

27. ágúst 2010

## Segulsvið í íbúðarhúsnæði á Íslandi – frumrannsókn

Geislavarnir ríkisins, Rauðarárstíg 10, 150 Reykjavík

Brunamálastofnun, Skúlagötu 21, 105 Reykjavík

### 1 Samantekt

Brunamálastofnun og Geislavarnir ríkisins hafa látið gera<sup>1</sup> mælingar á segulsviði á rúmlega 130 heimilum á Íslandi og borið niðurstöðurnar saman við upplýsingar um segulsvið í íbúðarhúsnæði í Svíþjóð.

Mælingarnar benda til að segulsvið á heimilum í þéttbýli á Íslandi sé svipað og í sambærilegu húsnæði í Svíþjóð.

Mælingarnar sýna að segulsvið yfir 0,4  $\mu\text{T}$  á heimilum á Íslandi er sjaldgæft en þegar það finnst, stafar það oftast af svokölluðum flökkustraumum (sjá skýringu í kafla 2.1). Í flestum tilvikum má draga úr þessum straumum með einföldum aðgerðum.

Uppbygging rafdreifikerfa og frágangur raflagna á Íslandi er með sambærilegum hætti og í Svíþjóð. Því má beita sömu rökum á Íslandi og notuð eru í Svíþjóð við mat á hugsanlegri heilsufarsáhættu af segulsviði í íbúðarhúsnæði.

### 2 Inngangur

Í þessari skýrslu er fjallað um mælingar sem Geislavarnir ríkisins og Brunamálastofnun létu gera á segulsviði á rúmlega 130 heimilum veturinn 2009 til 2010. Slíkar mælingar hafa ekki verið framkvæmdar áður hér á landi. Þessar mælingar eru af hálfu stofnananna hugsaðar sem frumrannsókn með það að markmiði að kanna hvort segulsvið í íbúðarhúsnæði á Íslandi sé með þeim hætti að þörf sé á ítarlegri rannsókn og hvort ástæða sé til að setja ítarlegri reglur um hönnun og setningu raflagna í byggingum hér á landi með það að markmiði að takmarka segulsvið.

Í skýrslunni er fjallað um viðmið fyrir segulsvið og rætt um hugsanleg skaðleg heilsufarsáhrif þess. Einnig er sagt frá aðferðum sem beitt var við mælingarnar. Niðurstöður mælinganna eru kynntar og dregnar af þeim ályktanir.

---

<sup>1</sup> Starfsmenn Rafskoðunar ehf, sem er faggilt skoðunarstofa á rafmagnssviði, framkvæmdu mælingarnar.

## 2.1 Viðmið um segulsvið

Öryggisráðstafanir vegna segulsviðs byggja á ráðleggingum ICNIRP, Alþjóðageislavarnaráðs um ójónandi geislun. Ráðið birti árið 1998 ráðleggingar<sup>2</sup> um takmarkanir á segulsviði til að komast hjá bráðum áhrifum þess á fólk en taldi þá ekki nægilega traustan vísindalegan grunn fyrir hendi til að ráðleggja takmarkanir á segulsviði vegna hugsanlegra langtíma áhrifa þ.m.t. aukinnar hættu á krabbameini.

Segulsvið með 50 Hz tíðni myndast þegar straumur rennur um raftæki og rafmagnsleiðslur á heimilum eða í rafdreifikerfinu. Samkvæmt ráðleggingum ICNIRP má starfsfólk vinna við aðstæður þar sem segulsvið er minna en 500  $\mu\text{T}$ . Fyrir almenning er miðað við að segulsvið sé undir 100  $\mu\text{T}$ . Bráð skammtímaáhrif segulsviðs eru þekkt fyrir mun hærri gildi en viðmiðunargildin. Með háum öryggisstuðli er komið til móts við óvissu sem meðal annars ríkir um langtímaáhrif segulsviðs.

**Tafla 1** Viðmið ICNIRP

	Segulsvið ( $\mu\text{T}$ )
Vinnustaðir:	500
Staðir sem almenningur er á:	100

Niðurstöður rannsókna frá árinu 1998 þegar ICNIRP birti ráðleggingar sínar hafa ekki leitt til breytinga á ráðleggingum þess varðandi segulsvið. Enn telur ráðið að ekki sé fyrir hendi nægilega traustur vísindalegur grunnur til að ráðleggja takmarkanir á segulsviði vegna hugsanlegra langtímaáhrifa.

## 2.2 Hugsanleg heilsufarsáhrif

Miklar rannsóknir hafa farið fram á hugsanlegum skaðlegum langtímaáhrifum segulsviðs með 50 Hz tíðni. Þar hefur athyglin einkum beinst að hugsanlegum tengslum slíks segulsviðs og hvítblæðis í börnum.

Aðrir sjúkdómar hafa ekki verið tengdir við langtímaáhrif segulsviðs. Ekki hefur verið hægt að tengja segulsvið við svokallaða ofurnæmni fyrir rafmagn.<sup>3</sup>

Árið 2002 flokkaði IARC, Alþjóðakrabbameinsstofnunin segulsvið með 50 Hz tíðni sem hugsanlegan orsakavald hvítblæðis í börnum. Það var gert vegna niðurstaðna úr faraldsfræðilegum athugunum sem gefa til kynna tvöfalda tíðni sjúkdómsins hjá börnum sem alast upp í segulsviði sem er að meðaltali hærra en 0,3-0,4  $\mu\text{T}$ . Þrátt fyrir umfangsmiklar rannsóknir m.a. á dýrum hefur ekki tekist að staðfesta slík tengsl.

<sup>2</sup> Ráðleggingar ICNIRP 1998 og rökstuðning fyrir þeim má finna hér: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*.

<sup>3</sup> Sbr. yfirlýsingu frá WHO um ofurnæmni og rafsegulsvið: (Fact sheet 296, desember 2005) <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/en/index.html>

Í samantekt WHO<sup>4</sup>, Alþjóða heilbrigðisstofnunarinnar frá 2007 segir að fyrirbyggjandi vísindaleg gögn séu ekki nægilega sterk til að sýna fram á orsakasamhengi milli segulsviðs og hvítblæðis í börnum. Í samantektinni eru hugsanleg heilsufarsáhrif segulsviða sögð takmörkuð, jafnvel þótt gert sé ráð fyrir að segulsvið hærra en 0,3 – 0,4 µT geti valdið aukinni tíðni hvítblæðis hjá börnum. Þetta er bæði vegna þess að hvítblæði í börnum er sjaldgæft og vegna þess að svo hátt segulsvið er ekki algengt í venjulegu umhverfi fólks en þótt gera megi ráð fyrir að 1 – 4 % barna búi við slíkt segulsvið.

Í samantekt WHO segir að á árinu 2000 hafi greinst 49 þúsund börn með hvítblæði og hugsanlega geti 100 – 2400 tilfelli verið af völdum segulsviðs. Það svarar til um 0,2% til 5% af fjölda tilfella á því ári.

Ein vísindanefnda Evrópusambandsins hefur metið hugsanleg áhrif segulsviðs á heilsufar. Í skýrslu nefndarinnar frá 2007<sup>5</sup> er komist að sömu niðurstöðu og í samantekt WHO varðandi segulsvið og hvítblæði í börnum.

Niðurstöður rannsókna frá árinu 2002 hafa ekki leitt til breytinga á flokkun Alþjóðakrabbameinsstofnunarinnar, IARC, á segulsviði sem hugsanlegum orsakavaldi hvítblæðis í börnum.

Í Svíþjóð greinast um 80 börn á ári með hvítblæði og þar er áætlað að minna en 1% barna<sup>6</sup> búi við segulsvið yfir 0,3-0,4 µT.

Þessari frumrannsókn er ætlað að varpa ljósi á segulsvið í íbúðarhúsnæði á Íslandi sem og hversu hátt hlutfall barna á Íslandi búi við segulsvið sem er yfir 0,3 – 0,4 µT.

Samkvæmt gögnum Krabbameinsskrár Íslands hefur tíðni hvítblæðis í börnum síðustu áratugi verið svipuð eða minni á Íslandi en í Svíþjóð. Þetta kemur fram á mynd 1.

---

<sup>4</sup> Samantekt WHO, Fact sheet 322 frá júní 2007 er að finna hér:

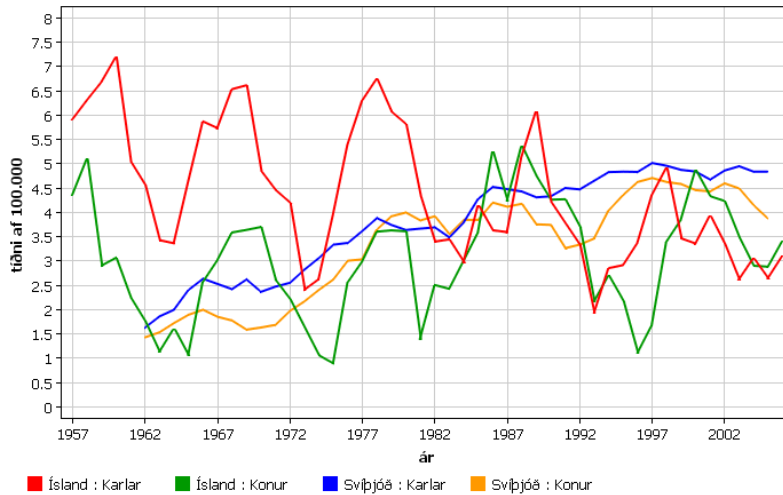
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs322/en/index.html>

<sup>5</sup> Sjá: [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_007.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_007.pdf)

<sup>6</sup> Sbr. vefsíðu Sænsku geislavarnastofnunarinnar:

<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Broschyr/2009/Magnetfalt-och-halsorisker-low.pdf>, *Magnetfält och hälsorisker*.

Hvítblæði  
Nýgengi: ASR (W) aldur (0-19)



NORDCAN © Association of the Nordic Cancer Registries (20.8.2010)

**Mynd 1:** Árlegt aldursstaðlað nýgengi (m.v. alþjóðlegan aldursstaðal) hvítblæðis hjá drengjum og stúlkum yngri en 20 ára á Íslandi og í Svíþjóð. Um er að ræða 5 ára meðaltöl þannig að árið 2002 endurspeglar árin 2000 – 2004 og síðasti punkturinn 2006 endurspeglar 2004 – 2008. Íslensku tölurnar eru óstöðugar vegna þess hve tilfellið eru fá og tilviljunarsveiflur miklar. Tekið af vefsíðu Nordcan 20. ágúst 2010<sup>7</sup>.

### 2.3 Segulsvið og raflagnir

Hátt segulsvið í íbúðarhúsnæði erlendis stafar oft af nálægð við háspennulínur. Þar sem þéttbýli er ekki jafn mikið á Íslandi og víða annarsstaðar og auk þess er bannað að byggja íbúðarhúsnæði nálægt háspennulínum, má fyrirfram búast við því að segulsvið í íbúðarhúsnæði á Íslandi sé af þeim sökum að meðaltali lágt og heldur lægra en í nágrennalöndum.

Þótt segulsvið á íslenskum heimilum vegna nálægra háspennulína sé minna en annars staðar gætu aðrir þættir hugsanlega haft meiri áhrif. Þar á meðal segulsvið af völdum svokallaðra flökkustrauma.

Í rafdreifikerfum og byggingum hér á landi skulu jarðskaut vera í samræmi við kröfur viðkomandi kerfisjarðtengingar („TN“, „TT“ o.s. frv.). Jarðskaut bygginga geta verið með mismunandi hætti og fer þar mest eftir þeirri kerfisgerð jarðtengingar (stundum kallað spennukerfi eða netkerfi) sem viðkomandi rafveita beitir í sínu rafdreifikerfi á viðkomandi svæði. Yfirgnæfandi meirihluti bygginga hér á landi tengjast svokölluðu „TN-kerfi“ þar sem beint leiðið samband er á milli jarðskauts

<sup>7</sup> Norrænar krabbameinsskrár er að finna hér <http://www-dep.iarc.fr/NORDCAN/ICE/frame.asp>

viðkomandi rafveitu og „jarðskauts byggingarinnar“ (eitt og hið sama), venjulega einn af leiðurunum (PEN) í heimtaug rafveitunnar. Meginhlutverk jarðskauts bygginga, er að tryggja nægilega fljóta útleysingu varbúnaðar til að ekki myndist of há snertispenna í bilunartilfellum. Fyrrgreindar varnarráðstafanir eru fyrst og fremst til að koma í veg fyrir slys og tjón af völdum rafmagns.

TN-kerfið veitir mjög góða vörn gagnvart hættu af völdum rafmagns, en í slíku kerfi má hins vegar búast við að hluti rafstraums sem kemur með fasataug heimtaugar fari að staðaldri til baka til jarðtengds punkts aflagjafans (dreifistöðvarspennis rafveitunnar) um burðarvirki viðkomandi byggingar eða aðra leiðna hluti, s.s. vatnspípukerfi og sökkulskaut í stað þess að renna til baka um varnarnúlltaug (PEN) heimtaugarinnar. Af þessum sökum getur myndast segulsvið bæði umhverfis strengi og leiðin burðarvirki. Hér á landi hafa þessir straumar verið nefndir flökkustraumar og auk segulsviðs geta þeir valdið tæringu í vatnslögnum og erfiðleikum við notkun tölvubúnaðar og annars viðkvæms búnaðar.

Með þessari frumrannsókn var leitað upplýsinga um segulsvið í íbúðarhúsnæði á Íslandi þannig að unnt væri að leggja mat á það hvort þörf væri á umfangsmeiri rannsóknum og hvort ástæða sé til að setja ítarlegri reglur um raflagnir í byggingum til að takmarka segulsvið.

### 3 Aðferðir

Segulsvið var mælt á rúmlega 130 heimilum bæði á höfuðborgarsvæðinu og á landsbyggðinni. Í rannsókninni var meðal annars mælt segulsvið í miðju flestra herbergja í hverri íbúð í eins metra hæð. Húsráðendur voru beðnir um að hafa kveikt á rafmagnstækjum á meðan mæling var gerð. Mældur var straumur í heimtaug rafveitu til að kanna hvort hann færi til baka um burðarvirki viðkomandi byggingar eða aðra leiðna hluti, s.s. vatnspípukerfi og sökkulskaut, og myndaði þannig segulsvið, í stað þess að renna til baka um varnarnúlltaug (PEN) heimtaugarinnar. Ef segulsvið mældist yfir 0,3  $\mu$ T í einhverjum vistarverum var spóla (straumbeinir, sjá nánar í Viðauka 3) tengd milli spennujöfnunartenginga fyrir sökkulskaut og leiðandi vatnspípur og PEN-leiðara heimtaugar í því skyni að beina straumnum eftir PEN-leiðaranum. Mælingar voru síðan endurteknar og kannað hvort segulsvið hefði minnkað.

Mælingar voru gerðar í húsnæði sem Rafskoðun ehf skoðaði raflagnir í á tímabilinu en einnig var öllum þeim sem samband höfðu við Geislavarnir ríkisins eða Brunamálastofnun á mælitímabilinu boðin mæling. Margir þeirra sem það gerðu búa nálægt spennustöðvum og höfðu áhyggjur vegna umfjöllunar í fjölmiðlum um hugsanlega skaðleg áhrif segulsviðs, og þá einkum af tengslum þess við hvítblæði í börnum, eða töldu sig finna fyrir einkennum sem þeir leituðu skýringa á. Í viðauka 1 er að finna yfirlit yfir þær götur þar sem mælt var við. Einnig voru valdir nokkrir sveitabærir og íbúðarhúsnæði í dreifbýli til að hafa til samanburðar við húsnæði í þéttbýli.

Við segulsviðsmælingarnar var notaður mælir af gerðinni ELT 400<sup>8</sup> frá fyrirtækinu Narda. Mælirinn var síðast kvarðaður erlendis árið 2008 en tvisvar á ári er mælt með honum þekkt segulsvið hjá

---

<sup>8</sup> Sjá upplýsingar um mælinn frá framleiðanda: <http://www.atecorp.com/equipment/narda/elt-400.asp>

Geislavörnum ríkisins til að sannreyna að hann sé í lagi (sjá nánar um mælinn í viðauka 2). Þessi mælir ofmetur, fremur en vanmetur segulsvið undir 0,4  $\mu\text{T}$  (sjá nánar í viðauka 2).

Við mælingar á straumi í heimtaugum voru notuð hefðbundin mælitæki sem notuð eru við úttektir á raflögnum.

#### 4 Niðurstöður mælinga

Raftæki, á heimilum, mynda segulsvið þegar þau eru í notkun. Styrkur segulsviðs frá raftækjum er mestur alveg við þau en minnkar hratt þegar fjær dregur. Í töflu 2 eru dæmi um segulsvið sem mælt var frá ýmsum raftækjum.

**Tafla 2:** Mælt segulsvið frá nokkrum rafmagnstækjum (upp við tækin)

Tæki:	Klukka á náttborði	Þvottavél í gangi	Kaffivél á eldhúsbörði	Bakaraofn í gangi	Útvarp á náttborði	Gufugleypir í eldhúsi
$\mu\text{T}$	2,3	1,5	1,6	1,3	1,2	2,7

Mælt var á ýmsum stöðum á heimilum fólks. Í töflu 3 eru sýnd miðgildi og meðaltöl. Helmingur mælinga er undir miðgildi en helmingur er yfir þeim. Baðherbergi og svefnherbergi geta verið fleiri en eitt í hverri íbúð.

**Tafla 3:** Mæld miðgildi og meðaltöl á höfuðborgarsvæði ( $\mu\text{T}$ )

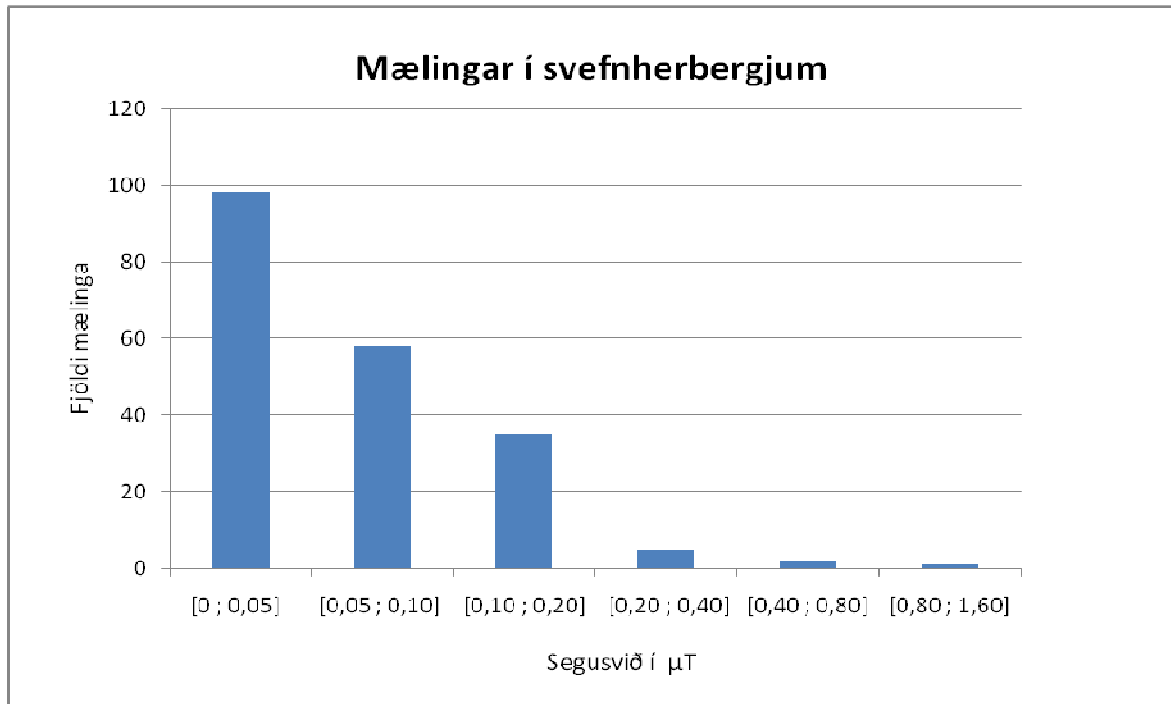
	Miðgildi	Meðaltal	Fjöldi
Höfðalag hjónarúms:	0,06	0,11	45
Baðherbergi, miðja:	0,05	0,10	164
Eldhús, miðja:	0,06	0,12	104
Svefnherbergi miðja:	0,05	0,08	198

Samkvæmt töflu 3 er talsverður munur á dæmigerðum miðgildum og meðaltölum á heimilum. Meðaltölin eru oft tvöfalt hærri en miðgildin. Ástæðan er sú að þótt dæmigerð gildi séu í kringum 0,05  $\mu\text{T}$  koma einstaka sinnum fyrir mun hærri gildi sem hækka meðaltalið. Þetta sést í töflu 4 og á mynd 2.

Í töflu 4 eru mælingar í miðju svefnherbergja flokkaðar saman, þannig að í fyrsta dálki eru mælingar undir 0,05  $\mu\text{T}$  í næsta dálki er fjöldi mælinga á milli 0,05  $\mu\text{T}$  og 0,1  $\mu\text{T}$  o.s.frv..

**Tafla 4:** Mæligildi í 198 svefnherbergjum (miðja) á höfuðborgarsvæðinu

Segulsvið	[0 ; 0,05]	[0,05 ; 0,10]	[0,10 ; 0,20]	[0,20 ; 0,40]	[0,40 ; 0,80]	[0,80 ; 1,60]
Fjöldi	97	58	35	5	2	1



**Mynd 2.** Fjöldi mæligilda í miðju 198 svefnherbergja á höfuðborgarsvæði. Um helmingur gilda er undir 0,05  $\mu\text{T}$  en meðaltal er um 0,08  $\mu$ .

Í könnuninni fundust 13 íbúðir þar sem í einu eða fleiri herbergjum (þar með eru talin eldhús og baðherbergi), mældist hærra segulsvið en 0,4  $\mu\text{T}$ . Í öll skipti sem spólan (straumbeinirinn), sem sagt er frá í kafla 3, var tengd (í 8 skipti af 13) lækkaði þetta svið umtalsvert, nær alltaf niður fyrir 0,4  $\mu\text{T}$  og oftast niður fyrir 0,2  $\mu\text{T}$  sem sýnir að segulsviðið stafaði af flökkustraumum. Vegna plássleysis í rafmagnstöflum var í nokkrum tilfellum ekki hægt að tengja spóluna.

Í þeim mælingum sem gerðar voru í svefnherbergjum utan höfuðborgarsvæðis mældist segulsvið aldrei yfir 0,2  $\mu\text{T}$  og meðaltal og miðgildi í svefnherbergjum voru nær hvert öðru og lægri en á höfuðborgarsvæðinu eða 0,04  $\mu\text{T}$  og 0,05  $\mu\text{T}$ . Þar sem aðeins er um að ræða 25 staði er ekki hægt að fullyrða að sömu tölur gildi um allt dreifbýli á Íslandi en þó er þetta vísbending um að segulsvið sé lægra í dreifbýli en í þéttbýli.

## 5 Umræða og samanburður við Svíþjóð

Í Svíþjóð<sup>9</sup> hefur geislavarnastofnunin í samvinnu við fleiri stofnanir sett fram ráðleggingar um að í varúðarskygni sé rétt að haga skipulagningu nýrra íbúðahverfa þannig að segulsvið verði ekki yfir 0,4  $\mu\text{T}$  ef það er hægt án mikils kostnaðar. Í þessum ráðleggingum koma fram upplýsingar um meðaltöl og miðgildi segulsviðs sem áhugavert er að bera saman við mælingar á Íslandi. Þetta er vegna þess að í Svíþjóð og á Íslandi eru rafdreifikerfin með sambærilegum hætti og á báðum stöðum stafar segulsvið yfir 0,3 – 0,4  $\mu\text{T}$  oft af flökkustraumum eins og áður var lýst.

Í sænsku ráðleggingunum segir að miðgildi fyrir segulsvið á heimilum í borgum sé um 0,1  $\mu\text{T}$  en í þorpum og í sveitum er sagt að búast megi við að gildin séu helmingi lægri. Samkvæmt töflu 3 er miðgildi segulsviðs á höfuðborgarsvæðinu 0,05 -0,06  $\mu\text{T}$  sem er talsvert lægra en í sænsku þéttbýli.

Samkvæmt rannsókn Geislavarna og Brunamálastofnunar ræðst meðaltal segulsviðs að miklu leyti af hlutfalli þeirra fáu húsa sem hafa segulsvið yfir 0,2—0,4  $\mu\text{T}$  sem oftast er vegna svokallaða flökkustrauma. Í rannsókninni reyndust um 10% íbúða (13 íbúðir) vera með segulsvið yfir 0,4  $\mu\text{T}$  í einu eða fleiri herbergjum. Í flestum tilvikum var aðeins um eitt herbergi að ræða og segulsvið að meðaltali í íbúðinni var alltaf lægra en 0,3-0,4  $\mu\text{T}$  með hugsanlega einni undantekningu. Með mælingum í um 130 íbúðum virðist hlutfall barna sem búa við segulsvið sem að meðaltali er yfir 0,3-0,4  $\mu\text{T}$  vera svipað og í Svíþjóð eða um og innan við 1% (sbr. kafla 2.2).

Niðurstöður mælinganna gefa þannig til kynna að segulsvið í íbúðarhúsnæði á Íslandi sé sambærilegt við segulsvið í íbúðarhúsnæði í Svíþjóð.

## 6 Ályktanir

Segulsvið er alls staðar í umhverfi fólks en breytileikinn í styrk þess er mjög mikill. Nálægt rafmagnstækjum er algengt að mæla allt að 10  $\mu\text{T}$  en í 1 metra fjarlægð er venjulega ekki hægt að greina áhrif frá þeim. Algengast er að segulsvið í íbúðum á höfuðborgarsvæðinu mælist um 0,05  $\mu\text{T}$  (miðgildi). Að meðaltali mælist segulsviðið í þessum íbúðum á höfuðborgarsvæðinu um 0,1  $\mu\text{T}$ .

Meðaltal segulsviðs er hærra en algengustu gildi vegna þess að stöku sinnum mælast gildi sem eru margfalt hærri en meðaltalið. Rannsóknin sýndi að segulsvið yfir 0,4  $\mu\text{T}$  á íslenskum heimilum stafar nær alltaf af svokölluðum flökkustraumum og einnig að nær alltaf má með einföldum aðgerðum minnka þessa strauma. Hinsvegar er erfitt að segja til um það fyrirfram hvar slíka flökkustrauma er að finna í því íbúðarhúsnæði sem þegar hefur verið byggt.

Vegna fámennis og vegna þess hve sjaldgæft hvítblæði í börnum er hentar Ísland illa til rannsókna á hugsanlegum tengslum segulsviðs og hvítblæðis í börnum. Þær niðurstöður sem hér hafa verið kynntar

---

<sup>9</sup> Sænskt skjal um segulsvið frá 1996 er hér: [http://www.av.se/dokument/inenglish/broschures/adi\\_478.pdf](http://www.av.se/dokument/inenglish/broschures/adi_478.pdf), Low-frequency electrical and magnetic fields - the precautionary principle for national authorities - guidance for decision-makers

benda til þess að segulsvið í íbúðarhúsnæði á Íslandi og í Svíþjóð sé sambærilegt og að beita megi sömu aðferðum og þar er gert um við mat á heilsufarsáhættu af þess völdum.

Með hliðsjón af þeim niðurstöðum sem hér hafa verið kynntar telja Geislavarnir ríkisins að ekki séu, að svo stöddu, veigamikil rök fyrir umfangsmeiri rannsóknum á styrk segulsviðs í íbúðarhúsnæði á Íslandi.

Þá telur Brunamálastofnun ekki þörf á að setja ítarlegri reglur um hönnun og setningu raflagna í byggingum hér á landi með það að markmiði að takmarka segulsvið enda þegar að finna í viðmiðunarreglum stofnunarinnar ákvæði þar að lútandi.

## Viðauki I

### Götuheiti á höfuðborgarsvæðinu

Mælt var í íbúðum við þessar götur. Á nokkrum stöðum var mælt í fleiri en einu húsi í sömu götu og sums staðar í fleiri en einni íbúð í húsi.

101	Ásvallagata	111	Vesturberg
101	Bræðraborgarstígur	112	Bakkastaðir
101	Hávallagata	112	Dverghamrar
101	Hörpugata	112	Hverafold
101	Norðurstígur	112	Ljósavík
101	Óðinsgata	112	Logafold
101	Ránargata	112	Smárarim1
103	Kringlan	112	Sóleyjarrimi
103	Sléttuvegur	112	Vættaborgir
104	Eikjuvogur	112	Þorláksgesli
104	Gnoðarvogur	113	Andrésbrunnur
104	Karfavogur	113	Friggjarbrunnur
104	Langholtsvegur	113	Mariubaugur
105	Bólstaðarhlíð	113	Úlfarsbraut
105	Eskihlíð	113	Þorláksgesli
105	Lerkihlíð	150	Rauðararstígur
105	Skaftahlíð	170	Sólbraut
107	Frotaskjólí	200	Álftröð
107	Grenimelur	200	Brekkutún
108	Fellsmúli	200	Engihjalli
108	Garðsendi	200	Hlégerði
108	Gautland	200	Hlíðarhjalli
108	Hulduland	200	Laufbrekka
108	Hvammngerði	201	Gullsmári
108	Langagerði	201	Háulind
109	Árskógar	201	Krossalind
109	Fljótasel	201	Laxalind
109	Tindaseli	201	Rjúpnasalir
109	Ystasel	201	Þorrasalir
110	Brautarás	201	Þrúðsalir
110	Hólmavað	203	Glæsihvarf
110	Hraunbæ	203	Kleifakór
110	Móvað	203	Vatnsendablettur
110	Naustabryggja	210	Árakur
110	Selvað	210	Bjarkarás

210	Háhæð
210	Línakur
220	Merkurgata
220	Miðvangur
220	Norðurbakki
220	Smyrlahrauni
220	Stuðlabergi
221	Erluás
221	Eskivellir
221	Kvistavellir
221	Þrastarás
225	Sjávargata
260	Hraunsvegur
270	Dalatangi
270	Grenibýggð
270	Klapparhlíð
270	Krókabyggð
270	Kvíslartunga
270	Skeljatangi
270	Þrastarhöfði

## Viðauki 2

### Um segulsviðsmæli og prófanir

Samkvæmt kvörðunarblöðum með NARDA ELT-400 segulsviðsmæli Geislavarna ríkisins er mælirinn með 2,2% óvissu þegar komið er yfir 0,35  $\mu\text{T}$  (sem er tífalt svokallað „noise level“ mælis). Hann getur ekki mælt segulsvið sem er minna en um það bil 0,035  $\mu\text{T}$  („noise level“).

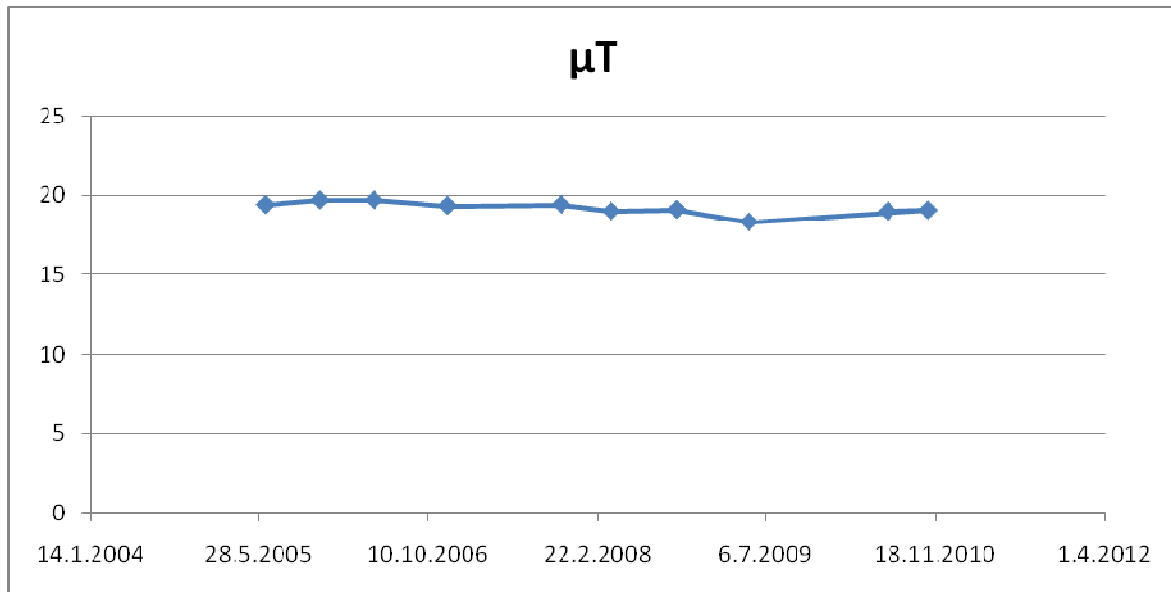
Þar sem um helmingur mælinga á segulsviði á íslenskum heimilum er undir 0,050  $\mu\text{T}$  þýðir þetta að meðaltal mæligilda verður of hátt. Þetta hefur ekki mikil áhrif á niðurstöðurnar sem sést á því að þótt öll mæligildi væru lækkuð um 0,035  $\mu\text{T}$  myndi meðaltalið aðeins lækka úr 0,100  $\mu\text{T}$  í 0,065  $\mu\text{T}$ . Munurinn er í raun ekki svo mikill og hann er allur í þá átt að meðaltalið er í raun lægra en gefið er upp í töflu 2.



Á mynd 4 er mælir Geislavarna ríkisins ásamt búnaði sem tvisvar á ári er notaður til að sannreyna mælirinn sé í lagi. Þessar mælingar eru skráðar í samræmi við vottað verklag Geislavarna ríkisins, sbr. ISO 9000.

**Mynd 3** Mælingar til að sannreyna að mælt sé rétt segulsvið.

Prófunarmælingar hafa reynst verið mjög stöðugar sbr. meðfylgjandi línurit sem sýnir mælingar síðustu 5 árin.



**Mynd 4** Segulsvið mælt eins og sýnt er á mynd 3. Gildin eru „sköluð“ til eins og straumur í vafningum væri jafnan 0,5 A og segulsvið 22  $\mu\text{T}$  en í raun hafa ýmis gildi verið notuð niður í 3,5  $\mu\text{T}$ .

### **Viðauki 3**

#### **Straumbeinir**

Rafal ehf hefur hannað búnað sem kallast straumbeinir. Um er að ræða spólu sem tengd er milli spennujöfnunartenginga, s.s. sökkulskauts og vatnspípna úr málm, annars vegar og PEN-leiðara heimtaugar hins vegar í því skyni að beina straumnum eftir PEN-leiðaranum. Straumbeinirinn jafnar álagið á heimtaug viðkomandi byggingar þannig að við notkun hans verður álagsskekkja heimtaugarinnar innan við 1% í stað allt að 70% og minnkar þar með verulega flökkustrauða og segulsvið í byggingunni, sjá frekar á [www.rafal.is](http://www.rafal.is)