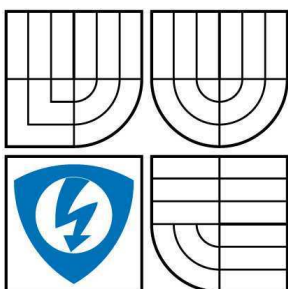


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

VLIV PŮSOBENÍ MOBILU NA ČLOVĚKA

CELL - PHONE EFFECTS ON HUMAN HEALTH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

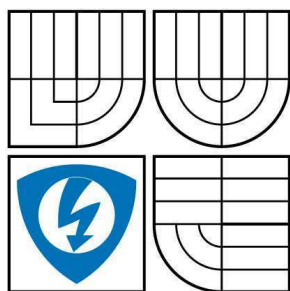
IRENEUSZ PIENIAŻEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOSLAV FILKA, CSc.

BRNO 2008



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Teleinformatika

Student: Pieniažek Ireneusz

ID: 78383

Ročník: 3

Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Vliv působení mobilu na člověka

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Stanovte a navrhnete závěry vlivu vysokofrekvenčního záření při používání mobilu na okolí. Jako okolí uvažujte - člověk a jiná elektronická zařízení. Uvažujte vliv možných biologických efektů vyzařování. Zhodnoťte protektivní a modulační přístup, na podkladě výsledků měření, jako jednoho z možného přístupu k řešení, stanovte závěry.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] PETER, A etc. Base Station and Wireless Network - Radiofrequency. Health Perspective, Vol 115, No 3, 2007
- [2] INCIRP, P. Guidelines for limiting exposure to time - varying electric, magnetic and electromagnetic fields. Health Physics, No. 74, pp. 494 - 522, 1988.
- [3] SVAČINA, J. Základy elektromagnetické kompatibility. Skripta VUT FEKT. VUT, Brno 2005.

Termín zadání: 11.2.2008

Termín odevzdání: 4.6.2008

Vedoucí práce: doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Ireneusz Pieniażek
Bytem: Hrabinská 1509/25C, 73701, Český Těšín
Narozen/a (datum a místo): 12.6.1986, Český Těšín

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☐ diplomová práce
- ☒ bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Vliv působení mobilu na člověka

Vedoucí/školicitel VŠKP: doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

Ústav: Ústav telekomunikací

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě - počet exemplářů 1
- ☒ elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem mobilních telefonů na člověka. První část je věnována uvedení do problematiky mobilních komunikací. Jsou uvedeny frekvence a vlnové délky, na kterých mobilní telefony pracují. Je zde také popsán princip fungování mobilních telefonů.

Druhá část se zabývá působením mobilních telefonů na lidské tělo. Pojednává o elektromagnetické kompatibilitě biologických systémů, popisuje elektromagnetické pole vyskytující se v mobilních komunikacích. Jsou tady také popsány tepelné účinky mobilních telefonů a je zde taky rozvinuta hypotéza o netepelných účincích mobilních telefonů. Je tady popsán mechanismus působení rádiových vln. Popisuje také možná zdravotní rizika spojená s používáním mobilních telefonů na lidské zdraví a problematiku spojitosti výskytu rakoviny a používání mobilních telefonů. Jsou zde také popsány jiné ekologické problémy spojené s mobilní telefonii.

Třetí část se věnuje měření SAR (měrný absorbovaný výkon) mobilního telefonu. Je definován SAR. Uveden je popis testovacích přístrojů, postup měření a naměřené hodnoty pro standardy GSM 900, GSM 1800 a W-CDMA 2000. Testovaným přístrojem je Samsung SGH-Z140V. Pojednává se zde také o technických řešeních, která mají za cíl minimalizaci energie absorbované během používání mobilního telefonu. Uvedeny jsou také doporučení pro uživatele, která mají za cíl minimalizovat měrný absorbovaný výkon pohlcený lidským tělem během používání přístroje.

Klíčová slova: mobil, záření, zdraví, vliv, výkon

Abstract

This bachelor's thesis is dealing with the influence of cell phones on man. First part is focused on the introduction to the problems of cell phone communication. There are described the frequencies and wave lengths, which the cell phones use. Here is also described the principle of cell phones functioning.

Second part is devoted to influence of the cell phones on the human body. It is discussing the electromagnetic compatibility of the biological systems and describing the electromagnetic field occurring in cell phone communications. There are also described the thermal effects of the cell phones and this chapter further discusses the hypothesis about the non-thermal effects of the cell phones. There is a description of mechanism of influence of radio waves. This part also describes the possible health hazards resulting from the use of cell phones and the problem of relationship between the occurrence of cancer and the use of cell phones. There are mentioned other ecological problems connected with cell telephony.

Third part is focused on the SAR measurement (specific absorption rate) of the cell phone. Here we can find the definition of SAR. It describes the tested apparatuses, the procedure of measurement and measured values for GSM 900, GSM 1800 and W-CDMA 2000 standards. Tested apparatus in this case is Samsung SGH-Z140V. We can find here technical engineering solutions, which are aimed to minimize the specific absorbing power absorbed by human body during the use of apparatus.

Keywords: mobile, radiation, health, influence, power

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Vliv působení mobilu na člověka“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně mnohých trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....
podpis autora

Poděkování

Rád bych na tomto místě vyjádřil poděkování za pomoc a cenné rady vedoucímu mé bakalářské oborové práce doc. Ing. Miloslavu Filkovi, CSc.. Za cenné konzultace, rady a poskytnutí velmi užitečných materiálů bych chtěl poděkovat také Ing. Janu Černému. Děkuji také mgr. Lindě Kolarčíkové za pomoc s překladem z anglického jazyka, Jiřímu Byrtusovi za kvalitní zpracování obrázků popisujících fantóma SAM, Pavlu Müllerovi, DiS za zapůjčení literatury a konzultace a Zuzaně Chodurové za poskytnutí odborné literatury.

Obsah

1	Úvod	13
2	Uvedení do problematiky mobilních komunikací.....	14
2.1	Rozdělení kmitočtových pásem radiokomunikačních systémů	14
2.2	Základní principy fungování mobilních telefonů v síti GSM.....	15
3	Působení mobilních telefonů na člověka.....	17
3.1	EMC biologických systémů a hodnoty SAR	17
3.2	Elektromagnetické pole vyskytující se v systémech mobilních komunikací .	22
3.3	Tepelné účinky mobilních telefonů	24
3.4	Možné netepelné účinky působení mobilních telefonů na lidský organismus a impulsní modulace vysokofrekvenčního signálu.....	25
3.5	Mechanismus působení rádiových vln.....	28
3.6	Poruchy v lidském těle způsobené zářením mobilních telefonů.....	29
3.7	Studie Interphone – stručné shrnutí	32
3.8	Jiné ekologické problémy týkající se mobilních komunikací.....	36
4	Měření SAR mobilních telefonů.....	36
4.1	Definice SAR a popis metody měření SAR	36
4.2	Měření SAR mobilního telefonu Samsung SGH-Z140V	37
4.3	Návrhy minimalizace rizik spojených s používáním mobilního telefonu	46
5	Závěr	48
6	Seznam literatury a použitých zdrojů.....	50

Seznam obrázků

Obrázek 1 Časové sdílení TDMA u systému GSM.....	16
Obrázek 2 Frekvenční sdílení FDMA u GSM (pásmo 900 MHz).....	17
Obrázek 3 Přední, zadní a boční pohled na SAM.....	42
Obrázek 4 Boční pohled zblízka.....	42
Obrázek 5 Boční pohled ukazující významné značení	43
Obrázek 6 Přední, boční a horní pohled u boční/lícní polohy	43
Obrázek 7 Přední, boční a horní pohled u nakloněné/ušní polohy	44

Seznam tabulek

Tabulka 1 Kmitočtová pásma rádiových vln	14
Tabulka 2 Indukovaná proudová hustota J – nejvyšší přípustné hodnoty	18
Tabulka 3 Měrný absorbovaný výkon (SAR) a měrná absorbovaná energie (SA) – nejvyšší přípustné hodnoty	19
Tabulka 4 Hustota zářivého toku S – nejvyšší přípustné hodnoty	20
Tabulka 5 Porovnání limitu SAR v Evropě, USA a Austrálii	21
Tabulka 6 Hodnoty vyzařování vybraných mobilních telefonů	22
Tabulka 7 Popis měřeného vzorku (telefonního přístroje)	37
Tabulka 8 Složení směsi ekvivalentní mozkové tkáni	40
Tabulka 9 Výsledky měření pro GSM 900	45
Tabulka 10 Výsledky měření pro GSM 1800	45
Tabulka 11 Výsledky měření pro W-CDMA 2000	45
Tabulka 12 Poměr mezi boční a nakloněnou polohou	46

Seznam použitých zkratek a symbolů

ACA – Australian Communications Authority

BTS – Base Transceiver Station (základnová převodní stanice)

CTIA - Cellular Telecommunications & Internet Association (Sdružení Mobilních Komunikací a Internetu)

c – rychlost světla

CI – credibility interval (interval spolehlivosti)

DAE – elektronický obvod pro sběr dat

DCS – Digital Communication System (digitální komunikační systém)

DGBE – Diethylene Glycol Butyl Ether

E – intenzita elektrického pole

ε_r – měrná permeabilita

EMC – elektromagnetická kompatibilita

EMF – electromagnetic field (elektromagnetické pole)

EOC – elektrooptický spojovací prvek

ES – European Specification

f – frekvence

FCC – Federal Communications Commission

FDMA – Frequency Division Multiple Access (vícenásobný přístup s frekvenčním dělením)

GSM – Global System for Mobile Communications

HEC – hydroxyethylcelulóza

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

J – proudová hustota

λ – vlnová délka

OR – odds ratio (poměr šancí)

ρ – hustota látky

σ – měrná vodivost

S – hodnota zářivého toku

SA – měrná absorbovaná energie

SAM – Specific Anthropomorphic Mannequin

SAR – měrný absorbovaný výkon

SAR_i – měrný absorbovaný výkon při i -té expozici

t_i – doba trvání i -té expozice

T_{st} – doba středování

TDMA – Time Division Multiple Access (vícenásobný přístup s časovým dělením)

UHF – ultra krátké vlny

WHO – World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

1 Úvod

V současné době je člověk neustále pod vlivem mnoha negativních faktorů. Mezi tyto faktory se také řadí elektromagnetické záření, zároveň přirozené, pocházející od atmosférických a kosmických jevů a taky umělé, které je produktem lidské činnosti. Mnoho vynálezů současné civilizace aplikovaných v průmyslu a každodenním životě je zdrojem elektromagnetického záření, v některých případech značné intenzity. Mezi tyto výrobky, které mohou neblaze působit na lidské zdraví, se řadí také zařízení mobilní telefonie jako mobilní telefony a základnové stanice.

Problém škodlivosti mobilních telefonů je vážný, neboť se týká obecně značné části lidstva. Toto odvětví telekomunikací se v poslední době rozvíjí zvláště dynamicky. Prudce roste počet uživatelů mobilů na celém světě. Britská analytická firma The Mobile World ve své zprávě předpovídá, že díky rostoucí poptávce v Číně, Indii a Africe bude do konce roku 2007 více než 3,25 miliardy uživatelů. V ČR v současné době působí 3 významní mobilní operátoři: T-Mobile, Telefónica O₂ a Vodafone.

Tato problematika se týká nejen osob, které používají mobilní telefony. Potencionálním rizikům jsou rovněž vystaveni všichni lidé, kteří se pohybují stále nebo občasně v dosahu záření základnových stanic, zvláště v blízkosti vysílačů. Ohrožení se můžou také týkat lidí, kteří sami nepoužívají mobilní telefony, ale jsou v blízkosti jiných lidí, kteří tyto zařízení používají. Tento problém se tedy týká většiny lidstva, a hlavně té části, která žije ve státech s rozvinutým průmyslem, na hustě obydlených územích.

Problematika škodlivosti mobilů je v dnešní době často medializována. Uvádí se mnoho výsledků výzkumů provedených v různých laboratořích. Některé publikace na toto téma jsou psány v alarmujícím tónu, často aby přilákaly pozornost čtenářů a zvedly atraktivitu periodika, ve kterém jsou publikovány. Nemají většinou mnoho společného s vědou a znalostí tématu. Na druhé straně existuje také mnoho publikací odůvodňujících mizivou škodlivost mobilů.

Z tohoto důvodu vyvstává potřeba shrnutí dosavadních znalostí na toto téma a formulace řádných závěrů a opatření, které by pomohly uživatelům mobilních telefonů vyvarovat se možných ohrožení zdraví.

2 Uvedení do problematiky mobilních komunikací

2.1 Rozdělení kmitočtových pásem radiokomunikačních systémů

Radiokomunikační systémy používají pro přenos informace volný prostor (volné prostředí), ve kterém je informace přenášena od vysílače k přijímači prostřednictvím rádiových vln. Rádiovými vlnami je nazýváno elektromagnetické vlnění v kmitočtovém pásmu 10 kHz až 3000 GHz, což odpovídá vlnovým délkám v rozsahu 30 km až 0,1 mm. Vzájemný vztah mezi vlnovou délkou λ a kmitočtem vlny f je dán vztahem

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (1)$$

kde c je rychlost šíření elektromagnetických vln ve volném prostoru. Pro jednoduchý výpočet, kdy uvažujeme $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$, lze použít praktický vztah ve tvaru

$$f = \frac{300}{\lambda} [\text{MHz, m}]. \quad (2)$$

Základní rozdělení rádiových vln podle jejich kmitočtu a vlnové délky je stanoveno Radiokomunikačním řádem a je uvedeno v tab. 1, [1], [2].

Tabulka 1 Kmitočtová pásma rádiových vln

Číslo pásma N	Kmitočet (dolní mez mimo, horní mez v pásmu)	Délka vlny (dolní mez mimo, horní mez v pásmu)	Název pásma	Metrické zkratky	Symboly	Český název
4	3 - 30 kHz	100 - 10 km	myriametrické	Mam	VLF	velmi dlouhé
5	30 - 300 kHz	10 - 1 km	kilometrické	km	LF	dlouhé
6	300 - 3000 kHz	1000 - 100 m	hektometrické	hm	MF	střední
7	3 - 30 MHz	100 - 10 m	dekametrické	dam	HF	krátké
8	30 - 300 MHz	10 - 1 m	metrické	m	VHF	velmi krátké
9	300 - 3000 MHz	10 - 1 dm	decimetrické	dm	UHF	ultra krátké
10	3 - 30 GHz	10 - 1 cm	centimetrické	cm	SHF	centimetrové
11	30 - 300 GHz	10 - 1 mm	milimetrové	mm	EHF	milimetrové
12	300 - 3000 GHz	1 - 0,1 mm	decimilimetrové	dmm	-	-

Kmitočtové spektrum je rozděleno 9 pásem, přičemž číslo pásma N určuje kmitočtový rozsah podle vztahu

$$0,3 \cdot 10^N \text{ Hz} \div 3 \cdot 10^N \text{ Hz} . \quad (3)$$

Uvedené rozdělení kmitočtového spektra se vyznačuje tím, že pro každé kmitočtové pásmo jsou rozdílné fyzikální podmínky šíření rádiových vln. Z toho potom vyplývá i účel využití příslušného pásma.

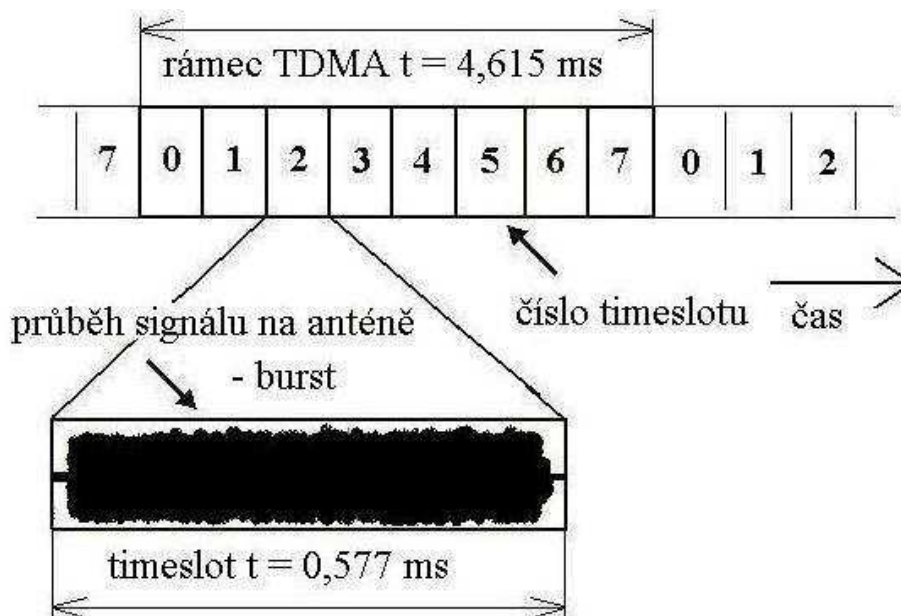
Mobilní telefony (GSM 900, GSM/DCS 1800, UMTS(WCDMA) 2100) pracují v pásmu UHF (ultra krátké vlny). V tomto pásmu se rádiové vlny šíří přímou vlnou do vzdálenosti rádiového horizontu, avšak šíření je výrazně ovlivňováno četnými odrazy od překážek, jejichž rozměry jsou srovnatelné s délkou vlny. Zvláště v městské zástavbě musí být voleno místo pro umístění vysílací antény s ohledem na možný výskyt odrazů. Pásmo ultra krátkých vln je také určeno pro televizní vysílání, letecké systémy a družicové námořní systémy [3].

2.2 Základní principy fungování mobilních telefonů v síti GSM

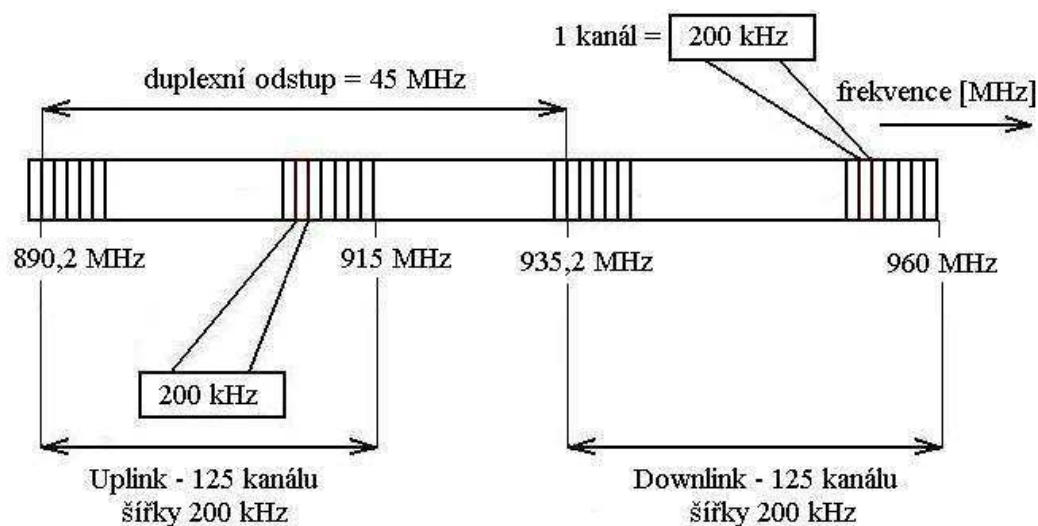
Jedním z nejdůležitějších základních principů aplikovaných v současných mobilních telekomunikačních systémech je vytváření tzv. buňkové sítě. Celé obsluhované území je rozděleno na elementární oblasti, kterým se říká buňky, které jsou obsluhovány základnovou stanicí. Mobilní stanice komunikuje se základnovou stanicí poskytující v místě mobilní stanice nejsilnější signál. Jestliže se však při svém pohybu dostane mobilní telefon do oblasti, kterou obsluhuje sousední buňka, pak dochází k automatickému přepojení probíhajícího spojení na základnovou stanicí této sousední buňky. Tomuto způsobu provozu s automatickým přepojením se říká handover. Poloha mobilních stanic je neustále zjišťována pomocí automatického navazování spojení mezi mobilním telefonem a základnovou stanicí a tento údaj se registruje, což umožňuje směřování spojení k volanému účastníkovi přímo do oblasti, kde se jeho stanice nachází [4].

Tento systém využívá časové (TDMA) (obr. 1) a frekvenční (FDMA) (obr. 2) sdílení kanálů v pásmech určených jak pro vysílání od mobilní stanice směrem k základnové stanicí (tzv. uplink), tak v pásmu určeném pro distribuci signálu od základnové stanice směrem k účastníkům (tzv. downlink). V pásmu GSM 900 MHz se využívá pro downlink 125 kanálů (každý o šířce 200 kHz), v pásmu DCS (GSM)

1800 MHz je 374 kanálů šířky 200 kHz. Kmitočty, na kterých vysílá BTS a mobilní stanice, jsou svázány duplexním odstupem (45 MHz pro pásmo 900 MHz, 95 MHz pro 1800 MHz). To znamená, že mobilní stanice vysílá vždy na kmitočtu o 45 MHz resp. 95 MHz nižším, než vysílá BTS. Základnová stanice může kdykoliv změnit číslo kanálu (frekvenci), na kterém se uskutečňuje spojení. Jeden kanál může obsloužit až 8 hovorových účastníků (datoví účastníci mohou obsadit až čtyři timesloty) s využitím časového sdílení TDMA. Timeslot 0 zpravidla vysílá tzv. BCCH kanál, který není hovorový a mobilní stanice podle něj identifikují danou buňku, takže v tom případě je to 7 účastníků pro 1 kanál. Pokud jsou však na stanici další vysílací frekvence, tak se už na nich BCCH kanál vysílat nemusí, protože stačí jeden celkově. Tudíž je pak možno obsloužit výše zmíněných 8 účastníků. Každý kanálový rámeček (burst) o délce 156,24 bit (doba trvání je 0,577 ms) obsahuje bity nesoucí uživatelské informace a služební informace [5].



Obrázek 1 Časové sdílení TDMA u systému GSM



Obrázek 2 Frekvenční sdílení FDMA u GSM (pásmo 900 MHz)

3 Působení mobilních telefonů na člověka

3.1 EMC biologických systémů a hodnoty SAR

EMC biologických systémů se zabývá celkovým „elektromagnetickým pozadím“ našeho životního prostředí a přípustnými úrovněmi rušivých i užitečných elektromagnetických signálů s ohledem na jejich vlivy na živé organismy. I když tyto vlivy jsou pozorovány již delší dobu, nejsou výsledky dosavadních biologických a biofyzikálních výzkumů v této oblasti jednoznačné. Biologické účinky elektromagnetického pole závisí totiž na jeho charakteru, době působení i na vlastnostech organismu. Protože nejsou známy receptory pole (tj. vstupy elektromagnetického pole do organismu), posuzují se tyto účinky jen podle nespecifických reakcí organismu.

Každý člověk reaguje na působení elektromagnetického pole jinak, protože jeho adaptační, kompenzační a regenerační možnosti a schopnosti jsou individuální. Proto je velmi obtížné analyzovat změny v organismu a na základě statistických výsledků dojít k obecně platným závěrům. To je jeden z důvodů, proč je ve světě zatím jen málo konkrétních klinických studií a ty, co existují, jsou zaměřeny na vyšší expozice elektromagnetickým polem v pracovním procesu. Přitom za nežádoucí vlivy na člověka lze dnes považovat nejen přímé působení elektromagnetického pole na jeho pracovišti (obsluha vysílačů, radiolokátorů, výpočetních středisek apod.), ale i dlouhodobé bezděčné působení elektronizovaného životního prostředí zejména doma, kde většina

lidí tráví hodiny svého času obklopena elektrickými a elektronickými zařízeními (televizní a rozhlasové přijímače, kuchyňské spotřebiče, osobní počítače, notebooky apod.).

Problematikou EMC biologických systémů se zabývají výzkumná lékařská pracoviště s cílem posoudit odolnost lidského organismu vůči elektromagnetickým vlivům, mechanismy jejich působení apod. U vysokofrekvenčních a mikrovlnných polí jsou relativně nejvíce objasněny tzv. tepelné účinky, tj. účinky, které se objeví jako výsledek ohřevu tkání vystavených vysokým úrovním polí. Účinky elektromagnetického pole na centrální nervový systém, srdečně cévní, krvetvorný a imunitní systémy se přisuzují tzv. netepelným účinkům, tj. déle trvajícím expozicím polí s relativně nízkou výkonovou úrovní. Ani tyto, ani genetické či karcinogenní účinky však zatím nebyly jednoznačně prokázány. Všechny tyto skutečnosti v obtížnosti posuzování EMC biologických systémů jsou příčinou toho, že v příslušných hygienických normách ve světě existují až řádově velké rozdíly, např. v přípustných dávkách elektromagnetického záření [6].

V České republice se této problematice týká Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 480/2000 Sb. (nově 1/2008 Sb.), která s účinností od 1. 1. 2001 stanovuje požadavky pro práci a pobyt osob v elektromagnetickém poli v kmitočtovém rozsahu 0 Hz až 300 GHz.

Nejvyšší přípustné hodnoty v ČR

1. Nejvyšší přípustné hodnoty pro proudovou hustotu indukovanou v hlavě a v trupu elektrickým a magnetickým polem s frekvencí f jsou stanoveny pro osoby exponované při výkonu práce (dále jen „zaměstnanci“) a pro exponované osoby s výjimkou zaměstnanců a pro osoby exponované s výjimkou zaměstnanců a osob exponovaných při léčebných procedurách (dále jen „ostatní osoby“) v tabulce č. 2:

Tabulka 2 Indukovaná proudová hustota J – nejvyšší přípustné hodnoty

Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	J [A.m ⁻²]	frekvence f [Hz]	J [A.m ⁻²]
<1	0,057	<1	0,011
1 - 4	0,04/ f	1 - 4	0,008/ f
4 - 1000	0,01	4 - 1000	0,002
1000 - 10 ⁵	$f/10^5$	1000 - 10 ⁵	$f/5 \cdot 10^5$
10 ⁵ - 10 ⁷	$f/10^5$	10 ⁵ - 10 ⁷	$f/5 \cdot 10^5$

Proudová hustota J je definována jako efektivní hodnota elektrického proudu, tekoucího kolmo k rovinné ploše s obsahem 100 mm^2 , dělená obsahem této plochy, a pro frekvence vyšší než 1 kHz časově středovaná za dobu 1 s. Pro frekvence nižší než 1 kHz se proudová hustota časově nestředuje.

Při současné expozici elektrickému a magnetickému poli stejné frekvence se proudová hustota určí jako součet hustoty proudu indukovaného elektrickým polem a hustoty proudu indukovaného magnetickým polem. Jsou-li směr a fáze a indukovaných proudů známy a zůstávají-li přibližně konstantní, mohou být pro tyto proudy před srovnáním s nejvyšší přípustnou hodnotou pro proudovou hustotu sečteny vektorově.

2. Nejvyšší přípustné hodnoty měrného absorbovaného výkonu (SAR) a měrné absorbované energie (SA) jsou stanoveny v tabulce č. 3. Tyto nejvyšší přípustné hodnoty se vztahují na celkovou absorpci všech přítomných složek elektromagnetického pole v tkáních těla v intervalu frekvencí 100 kHz do hodnoty 10 GHz.

Tabulka 3 Měrný absorbovaný výkon (SAR) a měrná absorbovaná energie (SA) – nejvyšší přípustné hodnoty

Platí pro frekvence od 100000 Hz do 10^{10} Hz	Měrný absorbovaný výkon – SAR – středovaný pro kterýkoli šestiminutový interval a celé tělo	SAR středovaný pro kterýkoli šestiminutový interval a pro kterýchkoli 10 g ^{a)} tkáně s výjimkou rukou, zápěstí, chodidel a kotníků	SAR středovaný pro kterýkoli šestiminutový interval a pro kterýchkoli 10 g ^{a)} tkáně rukou, zápěstí, chodidel a kotníků	Špičková hodnota měrné absorbované energie SA středována pro kterýchkoli 10 g tkáně
Zaměstnanci	0,04 W/kg	10 W/kg	20 W/kg	0,01 J/kg ^{b)}
Ostatní osoby	0,08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg	0,002 J/kg ^{b)}

^{a)} Těchto 10 g je třeba volit ve tvaru krychle, nikoli jako plochý útvar na povrchu těla.

^{b)} Platí pro pulsy kratší než 30 μs při frekvenci 300 MHz až 10 GHz.

Doba středování pro měrný absorbovaný výkon je 6 minut. Při krátkodobé expozici (kratší než 6 minut) není tedy nejvyšší přípustná hodnota měrného absorbovaného výkonu překročena, je-li pro zaměstnance splněna nerovnost

$$\sum_i (\text{SAR}_i \cdot t_i) \leq 2,4 \text{ W} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (4)$$

a pro ostatní osoby nerovnost

$$\sum_i (\text{SAR}_i \cdot t_i) \leq 0,48 \text{ W} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1}. \quad (5)$$

SAR_i je měrný absorbovaný výkon při i -té expozici ve $\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$ a t_i je doba trvání i -té expozice v minutách.

3. Nejvyšší přípustné hodnoty pro hustotu zářivého toku elektromagnetické vlny z intervalu frekvencí od 10 GHz do 300 GHz, dopadající na tělo nebo na jeho část, jsou stanoveny v tabulce č. 4.

Tabulka 4 Hustota zářivého toku S – nejvyšší přípustné hodnoty

Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	S [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]	frekvence f [Hz]	S [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]
$>10^{10} - 3 \cdot 10^{11}$	50	$>10^{10} - 3 \cdot 10^{11}$	10

Doba středování pro frekvence 10 GHz až 300 GHz je $T_{st} = 1,92 \cdot 10^{11} / f^{1,05}$; f je v hertzech, T_{st} v minutách. S je průměrná hodnota hustoty zářivého toku dopadajícího na plochu rovnou 20 cm^2 kterékoli části těla exponované osoby. Maximální průměrná hodnota S vztažená na 1 cm^2 exponovaného povrchu nesmí při tom překročit dvacetinásobek hodnot uvedených v tabulce č. 3 [7].

Pro SAR mobilních telefonů prakticky platí v ČR maximální přípustná hodnota 2 W/kg pro všechny osoby. Teoreticky by poučení zaměstnanci mohli používat mobilní telefon se SAR 10 W/kg , ale v praxi se tak vůbec neděje. Tudíž můžeme přijmout, že všichni obyvatelé nepřekračují limity stanovené pro ostatní osoby.

Limity SAR ve světě

Hodnotu SAR můžeme počítat dvěma způsoby. V Evropě je hodnota SAR počítána jako hodnota vystředěná na 10 g tkáně. Vystředění SAR probíhá následujícím způsobem: nejprve se pomocí měřících přístrojů najde místo, kde je hodnota intenzity elektrického pole největší; kolem tohoto místa ve vzdálenosti odpovídající 10 g hmotnosti lidské tkáně, se provádí další měření. Získané výsledky jsou vystředěné na 10 g tkáně. V USA hodnota SAR je vystředována v přepočtu na 1 g tkáně. Hodnoty činitele SAR záleží od způsobu výpočtu, výsledky jsou různé, např. hodnota SAR pro telefon Alcatel One

Touch 511 počítána evropským způsobem je 0,36 W/kg, počítána americkým je 0,53 W/kg. Rozdíly plynou z toho, že nejvyšší lokální hodnota intenzity elektrického pole je v Evropě vystředována z jinými měřeními provedenými v poloměru větším než je to děláno v USA. Tyto dvě hodnoty se nedají porovnávat. Je vždy důležité porovnávat evropskou hodnotu s evropskou normou a hodnotu americkou s normou USA. Pro porovnání uvádím limity, které platí v USA, Austrálii a Evropě. Povšimněme si, že americké normy se vztahují na 1 g lidské tkáně nikoli na 10 g, jak je tomu u normy evropské, australské a současně i české. Uvádím také odkaz na protokol o měření SAR a také odkaz na limit SAR pro každou oblast (tabulka 5).

Tabulka 5 Porovnání limitu SAR v Evropě, USA a Austrálii

Oblast	Odkaz na protokol o měření SAR	Odkaz na limit SAR	Limit
Evropa	European Specification ES 59005 (1998)	ICNIRP Guidelines 1998 (ICNIRP 1998)	2,0 W/kg pro 10g živé tkáně
Austrálie	Australian Communications Authority (ACA) Standard (ACA RS 1999)	Australian Standard AS/NZS 2772.1	2,0 W/kg Kg pro 10g živé tkáně
USA	Federal Communications Commission (FCC)Guidelines (FCC 1997)	American Standard ANSI C95.1 (ANSI 1992)	1,6 W/kg Kg pro 1g živé tkáně

Hodnoty SAR mobilních telefonů

Dále uvádím některé hodnoty vyzařování mobilních telefonů, které jsou dostupné na českém trhu (tabulka 6). Tyto hodnoty vyzařování mobilů nasvědčují tomu, že trend se posouvá ve směru minimalizace hodnoty záření, ovšem musíme si také uvědomovat, že důležitá je taky schopnost daného mobilu přijímat a vysílat signál. Výrobci se proto snaží skloubit obě tyto vlastnosti. Hodnotu záření úspěšně pomáhají snižovat např. integrované planární antény, které vyzařují většinu záření směrem od hlavy.

Tabulka 6 Hodnoty vyzařování vybraných mobilních telefonů

Typ mobilního telefonu	SAR [W/kg] při 900 MHz	SAR [W/kg] při 1800 MHz
Ericsson T 28S	0,74	1,51
Motorola V 3690	0,08	0,08
Samsung A100	0,08	0,11
Alcatel One Touch	0,36	0,65
Ericsson T10s	0,36	0,65
Ericsson R 380S	0,33	0,77
Motorola V 2288	0,25	0,38
Motorola P 7389	0,29	0,74
Nokia 3210	0,35	0,2
Nokia 8210	0,49	0,3
Nokia 3310	0,52	0,45
Nokia 7110	0,29	0,54
Nokia 6210	0,37	0,85
Philips Génie 2000	0,42	1,03
Sagem MW 936e	0,54	0,52
Sagem MW 939	0,56	0,53
Siemens S 35i	0,41	0,13
Sony DMD-Z5	0,58	0,44

3.2 Elektromagnetické pole vyskytující se v systémech mobilních komunikací

V systémech mobilních komunikací se odehrává přenos informací pomocí elektromagnetických vln mezi základnovými stanicemi a mobilními telefony působícími v jejich dosahu. Proto se v těchto systémech vyskytují dva hlavní zdroje elektromagnetického záření: vysílače základnových stanic a mobilní telefony. Vysílače základnových stanic pracují většinou s výkonem řádu jednotek kilowattů nebo menším. Jsou situovány na vysokých objektech a možnost pobytu lidí v bezprostřední blízkosti antén je ohraničená. Hustota výkonu vytvářeného v prostoru kolem vysílačů základnových stanic je všeobecně menší než hodnoty povolené ve státních vyhláškách. Ke každé základnové stanici se vyjadřuje hygienik a ke každé se zpracovává výpočet prokazující, že nedojde k ohrožení osob. Mobilní telefony pracují s mnohem nižším výkonem než základnové stanice. Jejich výkon nepřekračuje hodnotu 2 W. Víc nemohou vysílat, protože by se porušovala specifikace GSM. Avšak specifické

vlastnosti těchto zařízení vyžadují, aby se během hovoru nacházely v bezprostřední blízkosti hlavy, která je velmi citlivým přijímačem elektromagnetického záření. Tato blízkost vysílací antény může způsobit ohrožení lidského organismu i přes relativně malý výkon signálu.

Důležitým problémem, který se objevuje v současných systémech mobilních komunikací je vliv negativních účinků mnohonásobných nízkoeenergetických impulsních signálů na organismus. Objevují se hypotézy, že tyto signály při dostatečně dlouhé době působení mohou vyvolávat v lidských buňkách destruktivní procesy analogické jako únavové procesy, které se vyskytují ve výzkumech vytrvalosti materiálů nebo taky ve výzkumech poddajnosti elektronických prvků na mnohonásobné impulsní signály. Výzkum této problematiky se v současné době nachází spíše v počáteční fázi.

V současné době nejvíce využívaný Globální Systém pro Mobilní Komunikaci (GSM) je založený na vysílání signálu elektromagnetické vlny, která je impulsně modulována a číslicově kódována. Tento systém funguje v Evropě na frekvencích z pásma 900 MHz a z pásma 1800 MHz. Systém GSM dominuje na světovém trhu mnoho let. Předtím byl využíván systém opírající se o analogový přenos. Měl značně horší technické parametry, zvláště vzhledem ke kvalitě spojů, rychlosti přístupu a odolnosti vůči rušení.

Elektromagnetické pole v analogovém systému je charakteristické tím, že signál je vysílán spojitě a jeho amplituda musí být relativně velká pro zajištění požadované kvality přenosu. V digitálním systému je signál vysílán impulsně a jeho intenzita je menší než v analogovém systému. Zdá se být samozřejmé, že z hlediska negativního vlivu na lidský organismus je vhodnější systém GSM. Avšak tento problém není až tak samozřejmý, protože v digitálním systému je vysílaný signál s určitou periodou a má větší amplitudu než analogový systém. Ukazuje se, že lidské tělo je citlivější na skokové změny signálů než na sinusoidální spojitě signály. Vyplývá to např. z nutnosti uplynutí určitého času z důvodu adaptace na nové podmínky a podněty.

Obecně se dá říci, že elektromagnetická energie v každém množství působí na lidské tělo. Toto působení se považuje za neškodné, když se jeho účinky nacházejí v hranicích vyznačených adaptačními, kompenzačními a regeneračními schopnostmi organismu. Po překročení hranic činnosti tolerance ústrojí mohou být dopady tohoto

působení škodlivé.

Nepříznivé účinky působení elektromagnetického záření na lidské tělo jsou přímo úměrné výkonu zdroje záření. V mobilní telefonii je možné pozorovat již několik let trend snižování výkonu jak vysílačů základnových stanic, tak mobilních telefonů. Naproti tomu výběr frekvence tohoto záření v dostupném pro tuto komunikaci rozsahu (400 MHz – 2000 MHz), z pohledu škodlivosti pro člověka nemá větší význam. Obecně se dá jediné říci, že elektromagnetické vlny z horní části tohoto rozsahu jsou charakteristické menší hloubkou vniku do lidského těla, ale současně jsou více tlumené stěnami místností. Kvůli kompenzaci tohoto tlumení musí vysílače pracovat s větším výkonem.

Negativní biologické efekty záleží hlavně na množství absorbované energie. Elektromagnetické pole musí mít určitou energii, aby iniciovalo jakoukoli chemickou reakci a jenom od ní se může začít biologický efekt. Z důvodu množstevního omezení dávky absorbovaného záření zavedlo Sdružení Mobilních Komunikací a Internetu (CTIA) činitel SAR, který stanovuje množství energie rádiových vln, které jsou absorbovány tělem.

3.3 Tepelné účinky mobilních telefonů

U frekvencí, které používají mobilní telefony v síti GSM, tj. pásmo 900 MHz (vlnová délka = 33 cm) a pásmo 1800 MHz (vlnová délka = 17 cm) byl v současné době prokázán jako jediný zdravotní rizikový faktor pro lidské tělo tepelný vliv, tj. ohřívání těla nebo jeho části. Hodnocenou dozimetrickou veličinou, pro niž jsou stanoveny nejvyšší přípustné hodnoty, je u polí s frekvencemi od 10 MHz do 10 GHz měrný výkon absorbovaný v tkáni těla. Z tohoto důvodu byly zavedeny příslušné normy, které stanovují maximální možný lokální měrný absorbovaný výkon, jak již bylo zmíněno výše v podkapitole „EMC biologických systémů a hodnoty SAR“, pro uživatele mobilních telefonů na 2 W/kg. Tato hodnota se rovná jedné padesátině měrného absorbovaného výkonu, který ohřeje lidské tělo za dobu 6 min o 1°C. Hloubka pronikání decimetrových elektromagnetických vln do těla klesá s rostoucí frekvencí, proto se dá usuzovat, že s ohledem na možná zdravotní rizika je vhodnější frekvence z pásma 1800 MHz než 900 MHz. Musíme si, ale taky uvědomit, že kratší vlny hůře pronikají skrze stěny budov, a proto musí vysílač pracovat s větším výkonem. Záleží

také na druhu tkáně. U kostí je hloubka pronikání větší než svalů. Její typická hodnota je pro frekvence používané u mobilních telefonů rovná přibližně jednomu centimetru. Měření absorbovaného vysokofrekvenčního výkonu v tkáni těla není ovšem u živého člověka proveditelné. Pro zjištění, zda určitý typ mobilního telefonu nepřekračuje stanovený lokální měrný absorbovaný výkon, se používá buď numerický výpočet na počítači nebo měření na modelech (fantómech), jejichž elektrické parametry odpovídají vlastnostem vyšetřované části lidského těla. Oba způsoby jsou náročné, protože vysokofrekvenční vodivost i dielektrická konstanta je jiná pro svalovou tkáň a jiná pro kosti, hlava nemá jednoduchý geometrický tvar a také směrové vlastnosti vyzařování anténky mobilního telefonu se u jednotlivých typů přístrojů liší. Spolehlivá měření provádí jen několik specializovaných laboratoří v Evropě a v USA. U všech mobilních telefonů, které jsou v naší veřejné obchodní síti, je deklarovaná hodnota měrného lokálně absorbovaného výkonu nižší, než stanovená přípustná hodnota. Dodržení hodnoty 2 W/kg pro lokální měrný absorbovaný výkon zaručuje, že i v místech nejbližších anténce mobilního telefonu je ohřátí hlavy a jejího vnitřku - mozku - tak nepatrné, že jeho škodlivý vliv je vyloučen [8].

Protože kontrolu SAR nejde v terénních podmínkách provádět, řada nezávislých odborníků se domnívá, že mezní hodnota 2 W/kg je svévolně stanovena a nemá nic společného s péčí o lidské zdraví. Naproti tomu druhá strana vědecké obce tvrdí, že současné měření na fantómech jsou dostačující a nastavené limity měrného absorbovaného výkonu jsou pod hranicí, která by jakkoli negativně ovlivnila lidský organismus.

3.4 Možné netepelné účinky působení mobilních telefonů na lidský organismus a impulsní modulace vysokofrekvenčního signálu

V současnosti nebyl jiný vliv než ohřátí tělesné tkáně u elektromagnetického záření s frekvencí, kterou používají mobilní telefony prokázán a není ani známý teoretický mechanismus, pomocí kterého by takové elektromagnetické záření působilo na živý organismus jinak než uvolněným teplem. I přesto se však otázka možného netepelného působení slabých elektromagnetických vysokofrekvenčních polí stále sleduje a je diskutována. U mobilních stanic se v této souvislosti posuzuje vliv impulsní modulace signálu. Je známo, že mobilní telefon vysílá krátké impulsy nesoucí kódovaný záznam

hlasu. Tyto impulsy jsou dlouhé 0,577 ms a opakují se s periodou 4,615 ms, mají tedy frekvenci 217 Hz. Mezi těmito impulsy je vysílač mobilního přístroje vypnut a ve zbývajících sedmi osminách času mohou být na stejné nosné frekvenci přenášeny z antény základnové stanice hovory další sedmi účastníků. Mobil vysílá během 1/8 rámce. Ve sluchátku se přerušovaný způsob vysílání však neprojeví z důvodu toho, že v přijímači mobilu je kódovaný signál převeden na zvuk a přerušování není slyšitelné (impulsní zvuk s frekvencí 217 Hz by se ve sluchátku mobilu projevil slyšitelným vrčením).

O televizních a rozhlasových signálech s digitálním kódováním platí, že při modulaci jejich vysílačů není vyzařovaný signál přerušován. Vystává tedy otázka, zda by absorbování přerušované elektromagnetické vlny mohlo mít na živý organismus jiný dopad než tepelný. Tomuto tématu se v roce 1999 věnoval týdenní seminář WHO (Světová zdravotnická organizace) s názvem "Biologické efekty, zdravotní důsledky a standardy pro impulsní radiofrekvenční pole" [9], kterého se zúčastnilo více než na dvě stovky odborníků z celého světa.

Předmětem diskuze byla myšlenka, která se týkala možného netepelného působení impulsů vysokofrekvenčního elektromagnetického pole pronikajícího do těla. Byla vyslovena domněnka, že tyto impulsy by mohly v těle vyvolávat elektrické proudy s nízkou frekvencí 217 Hz, tj. frekvencí s jakou se impulsy opakují. Elektrický proud s nízkou frekvencí v těle působí především na nervové buňky, a kdyby se zjistilo, že impulsně modulované vysokofrekvenční záření mobilní stanice tyto proudy skutečně vyvolává, bylo by nutné kromě měrného absorbovaného výkonu ještě zvážit, zda se v těle exponované osoby nepřekračuje maximální přípustná hodnota pro intenzitu indukovaných nízkofrekvenčních elektrických proudů.

Myšlenku o tom, že působení impulsního vysokofrekvenčního pole se od působení nepřerušovaného pole liší, podporuje jev, který je možno podporovat v blízkosti radarové antény. Radarový impuls vyvolá u člověka, na kterého dopadne s dostatečnou intenzitou, slyšitelné lupnutí v uchu. Tento jev však vzniká tepelným působením elektromagnetické vlny. Absorbování vysokofrekvenční energie radarového impulsu je soustředěné do velmi krátkého časového úseku a rychlé zvýšení tělesné teploty, především mozkové tkáně, vyvolává v hlavě exponované osoby zvukovou vlnu, která působí na zvukové receptory ucha. Jevo je pokládán při běžně dosahovaných intenzitách

impulsů radaru za neškodný, i přesto jsou však stanoveny nejvyšší přípustné hodnoty pro expozici osob vysokofrekvenčními pulsy tak, aby k tomuto jevu nedocházelo. Absorpce impulsně modulovaného záření mobilních telefonů tento zvukový jev vyvolat nemůže, neboť elektromagnetické pole mobilních telefonů je i v bezprostřední blízkosti hlavy velmi slabé a taky proto, že vysílané impulsy jsou relativně dlouhé.

Po vyhodnocení příspěvku semináře a dalších výzkumných zpráv a publikací provedených komisí ICNIRP, se došlo k závěru, že jiné působení impulsně modulovaných radiofrekvenčních polí na člověka, než tepelné, se nepařilo v současnosti prokázat. Tento závěr byl potvrzen i pozdějšími pracemi, které byly zaměřené na prokázání netepelných účinků relativně silných impulsních radiofrekvenčních polí. Jako příklad mohu uvést experimentální studii Výzkumné laboratoře amerického letectva v Brooks v Texasu, o které podal zprávu v červnu 2001 na zasedání Mezinárodního sboru WHO pro elektromagnetická pole v Ženevě Dr. M. Murphy.

V roce březnu roku 2007 se v odborném časopise *Environmental Health and Perspectives* objevil článek [10], kterého autory jsou P. Valberg, E. van Deventerová a M. Repacholi. V článku se vychází z výsledků mezinárodního semináře pořádaného WHO v červnu roku 2005 v Ženevě. Tento seminář byl pořádán z důvodu obav týkajících se dlouhodobé expozice elektromagnetickým polím vyzařovaným anténami mobilních stanic. Tyto obavy se týkaly toho, zda tyto pole, i přes svou malou intenzitu nemohou po mnohaleté expozici způsobovat zdravotní potíže. Důkladný rozbor provedený uvažováním různých variant působení elektromagnetického pole na lidské tělo však vedl k závěru, že ani v tomto případě nejsou důvody k obavám. Na tomto výsledku se shodli fyzik z Gradient Corporation, Cambridge, Massachusetts, současná koordinátorka WHO v oboru zdravotních otázek spojených s expozicí elektromagnetickému poli a bývalý koordinátor WHO v tomto oboru. Tyto skutečnosti mohou být proto silným argumentem vedoucím k tomu, že ani mobilní telefony ani antény BTS na střechách nepředstavují zdravotní rizika.

K často vyslovovaným obavám o zdraví dětí používajících mobilní přístroje uspořádala Světová zdravotnická organizace na toto téma v Istanbulu v roce 2004 speciální seminář [11] za účasti více než dvou stovek osob. Byla tam probírána otázka možného rozdílu mezi účinkem expozice elektromagnetickým polím na dospělé osoby a na děti. Také v tomto případě byl vysloven závěr, že žádné specifické působení není

prokázáno. Byly diskutovány rozdílné rozměry dětského těla a jeho částí, které by mohly ovlivnit měrný absorbovaný vysokofrekvenční výkon. Nebyly však shledány jako významné. Argumentem bylo mimo jiné i to, že pětikrát nižší hodnoty SAR stanovené pro ostatní osoby jsou i pro děti dostatečně bezpečné [12].

Vliv modulovaného signálu na buňku

Mechanická uvažování jsou ústřední pro zkoumání role modulace v biologických efektech rádiových frekvencí, protože živé organismy se opírají na stejných fyzikálních zákonech, které vládou všem systémům. Fyzika tvoří základ chemie, která formuluje základy biologie, která dále formuluje základy medicíny. Z tohoto důvodu, třebaže pohyb touto řadou nahoru je význačný vzrůstající složitostí, každá následující vrstva se musí řídit elementárními zákony, které jsou platné pro vrstvu nižší. Nejelementárnější vrstva závisí na zákonech fyziky, které byly vyčerpávajícím potvrzeny experimenty. Principy, kterými se řídí rádiové vlny – jmenovitě Maxwellovy zákony elektromagnetismu – jsou přijaté jako neměnné v čase a prostoru a jejich správnost v popisu vzájemné součinnosti mezi elektromagnetickými poli a hmotou tvoří základ fungování prakticky všech technologií. Jednoduché zákony zachování (např. energie, náboje, momentu) jsou univerzálně aplikovatelné a biologie netvoří výjimku.

Jakékoli biologické interakční mechanismy schopné detekovat rozdíl mezi modulovaným radiofrekvenčním signálem a nemodulovaným radiofrekvenčním signálem musí být buď dost rychlé, aby zareagovaly a detekovaly změny v centrální radiové frekvenci nebo citlivé na změny radiofrekvenčního výkonu probíhajícího na modulační frekvenci. Pro první možnost vědci nebyli schopni identifikovat biologické struktury schopné radiofrekvenčního ladění nebo rozlišení šířky pásma. Pro druhou možnost by musela existovat biologická struktura, která by byla nelineární na malých úrovních výkonu. Takováto struktura nebyla rovněž vědci dosud objevena.

3.5 Mechanismus působení rádiových vln

Pro energii rádiových vln, která může měnit fyziologickou funkci, inicializovat dysfunkci nebo zapříčinit nástup onemocnění lidí nebo zvířat musí existovat mechanismus, kterým fyzikální síly vyvolané elektrickými nebo magnetickými poli na nabitých částicích mění molekuly, chemické reakce, buněčné membrány nebo

biologické struktury. Rádiové vlny jsou fyzikálním (ne chemickým) činitelem a biologická pravděpodobnost, která inicializuje proces, který vede k nepříznivým zdravotním efektům musí být zhodnocena s tímto na mysli.

Řetězec vyvolaný rádiovými vlnami a ukončený negativními účinky na buňku je poměrně složitý. Ve zkratce by se dal popsat asi takto:

Rádiové vlny => Hmota (fyzikální účinky) => Molekuly (chemické účinky) => Organismus (biologické účinky) => Onemocnění.

Každý krok v tomto řetězci musí předcházet krok následující, tudíž např. bez chemických účinků nemohou být žádné biologické následky. Také výskyt chemických účinků nemusí nutně vyvolat účinky biologické. Biologické změny v organismu se dají rozdělit na zvrtné a nezvrtné. Tudíž ani biologické účinky nemusí vést nutně k onemocnění. K onemocnění vedou jen nezvrtné účinky, kterých následky už organismus nedokáže vrátit zpět do původního stavu. Dalo by se tedy říci, že pravděpodobnost výskytu onemocnění způsobeného rádiovými vlnami je poměrně malá. U většiny populace nezvrtné účinky vyvolané nejsou, protože imunitní systém většiny zdravých dospělých lidí dokáže tyto změny navrátit do původního stavu. Ohroženy mohou být osoby se slabším imunitním systémem a taky děti, kterých organismus se teprve vyvíjí.

Osoby z těchto rizikových skupin by měly v blízkosti silných elektromagnetických polí pobývat co nejméně a taky by neměly přespříliš používat mobilní telefony a vyhýbat se jiným zdrojům, které produkují záření o podobné intenzitě.

3.6 Poruchy v lidském těle způsobené zářením mobilních telefonů

V médiích publikované informace, v tom také výsledky výzkumů, poukazují na to, že vyzařování mobilních telefonů vyvolává v lidském organismu mnoho různých poruch. Jsou většinou krátkodobé (nejčastěji jsou to biologické efekty), ale některé z nich mohou vést k vážným zdravotním komplikacím a problémům. Nejčastěji vyjmenovávány jsou následující efekty pozorované u uživatelů těchto přístrojů a taky dokázané v příslušných analytických výzkumech [13]:

- bolesti hlavy nebo závratě hlavy, nespavost
- poruchy soustředění
- pocit těžkosti a vyčerpání, které nebylo způsobené fyzickou námahou
- pocení
- svědění a jiné kožní problémy
- zvýšení krevního tlaku a změny krevního obrazu (změna poměru bílých a červených krvinek)
- změny úrovně hormonů
- poruchy paměti (krátkodobá ztráta paměti)
- zhoršení funkce imunitního systému
- poruchy zraku (změny vidění barev, chvění víček)
- poruchy sluchu

Pořadí a zesílení uvedených příznaků a nepravidelností je náhodné. Každý organismus reaguje individuálně a má různou imunitu na působení tohoto druhu záření. Některé výzkumy dokazují, že záření vytvářené mobilními telefony má značně větší vliv na děti než na dospělé. Dětský imunitní systém je značně slabší než u dospělých lidí. Při působení elektromagnetického záření existuje větší pravděpodobnost potratů.

Převážná většina výsledků výzkumů dokazuje, že záření mobilů vyvolává poruchy v lidském organismu vlivem výskytu tepelných efektů. Teplota je velmi podstatným činitelem, který má vliv na rychlost chemických a biologických reakcí. Absorpce části elektromagnetické energie v živých organismech vyvolává místní vzestup teploty tkání. Zvýšení teploty tkáně může způsobit fyziologické a termoregulační reakce, které vedou k omezení psychofyzických schopností těla. Podobné efekty se vyskytují u osob, které jsou vystavené termickému stresu, např. lidé, kteří pracují v přehřátém prostředí nebo když se zvýší tělesná teplota (horečka). Naštěstí výsledky výzkumů termických efektů vyvolaných vlivem záření mobilních telefonů ukazují, že nárůst teploty tkání v mozku nepřekračuje 1 °C.

Jiné efekty pozorované při dlouhotrvajícím působení záření mobilů jsou například narušení biochemických reakcí, které probíhají v organismu a taky jsou v tkáních indukovány elektrické proudy. Mnohé biochemické reakce, které probíhají v každém zdravém organismu, se vážou na proudy o hustotě řádově 10 mA/m². Proud, který překračuje hustotu 100 mA/m² mohou rušit normální fungování organismu a vyvolávat

mimovolné svalové křeče. Navíc ve výsledcích výzkumů se přišlo taky na to, že ozáření tkání rádiovými vlnami zvyšuje tvorbu stresových proteinů, které stimulují geny. Stresové proteiny jsou v normálních podmínkách vylučovány ve chvílích, když prudce vzrůstá tělesná teplota, ale odborníci si všimli, že podobné jevy se objevují taky během působení rádiových vln, dokonce i tehdy, když je tělesná teplota v normě.

Záření zařízení mobilní telefonie, dokonce velké intenzity, nemůže vyvolat ionizaci v biologických systémech neboli buňkách, rostlinných tkáních, zvířecích nebo lidských.

Výsledky jiných výzkumů provedených nezávisle v 6 výzkumných střediscích dokazují, že záření mobilních telefonů vyvolává zrychlení všech chemických a fyziologických reakcí a zvláště těch, které probíhají v mozku. Mimo mozku jsou nejvíc citlivými orgány na elektromagnetické záření gonády (mužské a ženské rozmnožovací orgány) a oči. Nejméně citlivé jsou ruce a nohy. Velká citlivost očí na záření je důsledkem specifické stavby těchto orgánů, která podporuje kumulaci energie a taky znesnadňuje odvod tepla z očních bulv. Zvláště nebezpečná je rezonance vln, které se může v oku objevit. Ke vzniku těchto rezonancí přispívají kovové předměty, např. obroučky brýlí. Mohou způsobovat lokální nárůst intenzity elektrického pole. Dodatečně kovové brýle mohou vyvolávat průtok proudů do lebky přes kůži, s kterou se stýkají.

Mobilní telefony mohou mít nepříznivý vliv nejenom na práci vnitřních orgánů člověka, ale také na práci různých elektronických zařízení, které jsou implantovány do těla, např. srdečních stimulátorů. V případě některých typů telefonů a taky kardiostimulátorů byly pozorovány poruchy práce těch posledních v případě přibližování telefonní antény k místu implantace stimulatoru

Velkou pozornost budí v současné době hypotézy o vlivu záření mobilů na iniciaci a rozvoj nádorových onemocnění. Výsledky některých studií poukazují na možnost degradace buněk takovým způsobem jako u nádorových onemocnění. Avšak dosavadní vědění o tomto tématu je nedostačující pro formulaci jednoznačných závěrů. Nejčastějším názorem je, že souvislost mezi vlivem rádiových polí a výskytem nádorových nemocí se zdá nepravděpodobná. Ovšem tento stav se z pokračujícími výzkumy mění. O problematice nádorových onemocnění a používání mobilních telefonů pojednává další podkapitola.

Používání mobilů v těhotenství a poruchy chování u dětí

Podle studie, která byla provedena na Kalifornské univerzitě, až 54 % procent matek, které používaly mobil v těhotenství hlásilo u svých dětí hyperaktivitu či emoční problémy. Ke zvýšení rizika stačilo 2krát až 3krát denně používat mobil.

Studie sledovala 13 000 žen. Profesorka Leeka Kheifitsová z Kalifornské univerzity, spoluautorka studie, nejdříve patřila do tábora skeptiků, kteří odmítali, že mobilní telefony mohou představovat jakékoli riziko. Později ale s dalšími autory studie došla k závěru, že s největší pravděpodobností existuje spojení mezi používáním mobilního telefonu v těhotenství a poruchami chování u dětí [14].

3.7 Studie Interphone – stručné shrnutí

Studie Interphone, série mezinárodních případových studií, ustanovená pro určení zda používání mobilních telefonů zvyšuje riziko rakoviny, speciálně, zda radiofrekvenční záření vyzařované mobilními telefony je karcinogenní, je blízko dokončení. Poslední aktualizace je ze 7 ledna 2008. Byly uskutečněny oddělené studie pro neurinom akustiku, gliom, meningiom a tumory průšních žláz. Studie používaly protokol se společným jádrem a byly vedeny v Austrálii, Kanadě, Dánsku, Finsku, Francii, Německu, Izraeli, Itálii, Japonsku, Novém Zélandu, Norsku, Švédsku a Velké Británii.

Studie obsahuje přibližně 2600 gliomů, 2300 meningiomu, 1100 neurinomu akustiku, 400 tumorů průšních žláz a jejich příslušných kontrol. Je to zdaleka největší epidemiologická studie těchto tumorů doposud. Několik metodologických dokumentů, které byly zaslány nebo publikovány (Vrijheid, Deltour a kolektiv, 2006; Vrijheid, Cardis a kolektiv, 2006; Cardis, Richardson a kolektiv, 2007; Berg a kolektiv, 2005; Hepworth a kolektiv, 2006; Parslow a kolektiv, 2003; Samkange-Zeeb a kolektiv, 2004; Lakhola a kolektiv, 2005), adresuje problémy návrhu studie, podíl zaujatosti, eliminaci chyby a vystavení zhodnocení, které jsou základní v interpretaci výsledků studie.

V některých účastnících se zemích byly publikovány výsledky národních analýz vztahu mezi používáním mobilních telefonů a rizikem vzniku specifických typů tumorů (Christensen a kolektiv 2004, 2005; Hepworth a kolektiv, 2006; Hours a kolektiv, 2007; Klæboe a kolektiv, 2007; Lakhola a kolektiv, 2007; Lonn a kolektiv, 2004, 2005, 2006; Sadetzki a kolektiv, 2007; Schlehofer a kolektiv, 2007; Schoemaker a kolektiv, 2006; Schuz a kolektiv, 2006; Takebayashi a kolektiv, 2006, 2008).

Pro gliom, ačkoli se výsledky v čase od začátku používání a množství použití mobilů měnily, počet dlouhodobých uživatelů v jednotlivých státech je malý a výsledky jsou tedy kompatibilní. Sdružování dat z Nordických zemí a části Velké Británie přineslo významně zvýšené riziko gliomu související s používáním mobilních telefonů v období 10ti let a více na straně hlavy, kde se tumor vyvinul (Lahkola a kolektiv, 2007).

V japonské studii (Takebayashi a kolektiv, 2008) bylo vyvinuto úsilí k vyčíslení maximálního množství radiofrekvenční energie absorbované v lokaci tumoru. Takové analýzy dávají OR 1,55 (95% CI 0,57, 4,19) související s nejvyšší kvadraturou kumulativního času telefonu posuzovanou maximálním SAREm založeným na 15 exponovaných případech. OR byl 5,84 (95% CI 0,96, 35,60) pro subjekty s kumulativním maximálním SAREm na hodinu 10 nebo víc W/kg na hodinu. Tento výsledek, který je založen, na několika subjektech (7 případů a 4 kontroly) potřebuje být dále vyšetřován.

Pro meningiom a neurinom akustiku většina národních studií poskytla malou evidenci zvětšeného rizika. Počty dlouhotrvající a častých uživatelů byly v individuálních studiích dokonce menší než pro gliom a brání jakémukoliv definitivnímu závěru o možném spojení mezi používáním mobilního telefonu a rizikem spojeným s těmito tumory. Shromážděná analýza dat z Nordických zemí a Velké Británie našla významně zvýšené riziko neurinomu akustiku spojeného 10letým nebo delším používáním mobilního telefonu na straně tumoru (Schroemaker a kolektiv, 2006).

Pro tumory průšnice nebylo celkově pozorováno zvýšené riziko pro žádnou míru zkoumaného vystavení. V kombinované analýze dat ze Švédska a Dánska (Lonn a kolektiv, 2006) bylo pozorováno nevýznamně zvýšené riziko benigních nádorů na straně používání mobilního telefonu pro používání během doby trvání 10 let nebo delší. V izraelské studii, kde studované objekty inklinovaly k hlášení značně častějšího používání mobilních telefonů, výsledek naznačuje možnost vztahu mezi častým používáním mobilních telefonů a rizikem tumorů průšnic. K potvrzení těchto závěrů jsou třeba dodatečných vyšetření tohoto spojení s delším zpožděním období a velkým počtem těžkých uživatelů. Izraelské studii vedenou Dr. Sadetzki je věnována samostatná podkapitola.

V přípravě jsou dokumenty představující výsledky mezinárodních analýz založených na mnohem větších počtech dlouhodobých a častých uživatelů. Připravují se také podrobnější analýzy zaměřující se na preciznější lokalizaci tumoru s použitím trojdimenzionálních radiologických obrazů a na analýzách efektů radiofrekvenčního vystavení v místech tumoru používajících gradient radiové frekvence vyzařované mobilními telefony.

Výsledky národních analýz vztahu mezi jinými rizikovými faktory a tumory byly také publikovány nebo jsou v přípravě (Berg a kolektiv, 2006; Bethke a kolektiv, Blettner a kolektiv, 2006; Edwards a kolektiv, 2006; Malmer a kolektiv, 2007; Sadetzki a kolektiv, Schlehofer a kolektiv, 2007; Schoemaker a kolektiv, 2006, 2007a, 2007b; Schuz a kolektiv, 2006; Schwartzbaum a kolektiv, 2005, 2007; Wigertz a kolektiv, 2006, 2007). Tyto zahrnují kouření, alergie, rizikové faktory prostředí a práce, lékařskou radiaci a geny.

Další studie se nyní zaměřují na využití informací o profesních expozicích získaných během studie Interphone s cílem:

1. zhodnotit možnou spojitost mezi profesní expozicí k elektromagnetickým polím a gliomem a meningiomem;
2. zhodnotit možná spojení mezi vybranými chemickými profesními expozicemi a těmito nádory;
3. prozkoumat možné součinnosti mezi chemickými a EMF expozicemi a rizikem rakoviny mozku.

Tato práce bude obsahovat zhodnocení profesní expozice na EMF a vybrané chemikálie pomocí potvrzených matic, které budou vypracovány v projektu a zdokonalení tohoto zhodnocení pomocí sjednocení informací s údaji o změnách expozic souvisejících se specifickými průmysly, ve kterých subjekt pracoval, úkoly které prováděl a aktuálními zdroji expozice dostupnými z dotazníku studie Interphone [15].

Izraelská studie

Výsledky izraelské studie, která byla provedena na Telavivské univerzitě, ukazují, že časté a dlouhodobé používání mobilních telefonů a výskyt rakoviny mají spojitost. Každodenní a dlouhodobé používání mobilních telefonů, zvyšuje o 50% pravděpodobnost výskytu benigních nebo maligních nádorů v průšních žlázách,

velkých slinných žlázách mezi čelistmi a ušima. Studii provedla lékařka, epidemioložka, výzkumnice a pedagožka Telavivské univerzity Dr. Siegal Sadetzki.

Přišla na to, že lidé, kteří používají mobilní telefony a žijí ve větší vzdálenosti od vysílačů mobilních telefonů (v odlehlých oblastech, na vesnicích), jsou ve větším ohrožení rakovinou než lidé, kteří žijí ve městech. Příčinou je skutečnost, že mobilní telefony komunikující se vzdálenějším vysílačem nebo přijímačem musí pracovat s vyšším výkonem než telefony v městských oblastech, které mají mnohem hustější pokrytí.

V nedávné době vyvolané nepokoje v drúžské izraelské vesnici Peki'in způsobilo přesvědčení zdejších obyvatel o tom, že mobilní základnové stanice jsou příčinou rostoucího výskytu rakoviny v obci. Naopak, to že odmítli vybudovat blízko mobilní převaděč a téměř všichni používají mobilní telefony, mohlo způsobit vzrůst onemocnění rakovinou.

Podle Dr. Sadetzki je Izrael ideálním místem pro uskutečnění takovéto rozsáhlé studie, protože izraelští občané mobilní technologie využívají v hojně míře. Na rozdíl od některých jiných zemí, v Izraeli mobilní telefony přijali velmi rychle a jsou pořád hojnými uživateli. Míra vystavení záření elektromagnetického pole v této studii je proto vyšší než ve studiích provedených dříve. Populace zahrnuta v této studii nám naznačila, že používání mobilů je ve spojení s výskytem rakoviny.

Studie, které byly provedeny dříve, neprokázaly zvýšenou možnost onemocnění rakovinou u lidí používajících mobilní telefony. Podle Dr. Sadetzki je tomu tak proto, že tyto studie byly orientované na mozkové tumory a nebyli v nich zahrnutí skuteční dlouhodobí uživatelé. Studie Dr. Sadetzki zahrnovala 500 Izraelců, u kterých byly zjištěny benigní a maligní tumory průšních žláz. Do studie rovněž zahrnula jejich zvyky ve vztahu k telefonování a srovnala je se skupinou 1300 zdravých jedinců.

Podle Dr. Sadetzké je nezbytný další výzkum, ale zároveň podporuje bezpečnostní opatření jako jsou handsfree a držení telefonu dále od těla. Tvrdí, že je nezbytné další zkoumání, ale současně podporuje bezpečnostní opatření jako jsou handsfree do sluchátek nebo reproduktorů a držení telefonu dále od těla, při jeho používání [16].

3.8 Jiné ekologické problémy týkající se mobilních komunikací

V současnosti jsou vysouvaný hypotézy, že elektromagnetické záření, v tom také to, které vyzařují mobilní telefony, umocňuje nepříznivé působení jiných faktorů, např. znečištění ovzduší. Výsledky některých výzkumů prokázaly, že toto záření může zvětšovat koncentraci vyskytujících se v ovzduší molekul, kterým se říká aerosoly. Některé z těchto částic mohou obsahovat sloučeniny, které podporují vznikání různých nemocí, např. nádorových.

Kromě nebezpečí způsobených elektromagnetickým zářením se vyskytují také jiné ekologické problémy svázané z mobilními přístroji. Jedním z nich je bezpečné zpracování odpadů z opotřebovaných mobilních telefonů a jejich akumulátorů. Každý rok na světě kolem 25 mln uživatelů mění svoje mobilní telefony na novější nebo vyměňuje jejich baterie. Tímto se každý rok vytváří okolo 2,5 tisíce tun odpadů, které jsou problematické pro další zpracování. Rozhodnutím Evropské unie musí výrobci mobilních telefonů tento odpad zpracovat.

4 Měření SAR mobilních telefonů

4.1 Definice SAR a popis metody měření SAR

SAR je nejvíce spolehlivým ukazatelem zdravotních efektů, které souvisí s teplotou. Je dán jako podíl druhé mocniny intenzity elektrického pole E v daném bodě a hustoty látky ρ , ve které intenzitu měříme, to celé vynásobeno vodivostí σ (6). Měrná vodivost vyjadřuje schopnost látky vést elektrický proud.

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho} \quad (6)$$

Intenzitu elektrického pole uvnitř lidské hlavy se měří na modelu. Tento model má zpravidla tvar lidské hlavy dospělého průměrného muže. Je vyplněn tekutinou, která má podobné elektrické vlastnosti jako tkáň lidská. V úvahu jsou také brány vlastnosti pokožky hlavy a lidské lebky. Měření na modelu má takovýto průběh. Na jedné straně modelu hlavy je přiložen testovaný mobilní telefon v přesně definované poloze, která odpovídá poloze mobilního přístroje během telefonního hovoru. Mobilní stanice vysílá během měření s maximální intenzitou. Během měření snímá intenzitu uvnitř i vně hlavy automatická sonda. Z naměřených hodnot elektrické intenzity se posléze vypočítá

hodnota *SAR* a zhotoví grafické zobrazení. To má nejčastěji podobu map v řezech podle každé ze tří rovin (pravo-levá svislá, předozadní svislá a vodorovná), na nichž jsou barevně odlišeny oblasti podle hodnoty *SAR*.

4.2 Měření SAR mobilního telefonu Samsung SGH-Z140V

Měření SAR bylo provedeno pro telefon Samsung SGH-Z140V. V tabulce č. 7 uvádím specifikace mobilního. Dále uvádím popis testovacích přístrojů, postup měření a naměřené hodnoty pro standardy GSM 900, GSM 1800 a W-CDMA 2000. Hodnoty byly měřeny pro pravou a levou stranu hlavy fantómu a pro pozice „boční“ a „nakloněnou“. Dále následuje vyhodnocení naměřených výsledků a vyvození poznatků.

Tabulka 7 Popis měřeného vzorku (telefonního přístroje)

Zkušební vzorek	trojpásmový GSM a W-CDMA mobilní telefon s bluetooth
Model	SGH-Z140V
Rozsah vysílacích frekvencí Tx	880 – 915 MHz (EGSM900)
	1710 – 1785 MHz (GSM1800)
	1920 – 1980 MHz (W-CDMA)
Rozsah přijímacích frekvencí Rx	925 – 960 MHz (EGSM900)
	1805 – 1880 MHz (GSM1800)
	2110 – 2170 MHz (W-CDMA)
Výkon	33 dBm (EGSM900) / 30 dBm (GSM1800) / 24 dBm (W-CDMA)
Výrobce antény	E.M.W. Antenna Co.Ltd
	Model No. : HFP-01502-0000AA
Rozměry antény	Fixní anténa
	L 12,07 * H 29 * T 7,3(mm)

Popis testovacího vybavení

Robotický systém

Měření byla prováděna pomocí DASY4 (v současnosti je na trhu dostupný model DASY5, který oproti starší verzi přináší nové možnosti a vylepšení), automatického dozimetrického analyzujícího systému. Je vyroben firmou Schmid & Partner Engineering AG (SPEAG) v Curychu a skládá se z vysoce precizního robotického systému (Stäubli), kontroléru robota, měřicího serveru, počítače Samsung, sondy blízkého pole, seřizovacího čidla sondy a dvojitého fantómu SAM obsahujícího materiál ekvivalentní mozkové tkáni. Robot je šestiosý industriální robot vykonávající precizní pohyby, které umístí sondu k místu (bodům) maximálního elektromagnetického pole.

Hardware systému

Buňkový systém kontroléru obsahuje napájecí zdroj, kontrolér robota, ruční ovládací panel (joystick) a dálkové ovládání, které se používá k řízení motorů robota. PC se skládá z počítače Samsung se systémem Windows XP a softwaru pro měření SAR DASY4, LCD monitoru, myši a klávesnice. Robot Stäubli je připojen k buňkovému kontroléru, což umožňuje manipulaci s robotem. Elektronický obvod pro sběr dat (DAE), který zesiluje signál, multiplexuje signál, provádí převod A/D, vyrovnávací měření, mechanickou detekci povrchu, detekci kolizí atd., je připojen k elektrooptickému spojovacímu prvku (EOC). EOC provádí převod z optického na digitální elektrický signál elektronického obvodu pro sběr dat (DAE) a přenáší data na měřicí server.

Elektronika systému

DAE4 se skládá z vysoce citlivého předzesilovače s automatickým nulováním, kanálového multiplexeru a multiplexeru pro spínání zisku, 16-ti bitového AD převodníku, řídicího dekodéru a kontrolní logické jednotky. Přenos k měřicímu serveru je uskutečněn pomocí optického downlinku pro data a stavové informace a optického uplinku pro povely a řádky hodin. Montážní zařízení mechanické sondy obsahuje dva různé senzorové systémy pro čelní a boční kontakty sondy. Jsou také používány pro mechanickou detekci povrchu a kolizní detekci sondy. Robot používá svůj vlastní kontrolér se zabudovaným počítačem s VME sběrnici.

Sonda elektrického pole

Měření *SAR* je prováděno pomocí dosimetrické sondy ES3DV2, navrhnuté v klasickém trojúhelníkovém uspořádání a optimalizované pro dosimetrický výpočet. Sonda je zkonstruována s použitím techniky tlusté vrstvy (s tištěnými odolnými liniemi na keramických substrátech). Jestliže se sonda dotýká povrchu vodorovně, vazba je nulová. Vzdálenost vazebního maxima od povrchu je nezávislá na odrazivosti povrchu a do značné míry nezávislá na úhlu, který svírá sonda a povrch. Software DASY4 zjišťuje odrazivost během doby, kdy software aproximuje a hledá maximum s použitím fitinku druhého řádu. Aproximace je zastavena při dosažení maxima.

Technická data sondy

Konstrukce:

- symetrický design s trojúhelníkovým jádrem
- prokládané senzory
- vestavěné stínění proti statickým výbojům
- materiál PEEK odolný proti organickým rozpouštědlům

Frekvence:

- 10 MHz – 6 GHz
- linearita: $\pm 0,2$ dB (30 MHz až 3 GHz)

Rozměry:

- celková délka: 330 mm (špička: 20 mm)
- průměr špičky: 3,9 mm (tělo: 12 mm)

Aplikace:

- obecná dosimetrie do 5 GHz
- dosimetrie v silných gradientních polích
- testování dodržení *SAR* u mobilních telefonů

Fantom SAM (Specific Anthropomorphic Mannequin)

SAM Twin Phantom v4.0 je zkonstruován ze skeletu z optických vláken integrovaného v dřevěné tabuli. Tvar skeletu je založen na datech z anatomické studie navržené k určení maximální expozice při nejmenším u 90% uživatelů. Umožňuje dosimetrické vyhodnocení použití mobilního telefonu na levé a pravé straně hlavy (držení v levé a pravé ruce), stejně jako připevnění k tělu na ploché oblasti fantomu. Obal zabraňuje odpařování roztoku.

Technická data fantomu

- tloušťka skeletu: 2 ± 2 mm
- plnicí objem: 25 litrů
- rozměry: výška: 810 mm, délka: 1000 mm, šířka: 500 mm

Charakteristika směsi simulující mozek

Mozková směs se skládá z viskózního gelu používajícího hydroxyethylcelulózovou (HEC) krystalizující přísadu a solný roztok. Je použita ochrana baktericidním prostředkem a je provedena vizuální kontrola, že během procesu mixování se nevytvořily žádné vzduchové bubliny. Směs je cejchována, aby splňovala správnou relativní permitivitu a vodivost požadované tkáně.

Tabulka 8 Složení směsi ekvivalentní mozkové tkáně

Ingredience	$f = 900$ MHz	$f = 1800$ MHz	$f = 2000$ MHz
voda	40,29 %	55,24 %	55,30 %
cukr	57,90 %	-	-
sůl	1,38 %	0,31 %	0,28 %
DGBE	-	44,45 %	44,42 %
Baktericidní prostředek	0,18 %	-	-
HEC	0,24 %	-	-
Relativní permitivita [-]	42	40	40
Vodivost [S/m]	0,99	1,38	1,50

Metoda měření SAR

Vyhodnocení bylo provedeno pomocí následující metody.

Krok 1

Měření SAR bylo provedeno na vybraném prostorovém bodě k monitorování změn síly během testu. Tento stálý polohový bod byl změřen a použit jako referenční hodnota.

Krok 2

Rozdělení SAR na nechráněné části hlavy bylo měřeno ze vzdálenosti 3,9 mm od vnitřního povrchu pláště. Prostor pokrýval celou hlavu a horizontální rozestup mřížek byl 20 mm x 20 mm. Na základě údajů plošných snímků se určila plocha s maximální absorpcí pomocí interpolace křivky.

Krok 3

Kolem tohoto bodu byl pomocí měření bodů 7 x 7 x 7 odhadnut rozsah 30 mm x 30 mm x 34 mm (snímek jemného rozlišení objemu, přibližující snímek). Na základě tohoto souboru dat jsme zhodnotili prostorový vrchol SAR pomocí následující metody:

Údaje na povrchu byly extrapolovány, jelikož střed dipólů se nachází 2,7 mm od hrotu sondy a vzdálenost mezi povrchem a nejnižším měřícím bodem je 1,2 mm. Extrapolace byla založena na metodě nejmenších čtverců. Mnohočlen čtvrtého stupně byl vypočítán pomocí bodů v z-osách. Tento mnohočlen byl posléze použit k ohodnocení bodů mezi povrchem a hrotem sondy. Maximální interpolační hodnotu jsme našli pomocí přímého algoritmu „Straightforward“. Kolem tohoto maxima, hodnoty SAR dosahující nad prostorové objemy (1 g nebo 10 g) byly vypočítány pomocí algoritmu 3-D interpolace křivky. 3-D křivka se skládá ze tří jednorozměrných křivek splňujících podmínku „Not a knot“ („ne uzel“) (ve směrech x, y a z). Objem byl integrován s trapezoidálním algoritmem. K vypočítání průměru bylo integrováno 1000 bodů (10 x 10 x 10). Všechny sousední objemy byly zkoumány tak dlouho, dokud nebyl nalezen žádný sousední objem s vyšší hodnotou.

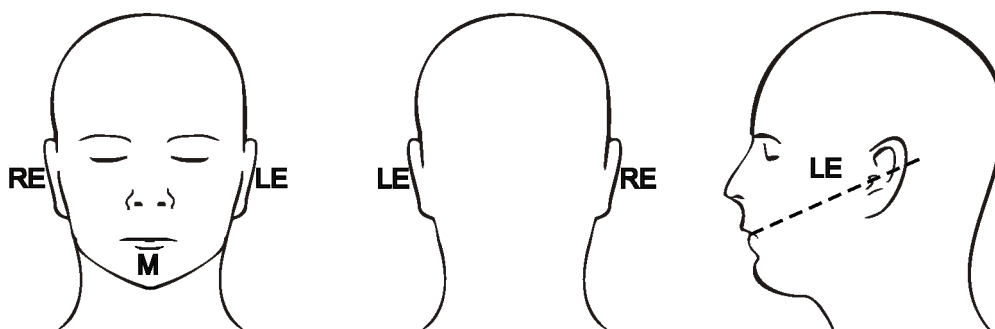
Krok 4

Hodnota SAR byla měřena na stejném místě jako v bodu 1. Pokud by se hodnota změnila o více než 5%, vyhodnocení by bylo opakováno.

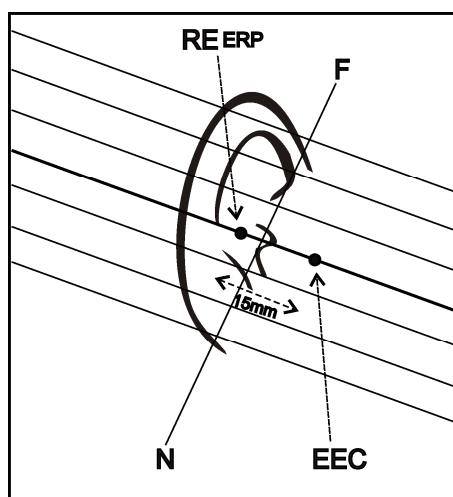
Popis testovací polohy

Sdružený tvar

Obrázek 3 ukazuje přední, zadní a boční pohledy na SAM. Bod „M“ je referenčním bodem středu otvoru úst, „LE“ je referenčním bodem levého ucha a „RE“ je pravý referenční bod ucha (ERP). Referenční body ucha se nacházejí 15 mm posteriorně ke vstupu do ušního kanálu (ERP) podél řady B-M (zadní otvor), jak ukazuje obrázek 4.

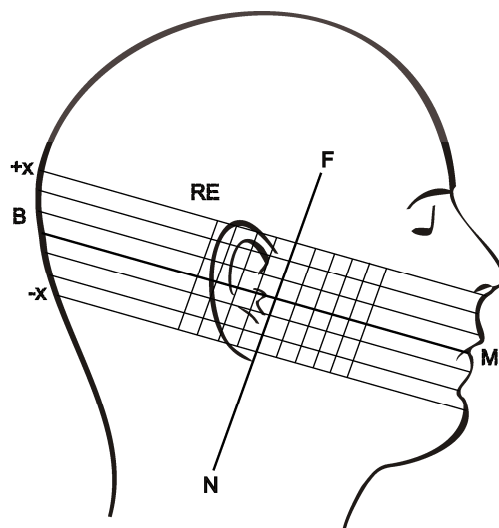


Obrázek 3 Přední, zadní a boční pohled na SAM



Obrázek 4 Boční pohled zblízka

Plocha procházející skrze dva ušní kanály a M je definována jako referenční plocha. Čára N-F (šíje-před) kolmá k referenční ploše procházející skrze „RE“ (nebo „LE“) je nazývána „referenční otočnou čarou“ (obrázek 5). Čára B-M je kolmá k čáře N-F. Obě čáry B-M a N-F by měly být označeny na vnějším sdruženém plášti k usnadnění umístění telefonu. Vrstva fantomního pláště ve tvaru ucha je rovinnou plochou o tloušťce 6 mm u referenčního bodu ucha.



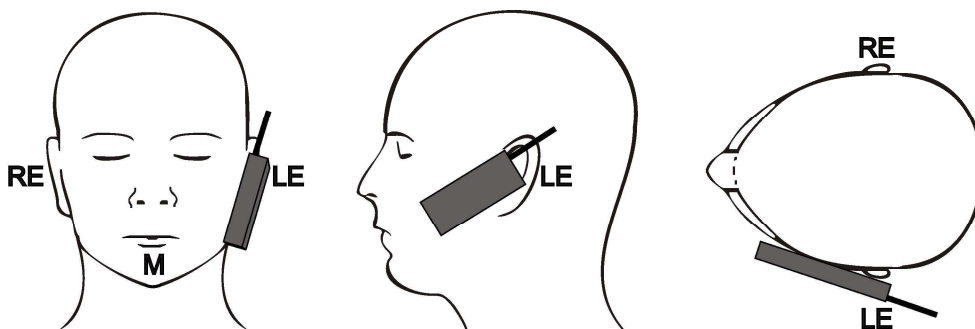
Obrázek 5 Boční pohled ukazující významné značení

„boční“ poloha

Na telefonu byly vytvořeny dvě imaginární linie: vertikální osa a horizontální osa. Testovací zařízení bylo umístěno v normální provozní poloze, přičemž „referenční bod testovacího zařízení“ umístěn podél „vertikální osy“ ve předu zařízení byl zarovnán na „referenční bod ucha“. „Referenční bod testovacího zařízení“ byl umístěn na stejné úrovni jako střed referenčního bodu ucha. Testovací zařízení bylo umístěno tak, aby „vertikální osa“ protínala přední povrch telefonu na počátečním a koncovém okraji, a tak umístila „referenční bod ucha“ na vnější povrch jak levého, tak pravého fantómu na referenčním bodu ucha.

Krok 1

Testovací zařízení bylo umístěno spolu s telefonem v blízkosti povrchu fantómu tak, že bod A na (virtuálním) prodloužení čáry prochází body RE a LE nacházejícími se na fantómu (obrázek 6) a rovina definována vertikální osou a horizontální linií telefonu je téměř paralelní se sagitální (předozadní) rovinou fantómu.



Obrázek 6 Přední, boční a horní pohled u boční/lícní polohy

Krok 2

Telefon byl posouván směrem k fantómu podél čáry procházející RE a LE do doby než se telefon dotknul ucha.

Krok 3

Zatímco jsme udržovali telefon v této rovině, přičemž bod A se nacházel na linii procházející RE a LE a telefon měl kontakt s uchem, telefon byl otáčen kolem linie NF tak dlouho, až se každý bod na telefonu spojil s fantómním bodem pod uchem (tváří) (obrázek 4).

„nakloněná“ poloha (obrázek 7)

S testovacím zařízením vyrovnaným do přímky s „boční“ polohou:

Krok 1

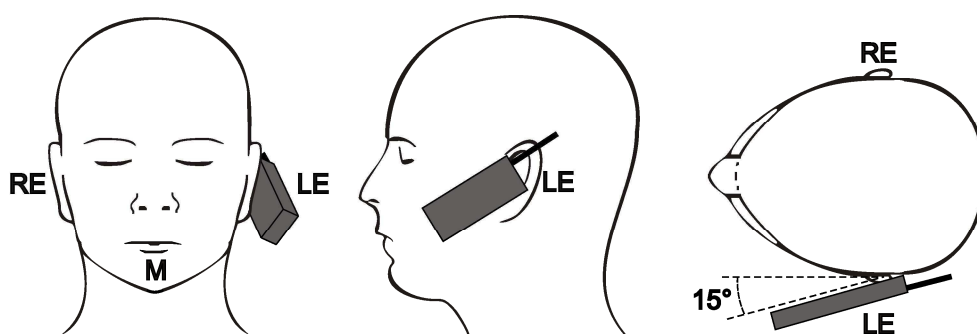
K umístění zařízení do polohy „boční/dotykové“ se opakovaly kroky 1-5 z předchozího bodu.

Krok 2

Zatímco jsme udržovali směr telefonu byl telefon paralelně stažen zpět do referenční roviny v dostatečné vzdálenosti, aby umožnil rotaci telefonu o 15 stupňů.

Krok 3

Poté jsme telefon otočili kolem horizontální linie o 15 stupňů.



Obrázek 7 Přední, boční a horní pohled u nakloněné/ušní polohy

Krok 4

Zatímco jsme udržovali směr telefonu, byl telefon přesouván do referenční roviny tak dlouho, až se každá část telefonu dotýkala hlavy. V této poloze byl bod A umístěn na linii RE-LE. Nakloněné polohy lze dosáhnout, pokud je kontakt na vějířku. Nakloněné

polohy jsme dosáhli poté, co byla jakákoli část telefonu v kontaktu s uchem a rovněž druhá část telefonu byla v kontaktu s hlavou.

Výsledky měření

Teplota v laboratoři: 22,8 °C

Teplota roztoku: 21,1 °C

Tabulka 9 Výsledky měření pro GSM 900

Pozice	Strana hlavy	Frekvence		SAR [W/kg] pro 10 g
		MHz	Kanál	
boční	levá	897,4	37	0,660
nakloněná	levá	897,4	37	0,198
boční	pravá	897,4	37	0,630
nakloněná	pravá	897,4	37	0,173
boční	levá	880,2	975	0,770
nakloněná	levá	914,8	124	0,632

Teplota v laboratoři: 22,7 °C

Teplota roztoku: 21,4 °C

Tabulka 10 Výsledky měření pro GSM 1800

Pozice	Strana hlavy	Frekvence		SAR [W/kg] pro 10 g
		MHz	Kanál	
boční	pravá	1747,4	698	0,386
nakloněná	pravá	1747,4	698	0,267
boční	levá	1747,4	698	0,479
odkloněná	levá	1747,4	698	0,224
boční	levá	1710,2	512	0,492
boční	levá	1784,8	885	0,392

Teplota v laboratoři: 22,8 °C

Teplota roztoku: 21,7 °C

Tabulka 11 Výsledky měření pro W-CDMA 2000

Pozice	Strana hlavy	Frekvence		SAR [W/kg] pro 10 g
		MHz	Kanál	
boční	pravá	1950,0	9750	0,750
nakloněná	pravá	1950,0	9750	0,192
boční	levá	1950,0	9750	0,655
nakloněná	levá	1950,0	9750	0,145
boční	pravá	1922,4	9612	0,588
boční	pravá	1977,6	9888	0,487

Každé z těchto měření bylo provedeno pro plně nabitou baterii. Jak je vidět z výsledků měření, testované zařízení splňuje ve všech případech limit *SAR*, který jak víme, je v ČR určen na maximální hodnotu 2W/kg. Velmi důležitým poznatkem, který můžeme z tohoto měření vyvodit je rozdíl v hodnotě specifické míry absorpce pro „boční“ a „nakloněnou“ polohu. V tabulce 12 uvádím poměry boční a nakloněné pozice pro znázornění tohoto poznatku. Nejmenší rozdíl mezi pozici boční a odkloněnou můžeme pozorovat pro pásmo GSM 1800 a to poměry 1,45 a 2,14, největší rozdíl pak je u pásma W-CDMA 2000 a to poměry 3,91 a 4,52. Z těchto poznatků můžeme vyvodit, že důležitým faktorem pro velikost lokálního měrného absorbovaného výkonu je držení mobilu u hlavy osobou vedoucí telefonní hovor. I malé odklonění přístroje od hlavy (cca 15°) způsobí rozdíl až 350 % v velikosti *SAR*, který absorbuje mozková tkáň.

Tabulka 12 Poměr mezi boční a nakloněnou polohou

Pásmo	Pozice	Strana hlavy	Frekvence		SAR [W/kg] pro 10 g	Poměr boční/odkloněná [-]
			MHz	Kanál		
GSM 900	boční	pravá	897,4	37	0,630	3,64
	nakloněná				0,173	
	boční	levá			0,660	3,33
	nakloněná				0,198	
GSM 1800	boční	pravá	1747,4	698	0,386	1,45
	nakloněná				0,267	
	boční	levá			0,479	2,14
	nakloněná				0,224	
W-CDMA 2000	boční	pravá	1950	9750	0,750	3,91
	nakloněná				0,192	
	boční	levá			0,655	4,52
	nakloněná				0,145	

4.3 Návrhy minimalizace rizik spojených s používáním mobilního telefonu

Podklady pro minimalizaci záření z pohledu vývoje mobilních telefonů

Vzhledem k tomu, že výsledky mnoha výzkumů potvrzují negativní působení vysílačů mobilních telefonů na lidský organismus, projektanti těchto systémů se snaží minimalizovat nepříznivé účinky těchto přístrojů. Tyto opatření se týkají změn v systému přenosu elektromagnetické energie a také konstrukci samotných mobilních

telefonů. Kromě toho je vyvíjeno úsilí, aby se zmenšil výkon základnových stanic a mobilních telefonů při zachování stejné kvality přenosu informací. Realizuje se to zhušťováním sítí základnových stanic. Modernizuje se také mobilní telefony např. změnou konstrukce vysílacích antén. Zvláště se zaměřuje na takový tvar antén, které mají co nejmenší vyzařování směrem k hlavě.

Zkoumá se taky a zavádí k užívání různorodé přístroje zmenšující škodlivé působení signálu vysílače telefonu. Preferuje se např. systém handsfree, který dovoluje vzdálení vysílače od citlivých lidských orgánů.

Handsfree je zařízení, které umožňuje telefonovat bez toho, abychom drželi telefon u ucha (anglicky handsfree = volné ruce). Handsfree dělíme na několik typů a to na:

- bezdrátové,
- hlasité,
- pevné
- osobní.

Bezdrátové handsfree je mikrofón a sluchátko, které se připevní na hlavu a má dosah až 10 m. Hlasité handsfree je zabudováno přímo do telefonu. Při telefonování s hlasitým handsfree může telefon ležet na stole. Osobní handsfree má podobu sluchátek do uší, a na kabelu je umístěn mikrofón. Pevné handsfree je instalováno přímo do prostředí, například do auta. Takové handsfree není možno přenášet. Telefon se s handsfree propojí prostřednictvím „držáku“, na kterém je konektor, novější typy této verze handsfree lze také propojovat technologií bluetooth [17].

Kontroverzní je používání přídavných displejů a absorberů. Jejich použití může být pro volající osobu negativní. V případě, když mluvící osoba stojí tak, že rádiový signál musí projít přes displej a hlavu, aby se dostal na základnovou stanici, tak vysílač telefonu a základnová stanice musí zvětšit svůj výkon, aby získaly požadovanou kvalitu přenosu. Takže v tomto případě volající osoba absorbuje větší dávku záření, než v případě kdyby nepoužila přídavný displej.

Doporučení pro minimalizaci rizik spojených s používáním mobilních telefonů

Níže jsou uvedeny některé doporučení způsobu použití, kterých dodržování může ve značné míře omezit negativní působení mobilních přístrojů. Tyto doporučení se týkají

také možnosti využití různorodého dodatečného vybavení.

- A. Zvětšení vzdálenosti mezi nejvíc citlivými částmi lidského těla (hlava) a mobilními telefony
 - 1) používání sluchátkových sad – osobní handsfree (mobilní telefon ve větší vzdálenosti od hlavy)
 - 2) používání hlasitých handsfree s vnitřní anténou – možnost hovoru, když je telefon dále od hlavy
 - 3) používání hlasitých handsfree s vnější anténou (v autech je anténa na střeše vozidla) – telefonování uvnitř vozidla při zavřených dveřích s cílem minimalizace působení vnější antény
 - 4) odklonění mobilního telefonu od hlavy během hovoru (i malé odklonění zmenší absorbovanou energii i několikanásobně)
- B. Krácení délky hovoru
- C. Minimalizace používání mobilů, když je slabý signál
- D. Vypínání mobilu v místech, kde není signál (v opačném případě se bude mobil snažit spojit se základnovou stanicí zkoumajíc, jestli už je schopen přijímat signál a v tomto okamžiku bude působit s plným výkonem)
- E. Používání telefonů se směrovými anténami, které zmenšují emise ve směru hlavy uživatele
- F. Při vedení hovoru v uzavřených objektech přiblížení k oknu, aby vysílač a základnová stanice mohly pracovat s menším výkonem
- G. Sundání brýlí, kterých kovové části se mohou v některých případech chovat jako dodatečná anténa a nepříznivě měnit rozložení elektromagnetického pole okolo hlavy.

5 Závěr

Uveřejněné výsledky výzkumů a také teoretické úvahy týkající se hodnocení škodlivosti vyzařování mobilní telefonie dovolují na formulaci následujících závěrů:

1. Vyzařování pocházející od mobilních telefonů a základnových stanic není lhostejné pro lidské zdraví. Počet a zesílení nepříznivých efektů záleží od velikosti elektromagnetické energie pohlcené daným organismem a také na jeho imunitních vlastnostech a samoregeneračních schopnostech.

2. Stále rostoucí počet základnových stanic a mobilních telefonů přispívá k značnému zvýšení úrovně elektromagnetického pozadí (smogu) vyskytujícího se v místech, kde se zdržují lidé, což nepříznivě působí na jejich zdraví.
3. Projektanti systémů mobilních komunikací se snaží vyvíjet přístroje, které by měly, co nejmenší negativní dopad na člověka (minimalizace hodnoty *SAR*).
4. K zmenšení tohoto dopadu na člověka je doporučeno řídit se podle doporučení uvedených v kapitole 4.3.
5. Obecně není možné jednoznačně říci jaké účinky a v jakých podmínkách pro lidský organismus vyvolává záření pocházející od zařízení mobilních komunikací. Je to ještě stále poměrně mladé odvětví telekomunikací. Nutné jsou další výzkumy a pozorování.

Hlavním závěrem plynoucím z měření *SAR* mobilního telefonu je, že i malé odklonění mobilního telefonu od hlavy významně snižuje lokální *SAR*.

Byly taky analyzovány dosavadní výsledky studie Interphone (dokončení studie se očekává v průběhu roku 2008), které ukazují např., že časté a dlouhodobé používání mobilních telefonů, může zvyšovat riziko výskytu rakoviny v oblastech, kde se mobilní telefon přikládá k uchu.

Stále se však nikomu jednoznačně nepodařilo potvrdit jednoznačný negativní vliv mobilních telefonů na lidský organismus, jako tomu je například u tabákových výrobků. Dle mého názoru bude potřeba ještě rozsáhlejší studie, která by zahrnula mnohem větší část světové populace než tomu je u dosud nejrozsáhlejší studie Interphone. Do této studie by se mělo zapojit, co nejvíc zemí a měla by se co nejvíc sjednotit metodika a vyhodnocování poznatků.

Mobilní telefony se staly součástí současného světa a bez ohledu na různé pochybnosti a možná ohrožení je těžké si představit nutnost jejich omezení nebo dokonce existenci bez nich. Existuje však nezbytná nutnost vedení dalších výzkumů, které dovolí lépe poznat nebezpečí a určit účinnější způsoby jeho minimalizace.

6 Seznam literatury a použitých zdrojů

- [1] RYVOLA, R., VALENTA, J. Národní kmitočtová tabulka. *TELEKOMUNIKACE*, 1998, č. 12.
- [2] Ministerstvo dopravy a spojů ČR – Český telekomunikační úřad. *Národní kmitočtová tabulka*. Praha 1997. ISBN 80-85884-79-8.
- [3] HANUS, S. *Rádiové a mobilní komunikace*, Skripta FEKT VUT v Brně. Brno: Vysoké učení technické, 85 stran.
- [4] SVOBODA, Jaroslav, et al. *Telekomunikační technika - díl 3. : Telekomunikační sítě a služby*. 1. vyd. Praha : Huthig&Beneš, 1999. 136 s. ISBN 80-901936-7-6.
- [5] ŠÍSTEK, Pavel. *Informace NRL č. 10/2001: Základní principy GSM v souvislosti s posuzováním expozičních situací v okolí základnových stanic* [online]. 2001 [cit. 2007-12-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.szu.cz/chpnp/?cat=elmag&page=nrl10>>.
- [6] SVAČINA, J. *Základy elektromagnetické kompatibility: přednášky*. 2. vydání. Skripta FEKT VUT v Brně. Brno: Vysoké učení technické, 2005, 155 stran.
- [7] *Nařízení vlády z 22. listopadu 2000, č. 480/2000 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením*. Sbírka zákonů, Česká republika, ročník 2000, částka 139, str. 7582-7621.
- [8] PEKÁREK, L. Zdraví a mobilní telefony. *Centrum pracovního lékařství* [online]. 2007 [cit. 2007-10-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.szu.cz/chpnp/?page=cellphones>>.
- [9] Proceedings of International Seminar on Biological Effects, Health Consequences and Standards for Pulsed Radiofrequency Fields. Erice, Sicily, Italy. 21. - 25. November 1999.
- [10] VALBERG, Peter A., VAN DEVENTER, T. Emilie, REPACHOLI, Michael H. Workgroup Report: Base Stations and Wireless Networks—Radiofrequency (RF) Exposures and Health Consequences. *Environmental Health Perspectives* [online]. 2007, vol. 115, no. 3 [cit. 2007-12-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.ehponline.org/members/2006/9633/9633.html>>.
- [11] Mezinárodní pracovní seminář WHO "Citlivost dětí k elektromagnetickým polím". Istanbul, 9. až 11. června 2004.

- [12] PEKÁREK, L. Zdraví a mobilní telefony. *Centrum pracovního lékařství* [online]. 2007 [cit. 2007-10-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.szu.cz/chpnp/?page=cellphones>>.
- [13] KARWOWSKI, A. Narażenia elektromagnetyczne powodowane przez urządzenia telefonii. *Przegląd Telekomunikacyjny*. 1997, nr. 12, s. 758-765.
- [14] *Používání mobilů v těhotenství má vliv na poruchy chování u dětí* [online]. 20. 5. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.novinky.cz/clanek/140230-pouzivani-mobilu-v-tehotenstvi-ma-vliv-na-poruchy-chovani-u-deti.html>>.
- [15] *INTERPHONE Study : Results update – 7 February 2008*. [s.l.] : [s.n.], 2008. 7 s.
- [16] HALEVI, Ezra. *Izraelská studie: Silné užívání mobilních telefonů vede k rakovině* [online]. 04. 03. 2008 [cit. 2008-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://eretz.cz/content/view/5193>>.
- [17] *Co je to handsfree ?* [online]. c2007 [cit. 2008-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.doplstyl.cz/drzak-na-mobil-kancelari-i-87/>>.