



Elektrobiologisk Selskab

- www.elektrobiologi.dk -

Forskningsorientering #2 - Elektrobiologisk Selskab 2017

Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter

Kim Horsevad

2017

Indholdsfortegnelse

Grænseværdier som begreb:.....	3
Problematisering af nuværende grænseværdier.....	5
Absorberet dosis, SAR.....	10
Eksposeringssituationer og forslag til biologiske grænseværdier:.....	13
Sikkerhedsafstande.....	17
Referencemateriale for kapitel 10 - Grænseværdier.....	21

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter
. Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

Grænseværdier som begreb:

Grænseværdier er grundlæggende et interessant begreb, som hovedsageligt er udtryk for en politisk beslutning om, hvornår et givet stof er farligt.

Afhængig af det politiske miljø kan grænseværdier hurtigt ændre sig, når det er økonomisk fordelagtigt - også i veludviklede og demokratiske lande. Et klassisk eksempel er mangedoblingen af grænseværdien for radioaktivitet i ren-kød efter Tjernobyk-katastrofen i 1986.

Svenskerne stod overfor en økonomisk katastrofe for ren-ejerne eller for staten, som skulle kompensere ren-ejerne for indtægtstab + udgifter til bortskaffelse af de kontaminerede rener. Den svenske regering hævdede derfor grænseværdierne fra 300bq/kg til 10000bq/kg, således at et stykke rensdyrkød, som før skulle bortskaffes som miljøfarligt materiale, nu var fuldt lovligt at sælge til offentligheden. I Norge foregik en tilsvarende proces - her hævdede man grænseværdien fra 600bq/kg til 6000bq/kg.

Grænseværdierne for mikrobølgestråling i Europa er baseret på anbefalingerne fra International Commission on Non Ionising Radiation Protection. (ICNIRP). ICNIRP er et privat firma i Bayern, hvis medlemmer hovedsageligt kommer fra teleindustrien. ICNIRPs stifter blev senere leder af WHO, hvilket formentlig var medvirkende til, at WHO adopterede ICNIRPs forslag til grænseværdier.

ICNIRPs anbefalinger stammer fra en tid, hvor man ikke havde det samme forskningsmæssige overblik over non-termiske virkninger, som man har i dag, og hvor eksponering for mikrobølger hovedsageligt var en erhvervsmæssig risiko. ICNIRPs anbefalinger tager således udelukkende udgangspunkt i at undgå opvarmningsmæssige skader.

Især to forhold gør disse grænseværdier utidssvarende i dag. For det første er der en omfattende række af forsøg, der dokumenterer skadelige og direkte genotoksiske virkninger ved eksponeringer langt under ICNIRPs grænseværdier. For det andet er ICNIRPs grænseværdier udarbejdet med udgangspunkt i gennemsnitsværdier, hvilket formentlig var de mest velegnede målemetoder, da grænseværdierne blev etableret, men væsentligt misvisende i dag, da stort set al moderne trådløs kommunikationsteknologi i mikrobølgespektret baserer sig på pulserende stråling.

ICNIRPs anbefalinger (og dermed de gældende grænseværdier i Danmark) yder således ingen beskyttelse mod de non-termiske helbredsvirkninger.

Der ses påvirkning af menneskers helbred og hjerterytme allerede ved lavere værdier end $0,00001\text{W}/\text{m}^2$ (Kositsky, et al., 2001) Den nuværende danske grænseværdi er således over 10.000 gange højere end forsigtigsprincippet indikerer.

Problematisering af nuværende grænseværdier

Hos organisationer, folkevalgte forsamlinger, videnskabelige kongresser, lægesammenslutninger og forskerfællesskaber udtrykkes der bekymring for de nuværende grænseværdiers manglende muligheder for at beskytte mod non-termiske virkninger.

Nødvendigheden af en snarlig revision af grænseværdierne kan blandt andet eksemplificeres ved, at de nuværende grænseværdier for ELF magnetfeltseksponering ligger på 100 μT , mens der i epidemiologiske undersøgelser kan iagttages en fordobling af risikoen for børneleukemi allerede ved 0,4 μT (Blank & Goodman, 2011)

Det anbefales derfor ofte i videnskabelige kredse at nedsætte ICNIRP-anbefalingerne væsentligt, som eksempelvis efter en videnskabelig kongres om helbredsvirkninger af RF-EMF i Norge i 2009 (Fragopoulou A, Grigoriev Y, Johansson O, Margaritis LH, Morgan L, Richter E, Sage C., 2010)

a) Low-intensity (non-thermal) bioeffects and adverse health effects are demonstrated at levels significantly below existing exposure standards.

b) ICNIRP and IEEE/FCC public safety limits are inadequate and obsolete with respect to prolonged, low-intensity exposures.

c) New, biologically-based public exposure standards are urgently needed to protect public health world-wide.

- (Fragopoulou, Adamantia., et al., 2010, p307)

Den internationale samlingsorganisation for forskere med speciale i feltet, (The International Commission for Electromagnetic Safety, ICEMS) vedtog allerede på konferencen: "The Precautionary EMF Approach: Rationale, Legislation and Implementation" i 2006 en særdeles hård kritik af ICNIRPs grænseværdier:

1. . . . there are adverse health effects from occupational and public exposures to electric, magnetic and electromagnetic fields, or EMF, at current exposure levels. What is needed, but not yet realized, is a comprehensive, independent and transparent examination of the evidence pointing to this emerging, potential public health issue.

4. Arguments that weak (low intensity) EMF cannot affect biological systems do not represent the current spectrum of scientific opinion.

6. We encourage governments to adopt a framework of guidelines for public and occupational EMF exposure that reflect the Precautionary Principle– as some nations have already done.

--- ICEMS, 2006

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter
. Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

Porto Alegre-resolutionen, som blev vedtaget på International Workshop on Non-ionizing Radiation Health and Environment i 2009, påpeger ligeledes behovet for revurdering af grænseværdierne fra ICNIRP:

"We are concerned about the body of evidence that indicates that exposure to electromagnetic fields interferes with basic human biology and may increase the risk of cancer and other chronic diseases.

The exposure levels at which these effects have been observed are many times lower than the standards promulgated by the International Commission for Non-Ionizing radiation Protection (ICNIRP) and the IEEE's International Committee on Electromagnetic Safety (ICES).

These standards are obsolete and were derived from biological effects of short-term high intensity exposures that cause health effects by temperature elevation and nerve excitation discovered decades ago.

Recent research indicates that electromagnetic fields could cause detrimental health effects even at very low levels of exposure. The ICNIRP and IEEE/ICES standards are being supported and promoted by interested parties to avoid precautionary technical planning, precautionary laws, and precautionary advice to the public."

---ICEMS, 2011, p1

Tilsvarende opfordring lød i 2005 fra en gruppe forskere og læger i Finland. Deres opfordring til EU-parlamentet om at udvise ansvarlighed og rettidig omhu i forhold til elektromagnetisk stråling (og herunder igangsætte relevant forskning) er blevet kendt som Helsinki-appellen:

The present safety standards of ICNIRP (International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection) do not recognize the biological effects caused by non-ionizing radiation except those induced by the thermal effect.

In the light of recent scientific information, the standards recommended by ICNIRP have become obsolete and should be rejected. Especially children and other persons at risk should be taken into account when re-evaluating the limits regarding the harmful effects of electromagnetic fields and radiation. Call for new safety standards, reject International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) guidelines.

--- Helsinki Appeal 2005

Europarådets Parlamentariske Forsamling vedtog d. 17. maj 2011 deres Resolution 1815, hvori man anbefaler, at medlemsstaterne:

8.1.1. take all reasonable measures to reduce exposure to electromagnetic fields, especially to radio frequencies from mobile phones, and particularly the exposure to children and young people who seem to be most at risk from head tumours;

8.1.2. reconsider the scientific basis for the present standards on exposure to electromagnetic fields set by the International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, which have serious limitations, and

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter . Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

apply ALARA principles, covering both thermal effects and the athermic or biological effects of electromagnetic emissions or radiation;

8.1.3. put in place information and awareness-raising campaigns on the risks of potentially harmful long-term biological effects on the environment and on human health, especially targeting children, teenagers and young people of reproductive age;

8.1.4. pay particular attention to “electrosensitive” people who suffer from a syndrome of intolerance to electromagnetic fields and introduce special measures to protect them, including the creation of wave-free areas not covered by the wireless network;

---Europarådets Parlamentariske Forsamling, Resolution 1815

Den russiske kommite for beskyttelse mod ikke-ioniserende stråling (Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection, RNCNIRP) anbefaler i rapporten: “Electromagnetic fields from Mobile Phones: Health Effect on Children and Teenagers” i 2011 yderligere forskning for at klarlægge, hvorvidt den betydelige negative sundhedsudvikling blandt landets teenagere kunne skyldes mikrobølgestråling fra mobiltelefoner og WiFi:

“... since 2000 there has been a steady growth in the incidence of childhood diseases identified by RNCNIRP as “possible diseases” from mobile phone use. Of particular concern is the morbidity increase among young people aged 15 to 19 years (it is very likely that most of them are mobile phone users for a long period of time). Compared to 2009, the number of CNS [central nervous system] disorders among 15 to 17 year-old has grown by 85%, the number of individuals with epilepsy or epileptic syndrome has grown by 36%, the number of “mental retardation” cases has grown by 11%, and the number of blood disorders and immune status disorders has grown by 82%. In group of children aged less than 14 years there was a 64% growth in the number of blood disorders and immune status disorders, and 58% growth in nervous disorders. The number of patients aged 15 to 17 years old having consultations and treatment due to CNS disorders has grown by 72%.”

--- RNCNIRP, 2005

EU-parlamentet vedtog lignede anbefalinger i 2009 vedrørende helbredsskadelige virkninger af elektromagnetiske felter:

“... Calls for particular consideration of biological effects when assessing the potential health impact of electromagnetic radiation, especially given that some studies have found the most harmful effects at lowest levels; calls for active research to address potential health problems by developing solutions that negate or reduce the pulsating and amplitude modulation of the frequencies used for transmission;”

European Parliament, 2. april 2009

Den internationale kommission for elektromagnetisk sikkerhed, (International Commission for Electromagnetic Safety, ICEMS) vedtager i 2008 Venedig-resolutionen:

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter
. Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

"We take exception to the claim of the wireless communication industry that there is no credible scientific evidence to conclude there a risk. Recent epidemiological evidence is stronger than before, which is a further reason to justify precautions be taken to lower exposure standards in accordance with the Precautionary Principle.

We recognize the growing public health problem known as electrohypersensitivity; that this adverse health condition can be quite disabling; and, that this condition requires further urgent investigation and recognition.

We strongly advise limited use of cell phones, and other similar devices, by young children and teenagers, and we call upon governments to apply the Precautionary Principle as an interim measure while more biologically relevant standards are developed to protect against, not only the absorption of electromagnetic energy by the head, but also adverse effects of the signals on biochemistry, physiology and electrical biorhythms."

--- Venedigresolutionen, 2008

Flere tusinde praktiserende læger i Tyskland samlede i 2002 deres støtte til en opfordring (Freiburger Apell, 2002) til myndighederne om øjeblikkelig handling i forhold til beskyttelse af befolkningen mod mikrobølgestråling.

Lægerne satte den øgede forekomst af mikrobølgestråling i forbindelse med det stigende niveau af sygdomme som:

- Dysfunktioner i adfærd og læring (ADHD, ADD, etc)
- Blodtryksændringer
- Hjerterytmeforstyrrelser
- Hjertesygdomme hos stadigt yngre mennesker
- Neurologiske sygdomme som Alzheimer og Epilepsi
- Cancerformer, eksempelvis leukæmi og hjernesvulster

Lægegruppen gør herefter opmærksom på, hvorledes en stor del af de moderne funktionsnedsættende sygdomme uden egentlig ætiologi i al væsentlighed kan forklares ved overfølsomhedsreaktioner på eksponering for elektromagnetiske felter. Lægerne gør endvidere opmærksom på, hvorledes sådanne sygdomme let kan fejlagnostiseres som psykosomatiske.

Absorberet dosis, SAR

SAR er en teoretisk beregning af, hvor stor en dosis energi, der optages i biologisk væv ved eksponering for et givet elektromagnetisk felt.

I sin simpleste form beregnes SAR-værdien på grundlag af måling af det elektriske felt, vævets densitet og vævets elektriske ledningsevne.

$SAR = \frac{\sigma \cdot E^2}{\rho}$	<p><u>Hvor:</u></p> <p>σ = Vævets elektriske ledningsevne i S/m</p> <p>E = Elektrisk felt i V/m</p> <p>ρ = Vævsdensitet i kg/m³</p>
---------------------------------------	---

Figur 36: Forenklet konceptuelt overblik over beregning af SAR. SAR angives i W/kg eller velegnede derivativer deraf. Ved et elektrisk felt på 100 V/m, og en vævsprøve med 1 S/m elektrisk ledningsevne og vævsdensitet på 1000 kg/m³ vil man således nå en SAR på 10W/kg. Den reelle beregning af SAR er ofte computerbaseret, idet hensyntagen til forskellige vævstyper i kroppen, og gennemsnitsberegningerne deraf, komplicerer udregningen. En mere uddybet behandling af SAR-konceptet og forslag til numerisk beregning kan findes i: Khalatbari, S., Sardari, D., Mirzaee, A., A., Sadafi, H., A., 2006

Beregningen af SAR er i øvrigt forskellig i henholdsvis USA og Europa. I USA skal SAR-beregningen foretages over en vævsprøve på 1 gram af det mest absorberende væv, hvorimod den europæiske beregningsmåde foretages over en vævsprøve på 10 gram af det mest absorberende væv. Afhængig af den konkrete sammenhæng kan det derfor give misvisende resultater at sammenligne direkte mellem amerikanske og europæiske SAR-værdier

Den nuværende grænseværdi for SAR i Europa er 2W/Kg for hjernevæv.

Grænseværdien er baseret på, at man har målt termiske effekter i øjne i dyreforsøg ved 100W/kg, hvorefter man har appliceret en sikkerhedsfaktor på 50. (Hardell, Lennart., Sage, Cindy. 2008, p108)

Det bemærkes således, at den nuværende grænseværdi for SAR ikke er baseret på forskningsmæssig gennemgang af non-termiske effekter, men alene på opvarmningseffekter i øjnene ved dyreforsøg.

Det bemærkes samtidigt, at man har valgt en sikkerhedsfaktor på 50. Det kan forekomme højt, men den normale praksis ved anvendelse af dyreforsøg er en samlet faktor 100, hvor den første faktor 10 baseres på overgang fra dyr til menneske, og den sidste faktor 10 er begrundet i individuel variabilitet (Hardell, Lennart., Sage, Cindy. 2008, p108)

Ud over de mere teoretiske indvendinger mod beregningsformen er det samtidigt tydeligt, at den SAR-baserede grænseværdi ikke yder reel beskyttelse, derved at anvendelse af mobiltelefoner epidemiologisk kan korreleres til forekomsten af hjernekræft (Hardell, L., Carlberg, M., & Hansson-Mild, K. 2013). Hvis grænseværdien ydede egentlig beskyttelse, ville undersøgelsen ikke kunne vise korrelation. Detaljerne i SAR-udregningens manglende validitet i forhold til grænseværdi for nontermiske effekter fastlagdes allerede i 2013 af et græsk-svensk forskerteam (Panagopoulos, Johansson, Carlo, 2013)

Et yderligere problematisk forhold i forbindelse med den SAR-baserede grænseværdi er forekomsten af samme biokemiske reaktioner ved forskellige frekvenser og forskellige SAR-niveauer (Blank M, Goodman R. 2004), hvorved det umiddelbart kan iagttages, at SAR-konceptet ikke er velegnet som grundlag for etablering af grænseværdier. Problemforholdet understreges yderligere af den ofte observerede non-linearitet mellem eksponering og virkning (Blank M, 2005), hvorfor en grænseværdiberegning baseret på absorberet energi ikke længere kan regnes som relevant.

Ud over disse problemforhold er der også indikationer på, at der findes mere grundlæggende validitetsmæssige usikkerheder ved SAR-beregningen, idet den anvendte SAR beregningsmodel fejlestimerer den reelle absorberede dosis med en betydelig margin (Gandhi OP, Morgan LL, de Salles AA, Han YY, Herberman RB, Davis DL., 2012)

I USA har man konstrueret en model af et menneskeligt hoved, som man anvender som udgangspunkt i målinger og beregninger af SAR for mobiltelefoner. Modelhovedet betegnes SAM (Specific Anthropomorphic Mannequin) og er konstrueret ud fra helbredsundersøgelser af de 10% bedste amerikanske militære rekrutter i 1989. Her ses første problem - man har ingen viden om, hvordan værdierne for de 10% bedste amerikanske rekrutter i 1989 korrelerer sig til den nuværende befolkning.

Næste problem er størrelsen af hovedet. En stor del af brugerne af mobiltelefoner er børn og unge mennesker, hvis hoveder er mindre end voksnes. Absorberingen hos et barn kan derfor være dobbelt så høj som hos en voksen, samtidigt med, at absorberingen i knoglemarven i barnets kranie kan være op til 10 gange højere end hos en voksen. SAR værdien for en given telefon kan derfor, hos børn, være op til 153% højere end den angivne via SAR-modellen (ibid).

Herudover er SAR-konceptet i selve sit konceptuelle grundlag relateret til opvarmningsskader og er således ikke udviklet til at beskytte mod non-termiske virkninger, hvor der kan være non-linearitet mellem eksponering og bioreaktivitet:

The effects of MW [microwaves] of mobile communications are of major concern because of the increased exposure in many countries. It has been shown that adverse effects of NT [non-thermal] MW from GSM/UMTS mobile phones on human lymphocytes from healthy and hypersensitive to EMF persons depend on carrier frequency and modulation. Further investigations with human primary cells, animals and volunteers are needed to elucidate possible adverse effects of MW signals that are used in wireless communication. Identification of those types and frequency channels/bands for mobile communication, which do not affect human cells, is urgently needed as the high priority task for the development of safe mobile communication. Numerous data on the NT MW effects clearly indicate that the SAR-concept alone cannot underlie the safety guidelines for chronic exposures to MW from mobile communication and other approaches are needed.

---Belyaev IY, Grigoriev YG, 2007, p727

Samtidig anvender SAM en væske, som gennemsnitligt svarer til den elektriske konduktivitet og densitet for menneskeligt hjernevæv, men modellen kan ikke tage højde for den differentielle absorption, der finder sted i de forskellige slags væv i hjernen.

Når de forskellige vævstypers forskelle i elektrisk konduktivitet og densitet medtænkes, bliver forskellene mellem beregnet og reel (in vivo) eksponering drastisk forøget. I et nyere studie (Schmid G, Kuster N., 2015) fastslår de to forskere, hvoraf den ene - Niels Kuster - har ry for at være en af verdens førende forskere i RF-dosimetri, at den reelle SAR-værdi for visse vævstyper ved benyttelse af en almindelig mobiltelefon kan overstige 40W/kg. Grundlæggende betyder det, at samtlige hidtil publicerede forskningsresultater groft har undervurderet de reelle eksponeringsforhold.

Som en løsning på problematikken foreslås det allerede i 2012 at anvende DNA-baseret dosimetri som grundlag for grænseværdier, derved at grænseværdien foreslås relateret til eksponeringens skade på DNA:

The changes can be measured by transcriptional alterations and/or translational changes in specific proteins. Because ionizing radiation also causes DNA damage, a biologically based standard related to stimulation of DNA could apply over a much wider range of the electromagnetic spectrum. A safety standard for exposure to a wide range of non ionizing frequencies can be based on the documented changes in DNA biochemistry that arise from interactions with EMF.

---Blank M, Goodman RM., 2012, p243

Eksposeringssituationer og forslag til biologiske grænseværdier:

Flere forskersammenslutninger har på baggrund af nuværende forskningsdata forsøgt at fremsætte forslag til hensigtsmæssige grænseværdier for eksposering for mikrobølgestråling. Nedenfor findes en opstilling af forskellige gældende (juridiske) grænseværdier, forslag til biologisk funderede grænseværdier og eksposeringsværdier for typiske benyttelsessituationer:

Frekvens:	ICNIRP 1998 Referenceniveau:			
	Elektrisk feltintensitet: (V/m)	Magnetisk feltintensitet: H-felt (A/m)	B-felt (μT)	Effektæthed: W/m ²
3-150 kHz	87	5	6,25	
0,15-1 MHz	87	0,73 / f	0,92 / f	
1-10 MHz	$87 / f^{1/2}$	0,73 / f	0,92 / f	
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2000 MHz	$1,375 \cdot f^{1/2}$	$0,0037 \cdot f^{1/2}$	$0,0046 \cdot f^{1/2}$	f / 200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

ICNIRP Referenceniveauer for offentlighedens eksposering for elektromagnetiske felter med udgangspunkt i termiske skader. "f" angiver frekvens i Mhz. ICNIRPs referenceværdier tager udgangspunkt i en maksimal helkrops-SAR på 0,08 W/kg, og benyttes i vid udstrækning som grundlag for myndighedsanbefalinger. ICNIRPs referenceniveauer beskytter ikke mod non-termiske virkninger.

Typiske eksposeringssituationer:

	mW/m ² :	$\mu\text{W}/\text{m}^2$:	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$:	V/m:
WiFi (Trådløs internet), 1m fra AP ⁽¹⁾	1,3-23,87	1300-23.870	0,13-2,387	0,7-3
WiFi (Trådløs internet), 0,5m fra computer ⁽¹⁾	3,21-63,69	3210-63.690	0,321-6,369	1,1-4,9
Bærbar computer, 1 meter ⁽²⁾	1,3-4,483	1300-4483	0,13-0,4483	0,7-1,3
Ipad, hovedafstand (0,5m) ⁽³⁾	60,5	60.500	6,05	4,776
Klasseværelse, 28 elever, alle elever bruger WiFi. ⁽⁴⁾	620,9	620.900	62,09	15,30
Mobiltelefon (N900), hovedafstand, rigtig god dækning, udendørs ⁽⁵⁾	0,08404	84,04	0,008404	0,178
Mobiltelefon (N900), hovedafstand, dårlig dækning, udendørs ⁽⁶⁾	5.686	5.686.000	586,6	46,3
Mobiltelefon (N900), hovedafstand, dårlig dækning, indendørs ⁽⁷⁾	14.780	14.780.000	1478	74,65
Iphone 6, hovedafstand (5cm), god dækning ⁽⁸⁾	637,3	637.300	63,73	15,5
Nedre funktionsgrænse for mobiltelefon (modtagelse)	0,000001	0,001	0,0000001	0.000614

Eksposeringsniveau ved typiske benyttelsessituationer for mikrobølgebaseret trådløst kommunikationsudstyr.

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter
. Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

Foreslåede biologiske grænseværdier:

	mW/m ² :	µW/m ² :	µW/cm ² :	V/m:
Salzburg (2002), indendørs ⁽⁹⁾	0,001	1	0,0001	0.02
Salzburg (2002), udendørs ⁽⁹⁾	0,01	10	0.001	0.06
Bioinitiative (2007) ⁽¹⁰⁾	1	1000	0,1	0,6140
Bioinitiative (2012) ⁽¹⁰⁾	0,003-0,006	3-6	0,0003-0,0006	0,03-0,04
EU-parlamentet, STOA 2001 ⁽¹¹⁾	0,1	100	0,01	0.1942
Selentun Statement (2010), provisional ⁽¹²⁾	1,698	1698	0,1698	0,8
Selentun Statement (2010), final ⁽¹²⁾	0,17	170	0,017	0,25
SBM 2008 No Concern ⁽¹³⁾	0,0001	0,1	0,00001	0,0061
SBM 2008 Slight Concern ⁽¹³⁾	0,01	10	0,001	0,0614

Foreslåede grænseværdier med udgangspunkt i biologisk forskning. Bemærk forskellen mellem disse og ICNIRPs referenceværdier. Bemærk herudover at de nyeste publicerede værdier generelt er de laveste, idet forskningen på området hele tiden finder nye sammenhænge.

Noter til foregående tabeller:

(1): Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape. URL:

<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00686/index.html?lang=en&down>

(2): UK Health Protection Agency.

URL: <http://wifiinschools.org.uk/resources/HPA+wi-fi+exposures.pdf>

(3): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode.

(4): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. Eleverne brugte trådløse computere i undervisningen.

(5): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. I område med rigtig god dækning. (Udendørs, 300meter fra basestation)

(6): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. I område med dårlig dækning, udendørs.

(7): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. I område med dårlig dækning, indendørs.

(8): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. I område med god dækning.

(9): Oberfeld, G. 2007. Environmental Medicine Evaluation of Electromagnetic Fields. URL: <http://www.salzburg.gv.at/Oberfeld-EMF-enviro-med-evaluation-2007.pdf>

(10): Bioinitiative (2007, 2012).

URL: http://www.bioinitiative.org/report/wp-content/uploads/pdfs/sec01_2012_summary_for_public.pdf

(11): EU-Parlamentet: STOA 2001.

URL: http://www.next-up.org/pdf/00-07-03sum_en.pdf

(12): Scientific Panel on Electromagnetic Health Risks.

URL: http://sagereports.com/smart-meter-rf/?page_id=382

(13): SBM 2008.

URL: <http://hbelc.org/pdf/standards/sbm2008.pdf>

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter . Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

Sikkerhedsafstande

Ved applicering af biologisk forskningsmæssigt anbefalede grænseværdier kan man beregne sikkerhedsafstande ved benyttelse som angivet i de følgende tabeller. Bemærk dog at hovedparten af den trådløse teknologi er baseret på så høje effekttætheder at de krævede sikkerhedsafstande er meget vanskeligt opnåelige i praksis.

Udregning af sikkerhedsafstand:

Sikkerhedsafstanden er beregnet som den afstand en person skal opretholde til den givne eksponeringskilde for at kunne overholde de viste grænseværdier.

Udregningerne skal forstås som generelle estimater. Udregningerne er foretaget på baggrund af en isotropisk antenne uden forstærkning. Mange kommercielt tilgængelige trådløse enheder benytter retningsvirkende antenner - i sådanne situationer vil effekttætheden (og dermed sikkerhedsafstand) i visse retninger være betydeligt højere. Lokale tilbagekastningsforhold kan ligeledes give betydelige udsving.

Adaptiv sendestyrke:

Mobiltelefoner og andre GSM-enheder foretager automatisk tilpasning af sendestyrke efter de konkrete sende/modtage-forhold. De viste målinger er derfor kun at betragte som eksempler.

Mobilmaster:

Mobilmasternes antenner konstrueres normalt til at være retningsvirkende i både horisontal og vertikal henseende, hvilket giver en forstærkning i den retning, antennen peger. En typisk mobilmast dækker et område på 120°, hvorved tre antenner kan dække 360°. Kombineret med vertikal fokusering giver dette en retningsmæssigt forstærkende faktor på mellem ca 20 og 100 (set i forhold til en isotropisk antenne). Bemærk samtidigt at der ofte er flere antenner på samme mast, hvorfor sikkerhedsafstanden for den samlede eksponering kan være betydeligt højere

Anvendelse:

Grænseværdierne fra BioInitiative 2012 kan betragtes som den mest forskningsmæssigt gennearbejdede anbefaling for normalt brug, mens SMB2008 formentlig fortrinsvis er relevant for personer der allerede har udviklet EHS.

Sikkerhedsafstande til WiFi og lign trådløs kommunikationsudstyr:

Sikkerhedsafstand til WiFi (fra computer el. lign): 30mW

<u>Foreslået grænseværdi:</u>	<u>V/m:</u>	<u>Sikkerhedsafstand (m):</u>
Salzburg 2002, indendørs	0,02	47,45
Salzburg 2002, udendørs	0,06	15,82
Bioinitiative 2007	0,614	1,55
Bioinitiative 2012	0,04	23,72
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	4,89
Selentun, 2010, final	0,25	3,80
SBM 2008	0,0061	155,56

Sikkerhedsafstand til WiFi (fra AP el lign): 100mW

<u>Foreslået grænseværdi:</u>	<u>V/m:</u>	<u>Sikkerhedsafstand (m):</u>
Salzburg 2002, indendørs	0,02	86,63
Salzburg 2002, udendørs	0,06	28,88
Bioinitiative 2007	0,614	2,82
Bioinitiative 2012	0,04	43,31
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	8,92
Selentun, 2010, final	0,25	6,93
SBM 2008	0,0061	284,02

Sikkerhedsafstand til DECT 1900MHz (800mW):

<u>Foreslået grænseværdi:</u>	<u>V/m:</u>	<u>Sikkerhedsafstand (m):</u>
Salzburg 2002, indendørs	0,02	245,01
Salzburg 2002, udendørs	0,06	81,67
Bioinitiative 2007	0,614	7,98
Bioinitiative 2012	0,04	122,51
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	25,23
Selentun, 2010, final	0,25	19,60
SBM 2008	0,0061	803,32

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter
 . Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

Sikkerhedsafstande til mobiltelefoner og GSM-baserede smartmeters:**Sikkerhedsafstand til smartmeter og mobiltelefon:***(GSM 900Mhz, dårlig dækning, 2W)*

<u>Foreslået grænseværdi:</u>	<u>V/m:</u>	<u>Sikkerhedsafstand (m):</u>
Salzburg 2002, indendørs	0,02	387,40
Salzburg 2002, udendørs	0,06	129,13
Bioinitiative 2007	0,614	12,62
Bioinitiative 2012	0,04	193,70
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	39,90
Selentun, 2010, final	0,25	30,99
SBM 2008	0,0061	1270,17

Sikkerhedsafstand til smartmeter og mobiltelefon:*(GSM 900Mhz, god dækning, 200mW)*

<u>Foreslået grænseværdi:</u>	<u>V/m:</u>	<u>Sikkerhedsafstand (m):</u>
Salzburg 2002, indendørs	0,02	122,51
Salzburg 2002, udendørs	0,06	40,84
Bioinitiative 2007	0,614	3,99
Bioinitiative 2012	0,04	61,25
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	12,62
Selentun, 2010, final	0,25	9,80
SBM 2008	0,0061	401,66

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter
. Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

Sikkerhedsafstande til mobilmaster:

Sikkerhedsafstand til mobilmast:

(GSM 900Mhz, 7dB gain, 10W effekt)

<u>Foreslået grænseværdi:</u>	<u>V/m:</u>	<u>Sikkerhedsafstand (m)</u>
Salzburg 2002, indendørs	0,02	2291,90
Salzburg 2002, udendørs	0,06	763,97
Bioinitiative 2007	0,614	74,65
Bioinitiative 2012	0,04	1145,95
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	236,03
Selentun, 2010, final	0,25	183,35
SBM 2008	0,0061	7514,41

Sikkerhedsafstand til mobilmast:

(GSM 900Mhz, 7dB gain, 120W effekt)

<u>Foreslået grænseværdi:</u>	<u>V/m:</u>	<u>Sikkerhedsafstand (m)</u>
Salzburg 2002, indendørs	0,02	7939,36
Salzburg 2002, udendørs	0,06	2646,45
Bioinitiative 2007	0,614	258,61
Bioinitiative 2012	0,04	3969,68
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	817,65
Selentun, 2010, final	0,25	635,15
SBM 2008	0,0061	26030,69

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter
 . Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

Referencer

- Belyaev IY, Grigoriev YG. 2007. Problems in assessment of risks from exposures to microwaves of mobile communication. *Radiats Biol Radioecol.* 2007 Nov-Dec;47(6):727-32.
- Blank M, 2005. The Precautionary Principle must be guided by EMF research. *Electromagn Biol Med.* 2006;25(4):203-8.
- Blank M, Goodman R. 2004. Comment: a biological guide for electromagnetic safety: the stress response. *Bioelectromagnetics.* 2004 Dec;25(8):642-6; discussion 647-8.
- Blank M, Goodman R. 2011. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. *Int J Radiat Biol.* 2011 Apr;87(4):409-15.
- Blank M, Goodman RM. 2012. Electromagnetic fields and health: DNA-based dosimetry. *Electromagn Biol Med.* 2012 Dec;31(4):243-9.
- Europaparlamentet. 2009. European Parliament resolution of 2 April 2009 on health concerns associated with electromagnetic fields. URL: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2009-0216+0+DOC+XML+V0//EN>
- Europarådets Parlamentariske Forsamling, Resolution 1815. URL: http://assembly.coe.int/Mainf.asp?link=/Documents/AdoptedText/ta11/ERES1815.htm#P1_23
- Fragopoulou A, Grigoriev Y, Johansson O, Margaritis LH, Morgan L, Richter E, Sage C. 2010. Scientific panel on electromagnetic field health risks: consensus points, recommendations, and rationales. *Rev Environ Health.* 2010 Oct-Dec;25(4):307-17.
- Freiburger Apell, 2002, URL: <http://www.igumed.de/apell.html>
- Gandhi OP, Morgan LL, de Salles AA, Han YY, Herberman RB, Davis DL. 2012. Exposure limits: the underestimation of absorbed cell phone radiation, especially in children. *Electromagn Biol Med.* 2012 Mar;31(1):34-51
- Hardell, Lennart., Sage, Cindy. 2008. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 62 (2008) 104-109
- Helsinki Appeal 2005 www.emrpolicy.org/news/headlines/helsinki_appeal_05.pdf
- ICEMS, 2006. Benevento Resolutionen. URL: http://www.icems.eu/benevento_resolution.htm
- ICEMS, 2011. Porto Alegre Resolutionen. URL: www.icems.eu/docs/resolutions/Porto_Alegre_Resolution.pdf
- ICNIRP. 1998. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionising Radiation Protection. *Health Physics* 74, 494-522.

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. *Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter*
. *Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.*

Khalatbari, S., Sardari, D., Mirzaee, A.,A., Sadafi, H., A., 2006. Calculating SAR in Two Models of the Human Head Exposed to Mobile Phones Radiations at 900 and 1800MHz. Progress In Electromagnetics Research Symposium 2006, Cambridge, USA, March 26-29, p104-109

Kositsky, N. N., et al., (2001), "Influence of high-frequency electromagnetic radiation at non-thermal intensities on the human body." No Place To Hide – Newsletter of the Cellular Phone Taskforce, Volume 3, Number 1, Supplement.

Panagopoulos DJ, Johansson O, Carlo GL. 2013. Evaluation of specific absorption rate as a dosimetric quantity for electromagnetic fields bioeffects. PLoS One. 2013 Jun 4;8(6):e62663

RNCNIRP. 2011. Electromagnetic fields from Mobile Phones: Health Effect on Children and Teenagers.

SBM2008: <http://www.baubiologie.de/downloads/standard2008.pdf> |
<http://www.baubiologie.de/downloads/richtwerte-sbm-2008.pdf>

Schmid G, Kuster N., 2015. The discrepancy between maximum in vitro exposure levels and realistic conservative exposure levels of mobile phones operating at 900/1800 MHz. Bioelectromagnetics. 2015 Feb;36(2):133-48.

Venedigresolutionen, 2008. The Venice Resolution Initiated by the International Commission for Electromagnetic Safety, June 6, 2008. URL: <http://www.icems.eu/resolution.htm>

Citer denne udgivelse som:

*Horsevad, Kim. 2017. Grænseværdier for non-ioniserende elektromagnetiske felter
. Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.*