

## Faktablad om effekter på minne och inlärning

Forskningen har under de senaste åren upprepade och många gånger visat att såväl mikrovågsstrålning från trådlös teknik som lågfrekventa fält försämrar minnet och inlärningsförmågan i såväl djurförsök som forskning på människor. Nedanstående forskning visar att även ur denna aspekt bör sådan strålning reduceras till ett minimum, främst i alla sammanhang där inlärning och minne är viktigt, i synnerhet alla skolor och undervisningsmiljöer.

### Forskning som visar effekter på minne och inlärning:

- Ungdomar 15-19 år som använder mobilen har försämrad minnesfunktion. Studie bland 670 mobilanvändande ungdomar i Schweiz. Juli 2018<sup>1</sup>
- Djurförsök visar att mobilstrålning (GSM 900) försämrar minnet. Råttor exponerades under 4 veckor. Juli 2018.<sup>2</sup>
- Djurförsök visar att mobilstrålning orsakar skadliga förändringar i hjärncellers genuttryck som kan förklara bland annat att minnet försämras i tidigare djurförsök.<sup>3</sup>
- Råttor exponerade för WiFi strålning 2,45 GHz får beteendeförändringar och ökad förekomst av markör för celledöd i hjärnan (caspase 3) samt oxidativ stress. Frekvensen 2,45 GHz gav större effekt än 1,8 GHz och 900 MHz. Råttorna exponerades fyra timmar om dagen i 45 dagar. Forskarna drar slutsatsen att studien klart visar att strålningen leder till skadliga effekter på hjärnan vilka leder till försämrad inlärning och minne och ett förändrat, ångestliknande beteende.<sup>4</sup> Mars 2018.
- Djurförsök visar att magnetfält 7,5 kHz påverkar inlärning och minne sannolikt via en inflammatorisk reaktion i hippocampus.<sup>5</sup> December 2017
- Exponering för mikrovågsstrålning vid 10 GHz skadar hjärnan i djurförsök bland annat försämrat minne och inlärningsförmåga, oxidativ stress.<sup>6</sup> Maj 2017
- Användning av mobiltelefoner har signifikant negativ påverkan på arbetsminne bland exponerade människor i provokationsstudie. Effekter observerade redan efter 5 minuter. Störst påverkan på människor i åldern över 60 år samt för personer med kognitiva problem. September 2017<sup>7</sup>
- Mobilstrålning GSM 900 och 1800 skadar celler i hjärnans hippocampus (minne mm) i djurförsök.<sup>8</sup> Mars 2016
- Förhöjda nivåer av lågfrekventa magnetfält orsakar försämrat minne.<sup>9</sup> Juni 2016
- Ju större användning av mobilen eller exponering för mobilstrålning, ju sämre minne bland ungdomar. Undersökning från Schweiz.<sup>10</sup> Juli 2015
- Exponering för mobilstrålning vid låga nivåer, en timma om dagen under längre tid (åtta veckor i denna undersökning av möss) påverkar gener. Kan orsaka försämrad inlärning och försämrat minne genom ett påverka proteiner och metaboliska processer kopplade till hjärnans funktion och sjukdomar.<sup>11</sup> September 2015
- Kronisk exponering för mobilstrålning 1800 MHz leder till sänkta halter av signalsubstanser (serotonin, dopamin mfl) vilka är viktiga för minne, inlärning och psykisk hälsa.<sup>12</sup> Februari 2015
- Mobilstrålning påverkar produktionen av serotonin, vilket bland annat har betydelse för minne, inlärning och psykisk hälsa.<sup>13</sup> Februari 2015

- Möss som exponeras för mobilstrålning, tre timmar om dagen i 28 dagar, får försämrat minne och den skyddande blod-hjärnbarriär blir genomsläpplig. Bekräftar tidigare undersökningar som också visat påverkan på blodhjärnbarriär och minne.<sup>14</sup> Januari 2015
- Råttor som exponeras för strålning från mobiltelefoner får skadliga förändringar i hjärnceller, oxidativ stress och försämrat minne och inlärning. December 2014<sup>15</sup>
- Möss som exponeras för mikrovågsstrålning får försämrat minne. GABA, en signalsubstans i hjärnan som har betydelse för bland annat minnet, påverkas.<sup>16</sup> April 2014
- Lågfrekventa elektromagnetiska fält påverkar funktioner i hjärnans som bland annat berör minne och inlärning.<sup>17</sup> April 2014
- Möss som exponeras för mobilstrålning under fostertiden får försämrad minne- och inlärningsförmåga.<sup>18</sup> Mars 2014
- Exponering för mobilstrålning GSM 1800 i upp till 120 minuter dagligen i 30 dagar vid nivåer under gällande gränsvärde ledde till försämrat minne och inlärningsförmåga hos möss. Tillskott av selen hade skyddande effekt.<sup>19</sup> Februari 2014
- Exponering för lågfrekventa elektromagnetiska fält orsakar förändringar i hjärnan som kan förklara försämrad inlärning och minne.<sup>20</sup> Januari 2014
- Aluminium och lågfrekventa elektromagnetiska fält har samma negativa påverkan på hjärnan genom försämrat minne och försämrat försvar mot oxidativ stress i djurförsök.<sup>21</sup> Oktober 2013
- Mobilstrålning långt under gällande gränsvärden förändrar signalsubstanser i hjärnan på möss. Kan förklara rapporterade effekter på minne, inlärning och hjärnstress.<sup>22</sup> Juli 2013.
- Mobilstrålning orsakar DNA-skada i hjärnan på möss. Kan i förlängningen leda till neurodegenerativa sjukdomar och cancer.<sup>23</sup> Juli 2013
- Signifikant ökad förekomst av sömnsvårigheter, huvudvärk, yrsel, obehagskänsla, depressioner, minnesstörningar, ökad irritabilitet samt nervositet bland boende inom 300 meter från mobilmast jämfört med boende på längre avstånd. 2013<sup>24</sup>
- Mobilstrålning (GSM 1800) försämrar minnet hos möss när de exponeras för mobilstrålning 90 minuter om dagen i upp till 148 dagar vid nivåer långt under gällande gränsvärde (0,11 W/kg). Januari 2013<sup>25</sup>
- Exponering för wifi-liknande signaler (2450 MHz) orsakar försämrat glukosupptag i hjärnan som kan leda till sämre minne och inlärningsförmåga.<sup>26</sup> November 2012
- Råttor som exponeras för mobilstrålning under kort tid (två timmar) får påverkan på orienteringsförmågan och beteende samt förändringar som tyder på oxidativ stress<sup>27</sup>. November 2012
- Mobilstrålning under gällande gränsvärde orsakar sämre minne och skador på hjärnan hos möss som exponerats i maximalt en månad.<sup>28</sup> September 2012
- Musfoster som exponeras för mycket lågfrekventa elektromagnetiska fält med komplex sammansättning får bestående hjärnskador som yttrar sig i beteendeförändringar.<sup>29</sup> Juli 2012
- Möss som exponeras för elektromagnetisk strålning under totalt 200 timmar vid nivåer långt under gällande gränsvärde (3  $\mu$ T) får symptom som tyder på depression/ångest. Dessutom ökade nivåerna av kortikosteron, som är kopplat till stress och försämrat minne.<sup>30</sup> Juli 2012
- Myror får försämrad orienteringsförmåga och minne efter exponering för GSM-strålning<sup>31</sup>. Juni 2012
- Lågfrekventa EMF försämrar minnet hos möss.<sup>32</sup> April 2012
- Exponering för mobilstrålning under gällande gränsvärde under fosterstadiet orsakar beteendestörningar (ADHD) och försämrad minnesförmåga hos möss.<sup>33</sup> Mars 2012
- Försämrat minne, ökad trötthet bland de effekter som observerats bland barn 7-12 år som använder mobiltelefoner. September 2011<sup>34</sup>
- Möss som exponeras i åtta timmar om dagen under tre veckor får ökad förekomst av proteiner i hjärnan som är kopplade till hjärnskador och sämre minne.<sup>35</sup> Oktober 2010

- Möss som exponeras för en mobiltelefon en timma per dag i fyra veckor får försämrat minne och skadade hjärnceller. <sup>36</sup> Januari 2010
- Mobilstrålning försämrar minnet och den kognitiva förmågan hos råttor. <sup>37</sup> April 2009
- Unga möss som exponeras för mobilstrålning får minskat antal celler i den del av hjärnan som är viktig för minnet (hippocampus). <sup>38</sup> Februari 2009
- Mobilstrålning försämrar minnet hos möss som exponerats i två timmar om dagen i 55 veckor vid effektnivåer som långt underskrider gällande gränsvärden. <sup>39</sup> April 2008
- I en undersökning av hälsotillstånd bland närboende till mobilmaster visades att huvudvärk, minnesstörningar, irritation och sömnproblem var de symtom som ökade mest bland de som bodde nära masten. 2006<sup>40</sup>
- WiFi liknande strålning 2,45 GHz försämrar minnet/orienteringsförmågan bland exponerade djur. 2000<sup>41</sup>
- WiFi-liknande strålning 2,45 GHz försämrar minnet och orienteringsförmågan bland exponerade råttor. 1994<sup>42</sup>

---

<sup>1</sup> Foerster M. et al.: A prospective cohort study of adolescents' memory performance and individual brain dose of microwave radiation from wireless communication. *Environmental Health Perspectives*, 2018; <http://dx.doi.org/10.1289/EHP2427>

<sup>22</sup> Ahmadi et al.; Exposure to GSM 900-MHz mobile radiation impaired inhibitory avoidance memory consolidation in rat: involvements of opioidergic and nitrergic systems. *Brain Res.* 2018 Jul; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30030983>

<sup>33</sup> Fragopoulou et al. 2018; Hippocampal lipidome and transcriptome profile alterations triggered by acute exposure of mice to GSM 1800 MHz mobile phone radiation: An exploratory study. *Brain Behav.* 2018 Jun <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29786969>

<sup>4</sup> Varghese et al. 2018: Rats exposed to 2.45 GHz of non-ionizing radiation exhibit behavioral changes with increased brain expression of apoptotic caspase 3. *Pathophysiology* March 2018. [https://www.pathophysiologyjournal.com/article/S0928-4680\(17\)30052-4/fulltext](https://www.pathophysiologyjournal.com/article/S0928-4680(17)30052-4/fulltext)

<sup>5</sup> Kumari et al.; Behavioral testing of mice exposed to intermediate frequency magnetic fields indicates mild memory impairment. *PLoS One.* 2017 Dec 4; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29206232>

<sup>6</sup> Sharma et al.; Ten gigahertz microwave radiation impairs spatial memory, enzymes activity, and histopathology of developing mice brain; *Mol Cell Biochem.* 2017 Nov; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28470342>

<sup>77</sup> Kalafatakis et al. 2017; Mobile phone use for 5 minutes can cause significant memory impairment in humans. *Hell J Nucl Med.* 2017 Sep-Dec; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29324924>

<sup>8</sup> Muguntan et al.; Effects of Long Term Exposure of 900-1800 MHz Radiation Emitted from 2G Mobile Phone on Mice Hippocampus- A Histomorphometric Study. *J Clin Diagn Res.* 2016 Aug; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27656427?doct=Abstract>

<sup>9</sup> Ghadamgahi et al.; Memory loss risk assessment for the students nearby high-voltage power lines-a case study; *Environ Monit Assess.* 2016 Jun; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27194231?doct=Abstract>

<sup>10</sup> Schoeni et al. Symptoms and Cognitive Functions in Adolescents in Relation to Mobile Phone Use during Night; *PLoS One.* 2015; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4519186/>

- 
- <sup>11</sup> Zhao et al.; Neuritin reverses deficits in murine novel object associative recognition memory caused by exposure to extremely low-frequency (50 Hz) electromagnetic fields; *Nature Scientific Reports* volume 5; <https://www.nature.com/articles/srep11768>
- <sup>12</sup> Megha et al., Effect of Low-Intensity Microwave Radiation on Monoamine Neurotransmitters and Their Key Regulating Enzymes in Rat Brain; *Cell Biochem Biophys*. 2015 Se; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25672490?dopt=Abstract>
- <sup>13</sup> Eris et al.; Effect of Short-term 900 MHz low level electromagnetic radiation exposure on blood serotonin and glutamate levels; *Bratisl Lek Listy*. 2015; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25665475?dopt=Abstract>
- <sup>14</sup> Tang et al.; Exposure to 900 MHz electromagnetic fields activates the mcp-1/ERK pathway and causes blood-brain barrier damage and cognitive impairment in rats. *Brain Res*. 2015 Mar; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25598203?dopt=Abstract>
- <sup>15</sup> Saikhedkar et al.: Effects of mobile phone radiation (900 MHz radiofrequency) on structure and functions of rat brain; *Neurol Res*. 2014 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24861496>
- <sup>16</sup> Qiao et al.; Reduction of Phosphorylated Synapsin I (Ser-553) Leads to Spatial Memory Impairment by Attenuating GABA Release after Microwave Exposure in Wistar Rats; *PLoSone* April 2014; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3990695/pdf/pone.0095503.pdf>
- <sup>17</sup> Komaki et al.; Effects of exposure to an extremely low frequency electromagnetic field on hippocampal long-term potentiation in rat.; *Brain Res*. 2014 May; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24727530?dopt=Abstract>
- <sup>18</sup> Razavinasab et al. 2014; Maternal mobile phone exposure alters intrinsic electrophysiological properties of CA1 pyramidal neurons in rat offspring.; *Toxicol Ind Health*. 2016 Jun; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24604340?dopt=Abstract>
- <sup>19</sup> Quin et al.; [Effects of nano-selenium on cognition performance of mice exposed in 1800 MHz radiofrequency fields]; *Wei Sheng Yan Jiu*. 2014 Jan; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24564105?dopt=Abstract>
- <sup>20</sup> Xiong et al.; Changes of dendritic spine density and morphology in the superficial layers of the medial entorhinal cortex induced by extremely low-frequency magnetic field exposure. *PLoS One*. 2013 Dec; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24376717?dopt=Abstract>
- <sup>21</sup> Deng et al.; Effects of aluminum and extremely low frequency electromagnetic radiation on oxidative stress and memory in brain of mice; *Biol Trace Elem Res*. 2013 Dec; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24158621?dopt=Abstract>
- <sup>22</sup> About Ezz et al.: The effect of pulsed electromagnetic radiation from mobile phone on the levels of monoamine neurotransmitters in four different areas of rat brain; *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2013 Jul;17(13):1782-8; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=About+Ezz+mobile+phone>
- <sup>23</sup> Deshmukh et al. Detection of Low Level Microwave Radiation Induced Deoxyribonucleic Acid Damage Vis-à-vis Genotoxicity in Brain of Fischer Rats; *Toxicol Int*. 2013 Jan;20(1):19-24. doi: 10.4103/0971-6580.111549. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23833433>
- <sup>24</sup> Shahbazi-Gahrouei et al.: Health effects of living near mobile phone base transceiver station (BTS) antennae: a report from Isfahan, Iran; *Electromagn Biol Med*. 2013 Jun 19; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23781985?dopt=Abstract>
- <sup>25</sup> Ntzouni et al.: Transient and cumulative memory impairments induced by GSM 1.8 GHz cell phone signal in a mouse model; *Elektromagn Biol Med*; 2013 Mar;32(1):95-120. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23320614>

- 
- <sup>26</sup> Lu et al.: Glucose administration attenuates spatial memory deficits induced by chronic low-power-density microwave exposure; *Physiol Behav*; 2012; 106 (5): 631 – 637.  
<http://www.emf-portal.de/viewer.php?l=e&aid=20709>
- <sup>27</sup> Khirazova et al.: Effects of GSM-Frequency Electromagnetic Radiation on Some Physiological and Biochemical Parameters in Rats; *Bull Exp Biol Med*; 2012; 153 (6): 816 – 819  
<http://www.emf-portal.de/viewer.php?l=e&aid=21407>
- <sup>28</sup> Zhao et al.: Relationship between cognition function and hippocampus structure after long-term microwave exposure; *Biomed Environ Sci*; 2012 Apr;25(2):182-8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22998825?dopt=Abstract>
- <sup>29</sup> Fournier et al.: Neurodevelopmental anomalies of the hippocampus in rats exposed to weak intensity complex magnetic fields throughout gestation; *Int J Dev Neurosci*; 2012 Oct;30(6):427-33.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22867731?dopt=Abstract>
- <sup>30</sup> Kitaoka et al.: Chronic exposure to an extremely low-frequency magnetic field induces depression-like behavior and corticosterone secretion without enhancement of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in mice; *Bioelectromagnetics*; 2013 Jan;34(1):43-51. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22753092?dopt=Abstract>
- <sup>31</sup> Cammaerts et al.: GSM 900 MHz radiation inhibits ants' association between food sites and encountered cues; *Electromn Biol Med*; 2012 Jun;31(2):151-65.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=22268919>
- <sup>32</sup> Foroozandeh et al.: Toxic effects of 50 Hz electromagnetic field on memory consolidation in male and female mice; *Toxicol Ind Health*; 2013 Apr; 29(3):293-9.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Toxic+effects+of+50+Hz+electromagnetic+field+on+memory+consolidati+on+in+male+and+female+mice>
- <sup>33</sup> Aldad et al.: Fetal Radiofrequency Radiation Exposure From 800-1900 Mhz-Rated Cellular Telephones Affects Neurodevelopment and Behavior in Mice; *Scientific Reports*; 15 March 2012 ; *Scientific Reports* 2,Article number:312,doi:10.1038/srep00312. <http://www.nature.com/srep/2012/120315/srep00312/full/srep00312.html>
- <sup>34</sup> Khorseva et al. Psychophysiological indicators for children using mobile phones. Communication 2. Results of four-year monitoring; *Radiats Biol Radioecol*. 2011 Sep; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22279774>
- <sup>35</sup> Maskey et al.: Chronic 835-MHz radiofrequency exposure to mice hippocampus alters the distribution of calbindin and GFAP immunoreactivity; *Brain Research* 2010  
<http://gnusha.org/~nmz787/biological%20radio%20research/Chronic%20835-MHz%20radiofrequency%20exposure%20to%20mice%20hippocampus%20alters%20the%20distribution%20of%20calbindin%20and%20GFAP%20immunoreactivity.pdf>
- <sup>36</sup> Narayanan et al.: Effect of radio-frequency electromagnetic radiations (RF-EMR) on passive avoidance behaviour and hippocampal morphology in Wistar rats; *Upsala Journal of Medical Sciences*; 2010; 115: 91–96.  
<http://informahealthcare.com/doi/pdf/10.3109/03009730903552661>
- <sup>37</sup> Narayanan et al.: Spatial memory performance of wistar rats exposed to mobile phone; *Clinics* vol.64 no.3 São Paulo Mar. 2009  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1807-59322009000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-59322009000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- <sup>38</sup> Bas et al.: 900 MHz electromagnetic field exposure affects qualitative and quantitative features of hippocampal pyramidal cells in the adult female rat; *Brain Res*; 2009 Apr 10;1265:178-85.  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19230827?ordinalpos=8&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed\\_ReportPanel.Pubmed\\_DefaultReportPanel.Pubmed\\_RVDocSum](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19230827?ordinalpos=8&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ReportPanel.Pubmed_DefaultReportPanel.Pubmed_RVDocSum)
- <sup>39</sup> Nittby et al.: Cognitive impairment in rats after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation; *Bioelectromagnetics*; 2008 Apr;29(3):219-32.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18044737>

---

<sup>40</sup> Abdel-Rassoul et al.: Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations; *Neurotoxicology*. 2007 Mar; 28(2):434-40. Epub 2006 Aug 1; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16962663>

<sup>41</sup> Wang et Lai: Acute exposure to pulsed 2450-MHz microwaves affects water-maze performance of rats; *Bioelectromagnetics* 2000; [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/\(SICI\)1521-186X\(200001\)21:1%3C52::AID-BEM8%3E3.0.CO;2-6](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/(SICI)1521-186X(200001)21:1%3C52::AID-BEM8%3E3.0.CO;2-6)

<sup>42</sup> Lai et al.; *Bioelectromagnetics*. 1994;15(2):95-104; Microwave irradiation affects radial-arm maze performance in the rat. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8024608>