

4.2. Vliv elektromagnetického záření na živé organismy

4.2.1. Vliv na lidské zdraví

Pro doplnění přehledu o účincích elektromagnetického záření předkládám několik výsledků studií vlivu záření na lidský organismus.

Lidské lymfocyty (in vitro) vystavené elektromagnetickému záření začaly vykazovat stejné charakteristiky jako u člověka nemocného leukémií (Czerska et al., 1992). Rovněž začaly vykazovat anomálie v chromozomech (Maes et al., 1993). U lidských červených krvinek vystavených mikrovlnám byla zjištěna ztráta hemoglobinu (Pologea – Moratu et al., 1997).

Epidemiologické studie ukázaly přímou spojitost mezi rozením mongoloidních dětí nebo dětí s vrozenými vadami a povoláním rodičů, kteří v hojně míře používali přístroje emitující elektromagnetické záření (Silverman, 1979).

Bylo prokázáno zvýšené riziko výskytu rakoviny varlete u pracovníků, kteří pracovali se zařízením emitující vysokofrekvenční vlny (Hayes, 1990). Ze stejných důvodů bylo zjištěno zvýšené riziko výskytu nádoru kůže (Vågerö et al., 1985).

Studie na 42 000 lékařkách, jež při svém povolání používaly zařízení emitující mikrovlny, prokázala vyšší riziko potratu (Ouellet – Hellstrom a Stewart, 1993).

Bylo zjištěno, že u dětí žijících v domácnostech, kde jsou vystaveny vysokým hodnotám elektromagnetického záření, je riziko vzniku leukémie dvakrát až třikrát vyšší (Fojt et al., 2007).

Studie na lidech, kteří ve svém zaměstnání používali přístroje emitující vysokofrekvenční elektromagnetické záření, prokázala, že tito lidé trpí zvýšenou podrážděností a únavou, bolestmi hlavy, poruchami srdečního rytmu, nízkým tlakem, nevolnostmi a poruchami spánku. Obecně byly tyto příznaky označeny jako „Mikrovlnný syndrom“ (Bielski, 1994).

Výzkumy se 120 000 vojáky, kteří byli vystaveni mikrovlnám, ukázaly, že hrozí 6x zvýšené riziko výskytu leukémie a 2x vyšší riziko výskytu dalšího druhu jiného nádoru. Pokud doba působení mikrovln překročí 15 roků, riziko se zvyšuje osminásobně a s dalšími dvaceti roky ještě trojnásobně (Szmigielski, 1996).

Byla zjištěna přímá souvislost mezi elektromagnetickými vlnami používanými pro bezdrátový přenos informací a narušením fyziologie buněk a následným výskytem příznaků autismu u dětí (Mariea a Carlo, 2007).

Čínská zdravotnická studie prokázala statisticky významné poškození DNA v důsledku pulsních mikrovln na úrovni výkonu mobilních telefonů (Xu, 2005).

Švédská epidemiologická studie upozorňuje, že po 2000 hodinách vystavení se pracujícím mobilnímu telefonu nebo „pouze“ zapnutému mobilnímu telefonu po deset roků, vzrůstá riziko rakoviny o 240 % (Johansen, 2006).

Ze statistické zprávy o úmrtí ve 122 amerických měst vyplývá, že každé z těchto měst zaznamenalo 10 – 25 % nárůst úmrtnosti s počátkem týdne, ve kterém v daném městě začal provoz první digitální sítě mobilních telefonů. Města, ve kterých k takovým provozům nedošlo, žádný abnormální nárůst úmrtnosti nezaznamenala (Firstenberg, 2004).

Výzkum ve Španělsku zjistil, že lidé žijící v okruhu 300 m od mobilních antén, mají statisticky významně vyšší nemocnost a to již při energetické hustotě od 0,11 do 0,192 $\mu\text{W}/\text{cm}$, což je tisíckrát menší hodnota, než povolují mezinárodní expoziční normy (Navarro et al., 2003).

Izraelští výzkumníci studovali populaci lidí, kteří žili poblíž mobilního vysílače po dobu 3 – 7 let a zjistili, že u nich byla míra výskytu rakoviny čtyřikrát vyšší ve srovnání s kontrolní populací. Z větší části se jednalo o rakovinu prsu (Wolf a Wolf, 2004).

4.2.2. Dopad elektromagnetického záření na volně žijící zvířata

Elektromagnetické záření je formou znečišťování životního prostředí, které může poškodit volně žijící zvířata. Telefonní vysílače nacházející se v jejich životním prostředí nepřetržitě ozařují některé druhy, které by mohly trpět jejich dlouhodobým působením. Snížení přirozených obranných mechanismů, zhoršení jejich zdravotního stavu nebo problémy při reprodukci jsou možnými důsledky tohoto záření. Mikrovlnné a radiofrekvenční znečištění představuje jednu z potenciálních příčin úbytku živočišných populací a dokonce zhoršování zdravotního stavu rostlin žijících v blízkosti telefonních vysílačů (Balmori, 2009).

Otázka působení elektromagnetického záření na volně žijící živočichy se stává aktuální, protože rozšíření mobilních bezdrátových sítí po roce 1990 způsobilo masivní zvýšení elektromagnetického znečištění ve městech a na venkově (Galeev, 2000).

Z možných biologických účinků elektromagnetického záření z mobilních telefonů je největší pozornost věnována lidskému zdraví. Na vliv elektromagnetického znečištění na volně žijící živočichy se vědecké zkoumání zatím ve větší míře nezaměřilo.

4.2.2.1. Účinky na ptáky

Studie, která sledovala hnízdění populace čápa bílého (*Ciconia ciconia*) ve Španělsku, zjistila, že celková produktivita hnízd, která se nacházela do vzdálenosti 200 m od mobilní základové stanice, byla dvakrát menší než u hnízd, která byla vzdálená více jako 300 m od vysílačů. Ve 40 % hnízd nacházející se v okruhu 200 m od vysílačů nikdy nebyla mláďata, zatímco u hnízd vzdálených více jak 300 m to bylo pouze u 3,3 %, ve kterých nikdy nebyla mláďata. Tyto výsledky naznačují možnost, že mikrovlny narušují rozmnožování čápa bílého (Balmori, 2005).

Po nainstalování několika antén emitující mikrovlny v blízkosti „Campo Grande“, parku ve Valladolid ve Španělsku, došlo k poklesu ptačí populace a snížení počtu druhů. Mezi lety 1997 a 2007 z původních 14 druhů – 3 druhy zmizely, 4 jsou na ústupu a 7 jich zůstalo stabilních (Balmori, 2009).

Peří ptáků, kteří byli vystaveni mikrovlnám, vypadalo vybledle a bez lesku. Je třeba zmínit, že zhoršení opeření je první příznak oslabení nebo onemocnění ptáků, jako je například stres (Balmori, 2009). Pokud mají zvířata oslabený organismus, projeví se na nich účinky elektromagnetického záření markantněji (Belyaev, 2005).

Populace vrabce domácího (*Passer domesticus*) v Anglii za posledních 30 let klesla z 24 milionů na méně než 14 milionů. Ještě k prudšímu poklesu – o 60 % – došlo v letech 1994 – 2002. V roce 2002 byl vrabec domácí přidán na Červený seznam ohrožených druhů Britského Království. Je pravděpodobné, že tato skutečnost se shoduje s rozšířením mobilních telefonů (Summers-Smith, 2003).

4.2.2.2. Účinky na savce

Složitou sérií experimentů bylo popsáno aktivní vyhýbání se krys radiofrekvenčnímu záření, a to již při hustotě záření 0,1 mW/cm² (0,027 W/kg) (Navakatikian a Tomashevskaya, 1994, cit. in Balmori, 2009).

Myši vystavené mikrovlnnému záření vykazovaly panickou reakci, dezorientaci a vyšší míru úzkosti. Všechna zvířata vykazovala kolektivní obrannou reakci (Krstić, et al., 2005, cit in Balmori, 2009).

Potomci myši vystavených vysokofrekvenčnímu záření o 0,168 μW/cm² se stanou sterilní po páté generaci, potomci jedinců vystavených záření o 1,053 μW/cm² jsou sterilní po třetí generaci (Magras a Xenos, 1997). Z toho příkladu vidíme, jak i malé množství elektromagnetického záření může mít škodlivý vliv.

Březí samice potkanů byly vystaveny trvalým vlnám 27,12 MHz o hustotě 100 μW/cm² během různých období gravidity. Polovina z nich potratila před dvacátým dnem březosti, v kontrolní skupině se takový případ stal pouze u 6 % jedinců. U 38 % životaschopných potomků se zjistilo neúplné zkostrnatění lebky, zatímco u kontrolní skupiny se totéž vyskytovalo u méně než 6 % potomků (Tofani et al., 1986, cit in Balmori, 2009).

4.2.2.3. Účinky na obojživelníky

Mizení obojživelníků je považováno za součást globální krize biodiverzity. Jako přidružený jev je objevení velkého počtu deformovaných obojživelníků. Začíná to být problém, protože se počet deformovaných jedinců v některých populacích dostal až na 25 %, což je výrazně vyšší číslo než v předchozích desetiletích (Blaustein a Johnson, 2003). To, že elektromagnetické znečištění by mohlo být příčinou deformací, dokázal už v roce 1969 výzkum, kdy byly dva druhy obojživelníků – axolotl skvrnitý (*Ambystoma maculatum*) a skokan lesní (*Rana sylvatica*) - vystaveny magnetickému poli. U jejich embryí bylo zjištěno několik typů abnormalit a vad (Levengood, 1969).

Po vystavení elektromagnetickému poli byla zjištěna abnormální regenerace končetin u dospělých čolků zelenavých (*Notophthalmus viridescens*) – z celkových 240 jedinců, na kterých byla zkoumána regenerace předních končetin, narostly 67 jedincům abnormální končetiny (28 %) a 28 jedinců mělo unikátní vady končetin (12 %) (Landesman a Douglas, 1990).

Po dobu dvou měsíců bylo potomstvo skokana hnědého (*Rana temporaria*), od fáze vajíček do pokročilé fáze pulců, vystaveno vlivu čtyř mobilních základnových stanic 140 m vzdálených (GSM systém: 948,0 – 959,8 MHz, DCS systém: 1830,2 – 1854,8 MHz + 1855,2 – 1879,8 MHz, UMTS systém: 1905 – 1910 MHz). Intenzita elektrického pole dosahovala 1,847 – 2,254 V/m. Byla pozorována nízká koordinace pohybů, asynchronní růst skokanů a nakonec 90 % úmrtnost. Kontrolní skupina umístěná do Faradayovy klece vykazovala normální koordinaci pohybů, vývoj synchronní a úmrtnost byla pouze 4,2 % (Balmori, 2009).

4.2.2.4. Účinky na hmyz

Kukly potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) byly ozařovány 10 GHz mikrovlnami o 80 mW po 20 – 30 min a o 20 mW po 120 min. Při pozorování jejich dalšího vývoje bylo zjištěno, že v kontrolní skupině bez ozáření se 90 % kukel přeměnilo do dospělého jedince, zatímco u ozářených kukel se normálně vyvinulo pouze 24 %, abnormálně se vyvinulo 51 % a 25 % zemřelo (Carpenter a Livstone, 1971).

Studie, ve které byl zkoumán vliv záření mobilních telefonů (900/1900 MHz; 1,4 W/kg) na octomilky obecné (*Drosophila melanogaster*), odhalila zvýšené hladiny stresového proteinu Hsp70, což obvykle znamená, že buňky jsou vystaveny nepříznivým životním podmínkám (Weisbrot et al., 2003).

Když byly octomilky vystaveny záření z mobilních telefonů (900 MHz) během 2. – 5. dne své dospělosti, jejich reprodukční aktivita se snížila o 50 – 60 % v případě modulovaného záření (např. při telefonním hovoru) a o 15 – 20 % v případě nemodulovaného záření z mobilního telefonu (v zapnutém neaktivním stavu). Ukazuje se tedy, že elektromagnetické záření ovlivňuje vývoj hmyzu (Panagopoulos et al., 2004).

Porovnávaly se biologické aktivity systémů GSM 900 MHz a DCS (Digital Cellular Standard) 1800 MHz na octomilky. Oba typy záření významně snižují jejich reprodukční schopnost, ale GSM 900 MHz se zdá být ještě více bioaktivní než DCS 1800 MHz. Předpokládá se, že tento rozdíl je závislý především na intenzitě pole a nižší nosné frekvenci. (Panagopoulos et al., 2007).

5. Vliv elektromagnetického záření na včely (*Apoidea*)

Jelikož se vědecká pozornost spíše zaměřovala na účinky elektromagnetického záření na lidské zdraví, tak dosavadní studie vlivu vysokofrekvenčního záření na včely (*Apoidea*) se tak prakticky týkají pouze včely medonosné (*Apis mellifera*).

Jak už jsem se zmínila v předchozích kapitolách, předpokládá se, že vliv elektromagnetického záření je jedním z faktorů CCD (Colony Collapse Disorder - syndrom hroucení včelstev či syndrom mizení včel; jde o jev, kdy včelstvo nevysvětlitelně ztrácí své dospělé jedince. V úlu zůstane jen královna, larvy a několik mladých včel, které vykazují ztrátu chuti k potravě. Navíc se postiženým úlům vyhýbají ostatní včely, predátoři a škůdci, jako např. zavíječ voskový (*Galleria mellonella*), i když v podobných případech zničeného včelstva vykrádají jejich zásoby medu a pylu (Milius, 2007).)

Bylo prokázáno, že v elektromagnetickém poli o 50 Hz vykazují včely neobvyklé chování. Pokud se včelstvo nachází v blízkosti nadzemního vedení, reagují bez viditelných příčin proti svým instinktům. Jsou agresivní, útočí na sebe žihadly a poslední přeživší včely se snaží dokonce zabít svou královnu (Altmann a Warnke, 1976, cit in Ruzicka, 2007).

Výzkumníci Univerzity Koblenz-Landau v Německu provedli experiment, kdy vytvořili 8 úlů, z nich každý měl 8000 včel. Do čtyř z nich na dno zabudovali DECT (digitální bezšňůrové telekomunikace) – stanice a další čtyři úly sloužily jako kontroly. U vchodu každého úlu byly průhledné plastové trubice, které umožnily experimentátorům sledovat označené včely, jak vstupují a vylétují z úlu. Takto mohli zaznamenávat čas návratu po opuštění úlu v periodách po 45 min. Experimentátoři také studovali budování pláství měřením jejich rozlohy a váhy. Celkové hmotnosti medových plástů ve všech včelstvech byly srovnány. Plásty kontrolních včelstev vážily 1326 g, zatímco ty, co byly vystaveny DECT – stanicím*, vážily pouze 1045 g, což je rozdíl 21 %. Celková rozloha plástve v kontrole byla o 18 % větší než celková rozloha plástve v exponovaných úlech.

Ovšem počet vracejících se včel a jejich čas návratů byl diametrálně odlišný. Do kontrolních úlů se vrátilo 16 z 25 včel do 45 min. Po vystavení mikrovlnám se do dvou ozářených úlů nevrátily žádné včely, pouhých 6 se jich vrátilo do druhých dvou ozářených úlů.

*Pro upřesnění, DECT – stanice jsou jednoduché bezšňůrové telefonní základny, hojně používané v domácnostech a kancelářích. Plynule emitují mikrovlnné záření kolem 1900 MHz, což je frekvence modulovaná při 100 Hz. Průměrný výkon je 10 mW, s vrcholem 250 mW (Harst et al., 2006).

Byl zkoumán i postembryonální vývoj kukel. Kukly včely medonosné byly vystaveny konstantnímu pulzujícímu magnetickému poli tím, že byly umístěny po určitou dobu mezi póly (vzdálené 30 mm) elektromagnetu (o průměru 58 mm) tak, že jejich podélná tělesná osa byla orientovaná podél magnetických siločar. Při pokusu byly kukly vystaveny magnetickému poli dvěma způsoby – staticky a dynamicky. V prvním případě zůstaly kukly mezi póly elektromagnetu po celou dobu expozice, v druhém případě byly otáčeny rychlostí 30 ot./min 12,5 cm od pólů. Teplota vzduchu při pokusu na pólech byla $18 \pm 0,3$ °C, poté byly kukly inkubovány při 34 °C. Kontrolní kukly, které nebyly vystaveny magnetickému poli, byly udržovány ve stejných podmínkách. Bylo zjištěno, že se liší úmrtnost kukel při statických podmínkách od těch, které rotovaly (30 ot./min, tedy s frekvencí 0,5 Hz). Při statických podmínkách (magnetická indukce 1,5 T) se nepodařilo vyvinout $6,2 \pm 3,37$ % kukel do dospělce po 60-ti minutové expozici a $8,1 \pm 2,71$ % kukel po 120-ti minutové expozici. V podmínkách rotace v magnetickém poli byla úmrtnost $20,2 \pm 7,92$ % při 30-ti minutové expozici a $25,1 \pm 8,57$ % po 60-ti minutové expozici (Obr. 4b). Úmrtnost kontrolních kukel, které nebyly vystaveny magnetickému poli, ale byly drženy při teplotě $18 \pm 0,3$ °C po 30 – 120 min, se pohybovala od 1,8 % do 7,1 %, v průměru 3,7 %. Proto je více než pravděpodobné, že statické magnetické pole má vliv na větší úmrtnost při vývoji včel, která je úměrná délce trvání expozice. Tento efekt je posílen v podmínkách kolísavé magnetické indukce.

Vliv magnetického pole se projevil i ve vývinu přeživších kukel. Jednalo se o zakrnělost křídel a částí ústního ústrojí. Podíl dospělých včel bez křídel se zvýšil úměrně k délce expozice. Za statických podmínek byl tento podíl $10,5 \pm 6,08$ % při 90-ti minutové expozici a $33,3 \pm 9,32$ % po 120-ti minutové expozici. Ve srovnání s kontrolními kuklami, byly tyto podíly 2,5 x větší při 90-ti minutové expozici a 7,9 x větší při 120-ti minutové expozici.. Když se délka expozice s rotací zvýšila z 20 min na 60 min, podíl

bezkrídlych dospělců vzrostl z 5,2 % na 18,2 %. V porovnání s kontrolou, která byla udržována při 18 °C to bylo napřed 2,5 x víc při 20-ti minutové expozici a při 60-ti minutové expozici 8,7 x více.

Při statických podmínkách mělo 22,2 % včel nedokonale vyvinuté ústní ústrojí při 120-ti minutové expozici, při rotačních podmínkách to bylo 18,1 % po 60-ti minutové expozici (Es'kov a Darkov, 2003).

Včely jsou velmi citlivé na magnetická a elektromagnetická pole, proto bylo mnoho návrhů, že by mohly být použity jako indikátory elektromagnetického znečištění. Včely používají zemské magnetické pole pro navigaci. Jsou schopny detekovat statické kolísání intenzity tak slabé, jako 26 nT na pozadí síly magnetického pole Země (v průměru 500 μ T) (Walker a Bitterman, 1989, cit in Ho, 2007).

Bylo to prokázáno v experimentech, kdy byly jednotlivé včely trénovány rozlišovat mezi přítomností a absencí malé statické magnetické anomálie v laboratoři. Včely je možné naučit rozlišovat mezi dvěma 360° panoramatickými vzory, které jsou totožné, jen se každý orientuje k jiné světové straně (Frier et al., 1996, cit. in Ho, 2007). Nejmocnější podnět směřování pro včely přichází z oblohy, ale mohou rozlišovat mezi vzory i v případě její absence. Za těchto podmínek včely mohou používat magnetickou směřování k rozlišení mezi vzory (Ho, 2007).

Také včelí natřásavý tanec může být ovlivněn elektromagnetickým polem. Včely při něm tvoří elektromagnetické signály s modulací frekvence od 180 MHz do 250 MHz (Es'kov a Sapozhikov, 1976, cit. in Ruzicka, 2007). Je pravděpodobné, že tyto signály mohou být nesprávně směřované anomáliemi – buď v zemském poli nebo uměle vytvořenými velmi slabými pulsními magnetickými poli okolo 250 MHz (Kirschvink et al., 1997, cit. in Ho, 2007).

Výňatek z bakalářské práce Vliv záření používaného v mobilních telefonech na včely.

odkaz: http://is.muni.cz/th/223183/prif_b/