbylgjuofninum á *Mynd 8*, sem er dæmigert, sbr. t.d. EHC 137 [\[5\]](#).

Mynd 8 Rafsviðsmælir fyrir tíðni 80 MHz-40 GHz í eigu Geislavarna ríkisins.



8.6 Gervihnettir og jarðstöðvar



Mynd 9 Útlend jarðstöð. Allar jarðstöðvar á Íslandi halla með minna en 15° horni.

Örbylgjur henta vel til fjarskipta við gervitungl. Aflið sem jarðstöðvar nota er ekki mikið (tugir Watta) en geisli þeirra þarf að vera mjög mjór svo aflið dreifist sem minnst. Algennt er að samskipti fari fram á tíðnibilinu 4-8 GHz en notkun hærrí tíðna fer vaxandi.

Vegna þess hversu norðarlega Ísland er, þurfa íslenskar jarðstöðvar að benda í átt að sjóndeildarhring með minna en 15° halla (ef gervitungl er ekki í hásuður er hallinn enn minni). Geisli frá íslenskum jarðstöðvum getur því hugsanlega farið mjög nærri jörðu. Engu að síður er ólíklegt að nokkur hlutur geti lent í geislanum (því að þá rofnar sambandið). Mælingar Geislavarna ríkisins (við Öskjuhlið í nágrenni Veðurstofu Íslands og í nágrenni jarðstöðvar Landssímans, Skyggis) benda til þess að geislunarstyrkur í nágrenni stórra íslenskra jarðstöðva sé óverulegur.

9 Viðmiðunarmörk fyrir allar tíðnir í fjarsviði og nærsviði

Við lága tíðni eru líffræðileg áhrif straums á taugakerfið meiri en hitunaráhrifin. Í riti ICNIRP [1] (bls. 503) er umræða um áhrif rafstraums með lágrí tíðni á starfsemi taugakerfis og líkamsvefja og komist að þeirri niðurstöðu að miða megi við 10 mA/m² sem er straumþéttleiki af sömu stærðargráðu og venjulegt er að fyrirfinnist í líkamanum.

Í leiðbeiningum ICNIRP er miðað við fimmtung af þessu gildi fyrir almenning (þ.e. 2 mA/m²) þegar tíðni er minni en 1 kHz. Fyrir hærri tíðni má hækka þetta gildi smám saman upp í 20 A/m² fyrir 10 MHz. (sbr. grunngildi í *Töflu 2*) Athuga ber að á milli 100 kHz og 10 MHz er einnig í gildi hitunartakmörkun á geislun.

Ekki er framkvæmanlegt að mæla straumþéttleika inni í mönnum en í *Töflu 5* eru viðmiðunargildi frá ICNIRP fyrir raf- og segulsvið sem eiga að tryggja að ekki sé farið út fyrir grunngildi á hinum ýmsu tíðnum. Oftast þarf bæði að mæla segulsvið og rafsvið vegna þess að geislunin er ekki í fjarsviði.

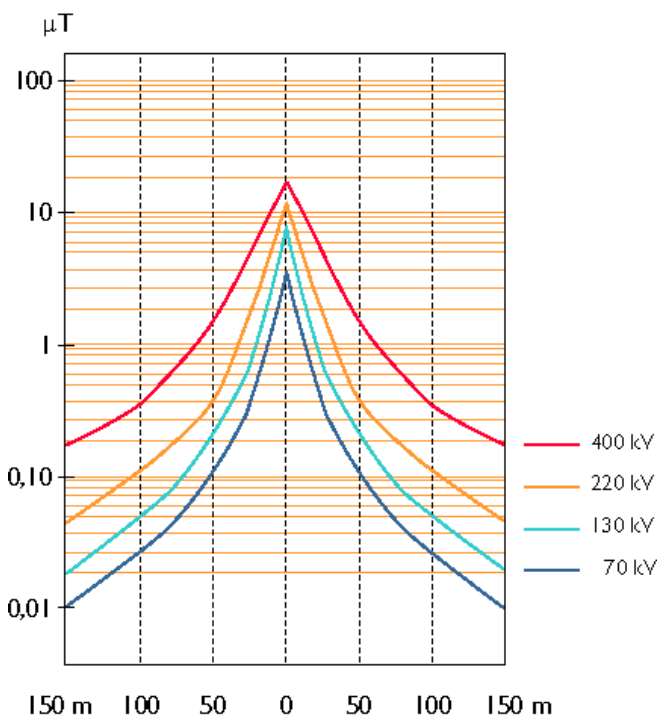
Tafla 5 Viðmiðunarmörk fyrir almenning vegna raf- og segulsviða (rms gildi) (bls. 511 [1]).

Tíðnisvið	E-sviðsstyrkur (V/m)	H-sviðsstyrkur (A/m)	B-svið (μT)	Geislunar- styrkur (W/m ²)
1 Hz - 8 Hz	10.000	$3,2 \cdot 10^4 / f^2$	$4 \cdot 10^4 / f^2$	
8 Hz - 25 Hz	10.000	$4.000 / f$	$5.000 / f$	
0,025 kHz - 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	
0,8 kHz - 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	
3 kHz - 150 kHz	87	5	6,25	
0,15 MHz - 1 MHz	87	$0,73 / f^{1/2}$	$0,92 / f$	
1 MHz - 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0,73 / f^{1/2}$	$0,92 / f$	
10 MHz - 400 MHz	28	0,073	0,92	2
400 MHz - 2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz - 300 MHz	61	0,16	0,20	10

1. f táknar tíðni eins og í viðkomandi tíðnisviði.
2. Sviðsstyrkur má fara upp fyrir þessi gildi ef grunngildi (í *Töflu 2*) eru tryggð.
3. Ef tíðni er á milli 100 kHz og 10 GHz skal reikna meðaltal í 6 mínútur (fyrir geislunarstyrk)
4. Ef tíðnin er hærri en 10 GHz skal reikna meðaltal í $68/f^{1,05}$ mínútur (f er tíðnin mæld í GHz).
5. Toppgildi í sviðsstyrk skulu ekki fara upp fyrir $\sqrt{2}$ sinnum rms-gildin ef tíðni er undir 100 kHz. Ef tíðnin er á milli 100 kHz til 10 MHz skal þetta margföldunargildi vaxa úr 1,5 í $\sqrt{1000}$. Ef tíðni er meiri en 10 MHz skal reikna meðaltal fyrir púls lengd merkisins og mælt er með að sviðsstyrkur (toppgildi) sé ekki meiri en $\sqrt{1000}$ sinnum rms gildið (geislunarstyrkur í púlsi er þá 1000 faldur meðalgeislunarstyrkur).

9.1 Háspennulínur og spennustöðvar

Háspennulínur leiða orku (geta verið tugir Mega-Watta) frá virkjunarstað til notenda. Hluti orkunnar tapast á leiðinni m.a. vegna viðnáms í leiðurum og vegna straums sem spanast upp í umhverfi háspennulínanna. Tíðnin er mjög lág (50 Hz) og grunnildi ICNIRP miðast eingöngu við straumbéttleika inni í mönnum. Geislunin er í nærsviði og þarf bæði rafsvið (E) og segulsvið (H eða B) að vera innan viðmiðunarmarka ICNIRP til að tryggja að straumbéttleiki sé innan grunnilda. Rafsviðstyrkurinn (E) þarf að vera minni en 5.000 V/m og segulflæðið (B), á að vera minna en 100 μT (skv. töflu ICNIRP, sjá *Töflu 5*). Ekki á að reikna meðaltal í nokkrar mínútur vegna þess að áhrif á taugakerfið eru samstundis. Hinsvegar er geislun frá háspennulínunum venjulega mjög jöfn og stöðug og meðalgildi eru jafnframt toppgildi (en margfalda þarf rms-gildi með 1,414).



Mynd 10. Mynd af vefsíðu sænsku geislavarnanna [19] sem sýnir hvernig segulsvið minnkar með fjarlægð frá háspennulínunum.

Samorka, samtök rafveitna, hitaveitna og vatnsveitna á Íslandi, á mælibúnað til mælinga á rafsegulsviði í nágrenni við háspennulínur, sjá [9]. Mælingar sem hafa verið gerðar, sýna að segulsvið undir háspennulínunum er sjaldan nema nokkur prósent af viðmiðunarmörkum ICNIRP (100 μT) (sbr [9] og einnig sbr. *Mynd 1*). Jafnvel þótt rafsviðið sé líklega oft nær mörkum ICNIRP heldur en segulsviðið, hefur segulsviðið hlotið mun meiri athygli af tveimur ástæðum: Fyrri ástæðan er hugsanleg tengsl segulsviðs við hvítblæði sbr. umræðu í kafla 11 en hin síðari er sú að auðvelt er að skerma fyrir áhrifum rafsviðs, t.d. er ágæt skermun í veggjum flestra bygginga á meðan segulsviðið kemst framhjá flestum hindrunum.

Erlendis hafa samtök raforkuframleiðenda lagst eindregið gegn viðmiðum ICNIRP og talið þau óþarflega ströng. Mjög kostnaðarsamt er að endurhanna og byggja nýjar háspennulínur til að koma til móts við þessi viðmið (sjá [umsögn EURELECTRIC \[10\]](#)).

9.2 Sjónvarpsskjáir

Skjáir fyrir sjónvarp og tölvur, **túpuskjáir** af hefðbundinni gerð (e. *Cathode-Ray-Tupe*) gefa frá sér margs konar geislun, m.a. röntgengeislun sem er reyndar vel skermuð frá notanda með blýlagi í gleri og mælist ekki. Ríkjandi útvarpsgeislun frá skjám er af tíðni 15-35 kHz vegna stýringa á rafeindastraumi frá vinstri til hægri sem teiknar þá mynd sem birtist. Eins og hjá háspennulínunum eru viðmiðunarmörk eingöngu vegna straumpéttleika en ekki vegna upphitunar. Dæmigert rafsvið (E), í 50 cm fjarlægð frá skjá er 1-10 V/m en þéttleiki segulflæðis er 0,01 μT - 0,1 μT . (sbr. EHC 137 [5]). Þetta eru hvorttveggja gildi sem eru vel undir ICNIRP viðmiðunarmörkum.

Eins og við flest önnur rafmagnstæki er einnig til staðar veikt 50 Hz raf- og segulsvið. Athuga ber að samkvæmt ICNIRP eru viðmiðunarmörk við 50 Hz miklu hærri en við 10-35 kHz (100 μT á móti 6,25 μT og 87 V/m á móti 5000 V/m) svo að þótt 50 Hz sviðið sé veikt getur það yfirgnæft 15-35 kHz sviðið (þetta þarf að athuga við mælingar).

Öðru hvoru hafa birst í fjölmiðlum fréttir um að sjónvarpsskjáir séu hættulegir fólki. Bresku geislavarnirnar, NRPB birtu andsvar við einni slíkri frétt 14. júlí 1999 þar sem sagt er hver staða rannsókna er og að engin vísindaleg rök séu fyrir aðvörunum vegna geislahættu frá túpuskjám [11].

Geislun frá flötum skjám er miklu minni en frá túpuskjám og þeir munu á næstu árum koma alveg í stað túpuskjáa. Þessir skjáir eru án stýringar á rafeindastraumi og án röntgengeislunar.

9.3 Spansuðuhellur

Spansuðuhellur eru nýkomnar í eigu almennings. Þær framleiða segulsvið með 25 kHz-48 kHz tíðni sem hitar upp sérstök eldunaráhöld. Eins og við er að búast er segulsvið í kringum hellurnar talsvert.

Í ritinu EHC 137 [5] er vitnað í mælingar Stuchly & Lecuyer sem birtust í tímaritinu *Health Physics*, 1987 og sagt að útgeislun frá þessum hellum sé lítil. Í 30 cm fjarlægð er rafsviðið minna en 5 V/m sem er vel undir 87 V/m viðmiðunarmörkum ICNIRP en segulsviðið mælist á milli 0,5-10 A/m. Viðmiðunarmörk ICNIRP fyrir almenning er 5 A/m (sjá *Töflu* 4). Á vegum Sænsku geislavarnanna voru gerðar mælingar á spansuðuhellum haustið 2003 og voru niðurstöður þær að segulsviðið væri undir viðmiðunarmörkum ICNIRP í 30 cm fjarlægð frá hellum. Hæstu gildi sem mældust voru um 2 μT en viðmiðunarmörk ICNIRP eru 6,25 μT (sem svarar til 5 A/m). Dæmigerð gildi voru langtum lægri, sjá bls. 18 í *Strálskyddsnytt* nr. 3-4, 2003 [12]

9.4 Langbylgjusendar

Langbylgjusendar (LF, 30-300 kHz) henta vel til að koma útvarpsmerki langar vegalendir en þeir hafa litla bandbreidd og henta t.d. ekki til að útvarpa myndefni eða hágæða-tónlist. Langbylgjusendar eru mjög aflmiklir. Útvarpssendar RÚV eru á Eiðum og Gufuskálum. Á Gufuskálum er tíðni 189 kHz og aflíð 300 kW.

Á þessari tíðni þarf bæði að hyggja að upphitunaráhrifum og straumpéttleika. Geislunin er í nærsviði í nokkurra kílómetra radius í kringum langbylgjusenda og bæði þarf að mæla raf- og segulsvið til að athuga með ICNIRP viðmiðunarmörk. Í næsta nágrenni og uppvið aflmikla langbylgjusenda gæti rafsvið eða segulsvið hugsanlega verið ofan marka fyrir almenning en langbylgjumöstur eru yfirleitt höfð afgirt og á afskekktum stöðum.

9.5 Farsímar

Farsímar nota örbylgjutíðni 0,9 GHz -3 GHz. Líffræðileg áhrif eru eingöngu vegna upphitunar (SAR-gildi). Í hálfsmetra fjarlægð frá tækinu er geislun frá því í fjar svið en þegar tækinu er haldið við höfuð er geislun á höfuð í nærsviði geislunar. Til að meta geislun frá farsímum og bera saman við grunnildi ICNIRP er ekki hægt að nota viðmiðunarmörk í *Töflu 5* heldur þarf að gera flóknari mælingar t.d. með því að nota líkan af höfði (e. *phantom*).

Það getur aukið geislun á notendur að vera á svæði þar sem langt er til næsta farsímamasturs, þetta er vegna þess að farsímar auka styrk sendinganna ef styrkur sendingar frá næsta farsímamastri er lítill (sem sést t.d. á því hversu oft þarf að endurhlaða rafhlöður á stöðum þar sem langt er í næsta farsímamastur).

Símaframleiðendur gera mælingar á símtækjum sínum og birta upplýsingar um SAR-gildi þeirra. Þessi gildi eru neðan marka ICNIRP en þó er geislun frá farsímum talsvert meiri en frá farsímamöstrum. Á vefsíðum sænsku geislavarnanna er úttekt með mælingum á SAR-gildum farsíma sem gerðar voru hjá þýskri rannsóknarstofnun [17]. Öll mæligildin eru neðan við grunnildi ICNIRP (2 W/kg).

Stöðug umræða fer fram um hugsanleg áhrif farsíma á heilsu fólks (sjá t.d. Stewart skýrslu[7] og upplýsingarit Sænsku geislavarnanna [Strálning fra mobiltelesystem\[6\]](#)).

10 Nokkur atriði sem torvelda mælingar

Auðvelt er að gera grein fyrir grunngildum ICNIRP sem takmarka upphitun og straumþéttleika (sbr. *Töflu 2*). Hinsvegar er ekki jafnauðvelt að gera grein fyrir þeim mælingum sem þarf að gera til að tryggja að geislunarstyrkur sé neðan viðmiðunarmarka (sbr. *Töflu 5*). Sumt af því sem gerir þetta flókið hefur þegar verið nefnt en fleira má nefna.

- 1 Tíðniháð orkuupptaka. Menn eru næmastir fyrir orkuflæði með bylgjulengd sem er af svipaðri stærð og þeir.
- 2 Minni líffæri, t.d. augu og húð eru næm fyrir orkuupptöku af hærri tíðni en líkaminn allur.
- 3 Í nærsviði þarf bæði að mæla segulsvið og rafsvið.
- 4 Jafnvel þótt tæki noti háa tíðni getur geislun frá þeim verið í nærsviði ef sendum er haldið nálægt líkama (sbr. farsíma)
- 5 Raf- og segulsvið eru vektorar (þ.e. styrkleiki sviðanna er stefnuvirkur) og mæla þarf hæsta gildi þeirra.
- 6 Raf- og segulsvið geta skapað spennur og strauma í leiðandi hlutum í umhverfi sínu. Mæla getur þurft hversu mikil straumur fer í gegnum mann sem snertir þessa hluti og bera saman við grunngildi um straum.
- 7 Straumáhrif á taugakerfi á lágri tíðni koma fram nær samtímis. Ekki á að nota meðaltal í nokkrar mínútur til að bera saman við viðmiðunargmörk ICNIRP heldur skal mæla hæstu gildi.
- 8 Upphitunaráhrif sem eru ráðandi á hárri tíðni koma ekki fram samstundis og reikna má meðaltalsáhrif í nokkrar mínútur. Þó er ekki nóg að skoða aðeins þetta meðaltali ef geislun er í púlsum (eins og hjá radar).
- 9 Geislun í púlsum getur skapað hitabreytingar sem leiða til heyranslegs hljóðs í höfði manns. Þess vegna hafa verið sett fram takmörk um orkuinnihald púlsa í geislun (sjá lið 7 í *Töflu 2*).

10.1 Staðlanefndir

Það er oft óframkvæmanlegt að athuga með mælingum á tækjum sem eru í notkun hvort þau sendi frá geislun sem er yfir viðmiðunarmörkum. Framleiðendur þurfa hinsvegar að tryggja að vara þeirra sé örugg, m.a. með tilliti til styrks rafsegulsviðs. Það er oft gert með því að tækin eru byggð samkvæmt viðurkenndum öryggisstöðlum.

ESB hefur falið evrópskum rafstaðlasamtökum að útbúa staðla fyrir hin ýmsu raftæki sem útfæra [ICNIRP \[13\]](#) viðmiðin. Tveir evrópustaðlar hafa verið birtir ; ÍST EN50364 og ÍST EN50357. Eftirfarandi upplýsingar um ÍST EN50364 eru af vefsíðu Staðlaráðs Íslands, [www.stadlar.is.]

Auðkenni og númer	Enskt heiti	Íslenskt heiti	Verð	Panta
ÍST EN 50364 :2001	Limitation of human exposure to electromagnetic fields from devices operating in the frequency range 0 Hz to 10 GHz, used in Electronic Article Surveillance (EAS), Radio Frequency Identification (RFID) and similar applications	Takmörkun á áhrifum sem fólk verður fyrir af rafsegulsviðum frá tækjum sem starfa á tíðnisviðinu 0Hz og upp í 10GHz og notuð eru við rafrænt eftirlit með hlutum (Electronic Article Surveillance - EAS), auðkenningu útvarpstíðni (Radio Frequency Identification - RFID) o.þ.h.	0,-	[í körfu]

Staðlanefnd á þessu sviði er TC 106X. Einn af vinnuhópum þeirra nefndar (WG4) hélt fund á Íslandi í apríl 2002 og var með opinn fund til kynningar fyrir íslenska tæknimenn. Meðal helstu sérfræðinga vinnuhópsins er Philip Chatwick sem er formaður TC 106x. Á vefsíðu ráðgjafarfyrtækis hans er gagnleg reiknivél sem gefur upp viðmiðunarmörk ICNIRP við mismunandi tíðnir [\[14\]](#).

11 Niðurlag - Barnahvítblæði og varúðarreglur

IARC (e. *International Agency for Research on Cancer*) hefur tekið til athugunar rannsóknir á segulsviði með mjög lágrí tíðni (ELF) eins og frá [háspennulínunum](#) [15]. Niðurstöðurnar eru ekki ótvíræðar en stofnunin hefur þó komist að þeirri niðurstöðu að nokkrar vísbendingar séu um að segulsvið með mjög lágrí tíðni geti valdið **hvítblæði** í börnum. „There is *limited evidence* in humans for the carcinogenicity of extremely low-frequency magnetic fields in relation to childhood leukaemia”. Stofnunin flokkar lág segulsvið sem hugsanlegan krabbameinsvald í mönnum. „Extremely low-frequency magnetic fields are *possibly carcinogenic to humans (Group 2B)*.”

Erfitt er að sanna eða afsanna þetta jafnvel meðal fjölmennra þjóða vegna þess hversu fá börn búa nálægt háspennulínunum og vegna þess að hvítblæði er sjaldgæfur sjúkdómur. Rannsóknir á barnahvítblæði minna hinsvegar á að lítið er vitað um langtímaáhrif rafsegulsviðs og eru hvatning um að gæta varúðar..

Í sumum löndum hafa stjórnvöld sett fram þá **varúðarreglu** að rafsegulsviðum sé jafnan haldið í lágmarki þegar slíkt er mögulegt með litlum tilkostnaði og án þess að skaða þá þjónustu sem ætlað er að veita. Þetta er gert vegna hugsanlegrar skaðsemi, jafnvel þótt vísindalegar rannsóknir hafi ekki sýnt fram á neina skaðsemi. Jafnframt slíkum varúðarreglum er hægt að setja fram viðmiðunarmörk sem byggja á þekktri skaðsemi slíkrar geislunar. Hvernig beri að útfæra þetta er ekki vandalaust. Á vefsíðum [WHO](#) [16] er að finna umræðu um varúðarsjónarmið og rafsegulsvið. Ein leið sem hægt er að fara er að setja fram mismunandi varúðarreglur, t.d. væri hægt að setja fram strangari varúðarreglu um háspennulínur en um GSM síma vegna þess að engar vísbendingar hafa komið fram um heilsutjón af völdum rafsegulsviða frá GSM símunum. Dæmi um þetta er að í Svíþjóð er í gildi opinber varúðarregla varðandi rafsegulsvið á lágrí tíðni (eins og frá háspennulínunum) en eins og hún er sett fram á vefsíðum sænsku geislavarnanna [18] tekur hún ekki til hárrar tíðni (eins og frá GSM símunum).

Geislavarnir ríkisins keyptu á árinu 2003 mælibúnað til að mæla rafsegulsvið frá fjarskiptabúnaði og hefur í þessu fræðsluriti á nokkrum stöðum verið sagt frá mælingum stofnunarinnar. Starfsmenn geislavarnir ríkisins fylgjast með vísindalegum rannsóknum á þessu sviði og verður þetta skjal endurskoðað reglulega með nýjum upplýsingum og þegar tilefni gefst til.

Apríl 2004.

Þorgeir Sigurðsson, fagstjóri á eftirlitssviði Geislavarna ríkisins

12 Atriðaðorðaskrá

aflnotkun, 6
bylgjulengd, 6
farsímar, 20
farsímasendar, 12
fjarsvið, 10
FM- útvarp, 11
fótónuorka, 6, 7
geislun, 3
geislunarstyrkur, 3
grunngildi, 4
háspennulínur, 18
hvítblæði, 23
IARC, 23
ICNIRP, 3
langbylgjusendar, 20

ójónandi geislun, 5
rafsegulbylgja, 3
rafsegulsvið, 3
rafsegulsviðsgeislun, 3
rafsvið, 3
ratsjár, 14
SAR, 8
segulsvið, 3
spansuðuhellur, 19
staðlanefndir, 22
túpuskjáir, 19
varúðarreglur, 23
viðmiðunarmörk, 4
örbylgjur, 12

13 Helstu heimildir og vefslóðir þeirra

- 1 [Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields \(up to 300 GHz\)](#). Þessar leiðeiningar frá Alþjóða geislavarnaráðinu fyrir ójónandi geislun ICNIRP eru birtar á vefsíðu <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf> en þær birtust sem grein í tímaritinu *Health Physics* í apríl 1998, bindi 74, númer 4, bls. 494-522. (hér er vísað til blaðsíðutals í *Health Physics*).
- 2 Statens strålskyddsinstituts allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält [SSI FS 2002:3](#). Þetta rit frá Sænsku geislavörnunum SSI má finna á vefsíðu <http://www.ssi.se/forfattning/pdf/2002>
- 3 .Council recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC). Þessar ráðleggingar Evrópusambandsins eru á vefsíðu http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1999/l_199/l_19919990730en00590070.pdf. Ráðleggingarnar birtust í *Official Journal of the European Communities* 30. 7. 1999 L 199/59, bls 59 -70.
- 4 EMF World wide standards. Þetta er vefsíða hjá Alþjóða heilbrigðisstofnuninni WHO, sjá <http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Worldmap.htm>
- 5 Environmental Health Criteria,EHC 137, Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz) er rit sem gefið var út 1993 í samstarfi alþjóðlegra stofnana WHO, UNEP og IRPA og er að finna á vefsíðu <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc137.htm>.
- 6 [Stráling fra mobiltelesystem](#). Upplýsingabæklingur um farsíma gefinn út 2003 af opinberum aðilum í Svíþjóð, þar á meðal Sænsku geislavörnunum. Bæklingurinn er á vefsíðunni: http://www.ssi.se/ickejoniserande_stralning/Magnetfaelt/mobiltele/stralning_mobil.pdf
- 7 Independent Expert Group on Mobile Phones. “Stewart Skýrslan” var birt í maí 200 og var unnin af óháðum hópi sérfræðinga undir forystu Sir William Stewart. Skýrsluna og umræðu um hana má finna á vefsíðunni: <http://www.iegmp.org.uk/index.htm>
- 8 Reglugerð nr. 53/2000 um fjarskiptabúnað og fjarskipti íslenskra skipa. Þessa reglugerð má m.a. finna á heimasíðu Póst- og fjarskiptastofnunar <http://www.pta.is/logogreglur/default.htm> og á heimsíðu Siglingastofnunar: <http://skip.sigling.is/skipamal/rgl%2053-2000.pdf>
- 9 Landsvirkjun er með vefsíður um rafsegulsvið og háspennulínur þar sem m.a. eru upplýsingar um Samorka, félag raforkuframleiðanda og mælingar á vegum þess félags, sjá <http://www.lv.is/article.asp?catID=182&ArtId=513>
- 10 *EURELECTRIC* Position Paper on the European Commission Draft Proposal for a Council Recommendation on Limits for Exposure of the General Public to Electromagnetic fields March 1998, sjá http://www.lv.is/files/2002_9_17_ElectromagneticFields.pdf

- 11 Safety of Visual Display Units, 1999. Yfirlýsing frá Bresku geislavörnunum um túpuskjái og rafsegulsvið, sjá http://www.nrpb.org/press/response_statements/archive/1999/f2
- 12 Strálskyddsnytt [nr 3-4 2003, árgang 21] [nr 3-4 2003, árgang 21]. Í þessu riti frá sænsku geislavörnunum eru margar greinar um rafsegulsvið og viðmiðunarmörk, m.a. um spansuðuhellur á bls. 18. Ritið má finna á vefslóðinni: http://www.ssi.se/tidningar/PDF/lockSSN_PDF/SSN_34_2003.pdf
- 13 Standardisation mandate addressed to CEN, CENELEC and ETSI in the field of electrotechnology, information technology and telecommunications Standardisation mandate addressed to CEN, CENELEC and ETSI in the field of electrotechnology, information technology and telecommunications. Sjá vefsíðu: http://www.europa.eu.int/comm/enterprise/electr_equipment/lv/mandate.htm
- 14 Vefsíða Philip Chatwick með gagnlegum upplýsingum um viðmiðunarmörk, sjá slóðina: <http://www.mcluk.org/>
- 15 IARC, International Agency for Reasearch on Cancer er viðurkennd alþjóðastofnun sem hefur birt niðurstöður um hvítblæði og rafsegulsvið á mjög lágrí tíðni. Sjá vefsíðu: <http://www-cie.iarc.fr/htdocs/monographs/vol80/80.html>
- 16 ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH, CAUTIONARY POLICIES, mars 2000. Vefsíða á vegum WHO um varúðarsjónarmið, sjá: http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/EMF-Precaution.htm
- 17 SAR-värden för mobiltelefoner. Vefsíða hjá sænsku geislavörnunum með mælingum á SAR gildum farsíma. Sjá http://www.ssi.se/ickejoniserande_stralning/mobiltele/sar_mobil_2001.html
- 18 Myndigheternes försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält. Vefsíða með upplýsingum um varúðarreglu sænskra stjórnvalda um rafsegulsvið á lágrí tíðni. Sjá: http://www.ssi.se/ickejoniserande_stralning/Magnetfaelt/forsiktighetspincip.html
- 19 Elektriska og magnetiska fält. Vefsíður hjá sænsku geislavörnunum með upplýsingum um rafsegulsvið. http://www.ssi.se/ickejoniserande_stralning/magnetfalt/Index.html