



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Skrytá hrozba elektromagnetismu komunikačních sítí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: **OCHRANA OBYVATELSTVA**

Autor: Bc. Miroslav Hynek

Vedoucí práce: Mgr. Zuzana Freitinger-Skalická, Ph.D.

České Budějovice 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem „*Skrytá hrozba elektromagnetismu komunikačních sítí*“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 08.06.2020

.....

Miroslav Hynek

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Mgr. Zuzaně Freitinger-Skalické, Ph.D. za vstřícný přístup, ochotu, odborné vedení diplomové práce, cenné rady a připomínky, které mi při zpracování diplomové práce poskytla.

Skrytá hrozba elektromagnetismu komunikačních sítí

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vlivem elektromagnetismu komunikačních sítí na lidský organismus. Hlavním cílem je analýza odpovědí respondentů na používání zařízení, která generují elektromagnetické vlny. Dalším cílem je popsání veličiny SAR, která může stanovit škodlivost elektromagnetických vln na organismus. Posledním cílem je zmapování a poskytnutí obrazu výskytu různých vln ve zvolených lokalitách.

V rámci hlavního cíle byla stanovena hypotéza, že 30 % respondentů bude denně vystavena vlnám blížícím se hraniční povolené hodnotě SAR. K ověření hypotézy byl sestaven dotazník, osloveni žáci, pedagogové i široká veřejnost, a následně byla provedena analýza otázek porovnáním v tabulce a za pomoci statistického šetření. Druhého cíle bylo dosaženo prostudováním legislativních norem, odborných zahraničních článků a oficiálních stránek klíčových společností, které spravují protokoly a standardy komunikačních zařízení. Poslední cíl byl splněn za pomoci diagnostických aplikací a práci v terénu, kde byly měřeny hodnoty signálů ve vytipovaných lokalitách.

Původní hypotéza nebyla prokázána, možné ohrožení je na mnohem nižší hranici a s nástupem nových technologií, společně s dodržováním nastavených limitů a norem, by docházelo k ohrožení zdraví zcela výjimečně. Druhý cíl byl splněn přehledným popisem a zjištěním, že výrobci tuto veličinu akceptují. Poslední cíl byl dosažen podrobným průzkumem, interaktivitou během vlastního měření a demonstrací optimalizace wifi sítě.

Výstupy diplomové práce budou využity ke zlepšení informovanosti veřejnosti o skrytých hrozbách elektromagnetismu. Práce může dále sloužit dalšímu prozkoumání vlivu nastupujících generací komunikačních zařízení a technologií.

Klíčová slova

Elektromagnetismus; elektromagnetické záření; neionizující záření; komunikační zařízení; router; BTS; GSM; mobilní telefon; Wi-Fi; Bluetooth; SAR

The hidden threat of electromagnetism of communication networks

Abstract

The diploma thesis deals with the influence of electromagnetism of communication networks on the human body. The main goal is to analyze the respondents' answers on their use of devices generating electromagnetic waves. The next goal is to describe the SAR value that can determine the harmfulness of electromagnetic waves on the body. The last goal is to explore and provide an picture of the occurrence of various waves in selected localities.

As part of the main goal, it was hypothesized that 30 % of respondents will be exposed daily to electro-magnetic waves approaching the SAR limit. To verify this hypothesis, a questionnaire survey was conducted, addressed to students, teachers and the public, and then an analysis of key questions was performed by a comparison in a contingency table and with the help of a statistical survey. The second goal was achieved by studying legislative norms, professional foreign articles and official websites of key companies that manage protocols and standards of communication devices. The last goal was achieved with the help of diagnostic applications and fieldwork, in which the values of signals in selected localities were measured.

The original hypothesis was not proven; the possible threat is at a much lower limit and with the advent of new technologies in conjunction with compliance with the set limits and standards, a health threat could occur very rarely. The second goal was met by a clear description and the finding that manufacturers accept this limitation. The last goal was achieved by a detailed survey, interactivity during the actual measurement and demonstrations of optimizing Wi-Fi networks.

The outcomes of the thesis will be used to improve public awareness of the hidden threats of electromagnetism. The work can also serve to further explore the impact of the coming generations of communication devices and technologies.

Key words

Electromagnetism; electromagnetic radiation; non-ionizing radiation; communication devices; a router; BTS; GSM; a mobile phone; Wi-Fi; Bluetooth; SAR

OBSAH

Obsah	6
Úvod.....	8
1 Teoretická část.....	9
1.1 Záření	9
1.1.1 Ionizující záření	11
1.1.2 Neionizující záření.....	12
1.1.3 Elektromagnetické záření pro komunikaci	13
1.2 Komunikační technologie	17
1.2.1 Propojená pomocí kabelu.....	25
1.2.1.1 Metalické propojení (měděné, ethernet).....	25
1.2.1.2 Optické propojení (fiber).....	27
1.2.2 Bezdrátově propojená	28
1.2.2.1 GSM	30
1.2.2.2 Wi-Fi.....	33
1.2.2.3 Bluetooth	35
1.2.2.4 Infračervené paprsky	35
1.2.2.5 Rádiové přenosy	36
1.2.2.6 Televizní přenosy	37
1.2.2.7 Satelitní vysílání	38
1.2.3 Elektromagnetický smog	39
1.2.3.1 Zdroje	39
1.2.3.2 Vliv na organismus.....	40
1.3 Specifická míra absorpce	42
1.4 Právní normy, hygienické předpisy.....	44
1.5 Studie škodlivosti	46
2 Cíle práce.....	48

3	Hypotéza.....	49
4	Metodika.....	50
5	Výsledky.....	58
5.1	Dotazník.....	58
5.1.1	Porovnání hodnot v tabulce.....	66
5.1.2	Statistické šetření.....	67
5.2	Popis veličiny SAR.....	70
5.3	Zmapování výskytu různých vln ve vytýčených lokalitách.....	71
5.3.1	GSM pokrytí v Jindřichově Hradci.....	71
5.3.2	Wi-Fi pokrytí v panelovém domě.....	80
6	Diskuse.....	88
6.1	Diskuse k jednotlivým otázkám dotazníku.....	88
6.2	Diskuse k veličině SAR.....	93
6.3	Diskuse k měření signálu.....	94
	Závěr.....	95
	Seznam literatury.....	96
	Seznam obrázků.....	101
	Seznam tabulek.....	103
	Seznam příloh.....	104
	Seznam zkratk a výrazů.....	105
	Přílohy.....	106

ÚVOD

Technologický vzestup, vzrůstající tlak na kvalitu, rychlost a dostupnost komunikačních procesů, to je hybná síla současných vývojářů k nabídce nových komunikačních produktů. Je snaha objevovat nové postupy, možnosti, technologie, zdroje nebo ty současné ještě více optimalizovat. Nynější technologie se snaží objevit cestu k ještě propracovanějším technologiím. Vývojářští lídři investují mnoho peněz a lidských zdrojů k tomu, aby vyzkoušeli i netradiční postupy, jako je třeba ukládání dat do buněčných struktur. Někdy to však nevede k inovativním produktům, tyto jsou jen mírně odlišné, například kapacitou paměti, velikostí záznamových obrazových bodů či rychlostí výpočetního výkonu. V konečném důsledku však tyto vlastnosti nebudou rozhodující, protože nebudou vůbec využity. V segmentu informatiky je mnoho let poptávka po snížení spotřeby energie. U výroby procesorů již narážíme na hranici, kdy je ještě možné vymodelovat tranzistory z křemíku, proto se hledá cesta po zcela jiných výrobních alternativách. Další vlastnost komunikačních zařízení jsou signálové interference nebo produkce elektromagnetických vln. Současné komponenty jsou navrženy tak, že tyto vlastnosti nativně obsahují a nelze je nahradit, ani zcela odstranit. Tyto je třeba potlačit nebo šikovně odstínit, aby nedocházelo k možným nežádoucím účinkům nebo interferencím. Některé informace o vlastnostech a parametrech nejsou dostupné v obecných produktových specifikacích, ale měly by ovlivňovat možnost výběru. Mnoho zákazníků by jistě preferovalo produkt, který není na hranici schválené normy (výkonové limity antén) nebo produkuje nežádoucí signály (neschválené frekvence).

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Záření

Záření je emise energie ve formě vlnění nebo částic skrze prostor nebo hmotu. Může vznikat přirozeně z přírodních zdrojů, či uměle jako důsledek lidské činnosti. Vzhledem k tomu, že záření je součástí každodenního lidského života, je velice důležité znát jeho vlivy na biologické systémy. Využívat jejich příznivé vlastnosti a chránit se před škodlivými účinky. Podle vlnové délky (resp. frekvence) lze rozlišit několik druhů záření. Zářetí lze klasifikovat jako ionizující a neionizující, přičemž oba typy mohou být nebezpečné pro člověka i další živé organismy (Darmová, 2009).

Záření (vlnění) je tvořené elektrickou a magnetickou složkou, jejichž vektory jsou v rovinách na sebe kolmých a jejich kmity mají různý směr. Často tedy používáme pojem elektromagnetické záření, a protože může nabývat několika druhů, souhrnně mluvíme o elektromagnetickém spektru (Darmová, 2009).

Vlnová délka (na obrázku 1) je vzdálenost, kterou urazí vlna za dobu jednoho kmitu (jedné periody). Je to vzdálenost dvou sousedních bodů, které kmitají ve stejné fázi. Vlnová délka vynásobená kmitočtem dává rychlost vlnění. Značí se řeckým písmenem λ (lambda) a uvádí se v metrech (nanometrech, milimetrech apod.). Pro elektromagnetické vlnění se délka vlny spočítá vzorcem:

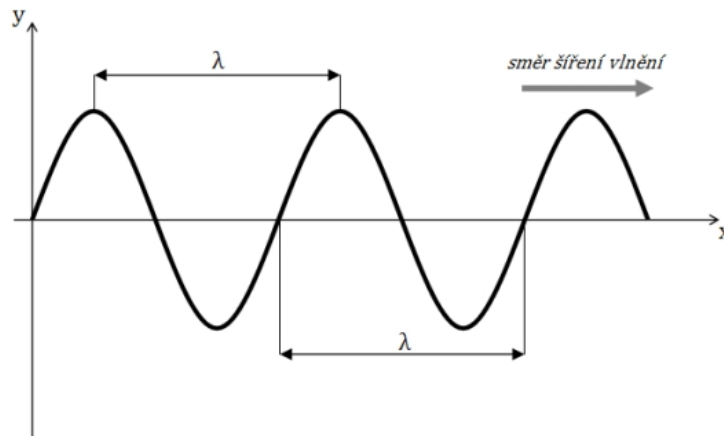
$$\lambda = c / f$$

kde:

λ ... vlnová délka

c ... rychlost světla

f ... frekvence



Obrázek 1: Vlnová délka (zdroj: cs.wikipedia.org/wiki/vlnová_délka)

Výpočet závisí na rychlosti šíření elektromagnetických vln = rychlost světla. Pro účely názornosti výpočtu se počítá jen se zaokrouhlenou hodnotou (ve vakuu):

$$c = 300\,000\,000 \text{ m/s}$$

Pro přesné výpočty šíření ve vakuu by bylo potřeba zadávat:

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

Rychlost šíření elektromagnetických vln různými materiály je nižší.

V praxi se počítá vlnová délka nejčastěji v radiotechnice. Nejvíce v pásmu od krátkých vln (KV), přes televizní kanály (UHF) až po Wi-Fi (2,4 GHz). Proto se používá zjednodušený vzorec:

$$\text{Vlnová délka (lambda)} \quad \lambda = 300 / f \text{ [m]}$$

Frekvence představuje počet kmitů za sekundu. Součin frekvencí elektromagnetického záření a vlnové délky je roven rychlosti šíření kmitů, což je u elektromagnetického záření rychlost světla (c). Značí se písmenem f a uvádí se v hertzech (Hz, kHz, MHz, GHz).

Mezi frekvencí a časovou periodou platí vztah:

$$f = 1 / T$$

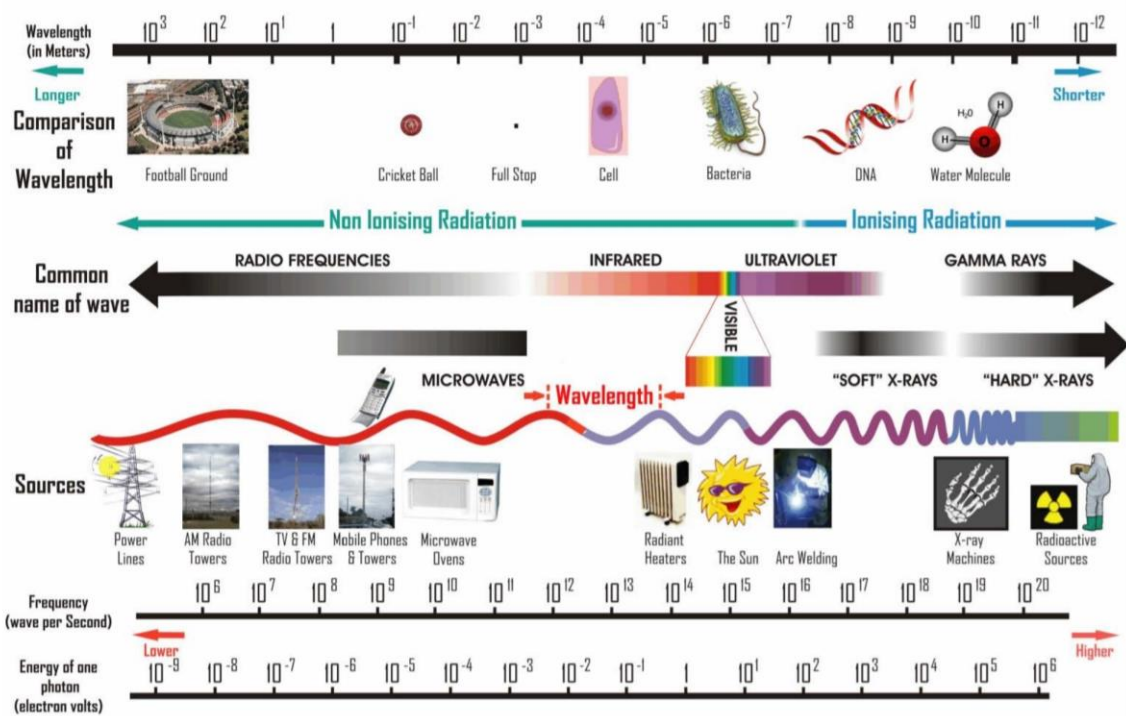
kde:

f ... frekvence

T ... časová perioda (sekunda)

Vzorec udává počet kmitů za sekundu; udává se v s^{-1} a jednotkou je hertz (Hz), který odpovídá jednomu kmitu za sekundu. Pro elektromagnetické vlnění se frekvence spočítá vzorcem:

$$\text{Frekvence (kmitočet)} f = 300 / \lambda \text{ [MHz]}$$



Obrázek 2: Elektromagnetické spektrum (zdroj: <https://www.gizmodo.com.au/science>)

1.1.1 Ionizující záření

Ionizující záření (na obrázku 2 jako Ionising Radiation) je souborné označení pro záření, jehož kvanta mají energii na to, aby přímo či nepřímo odtrhovaly (tj. ionizovaly) podél své dráhy elektrony z elektronového obalu atomů. Tímto procesem vzniká z daného

atomu kladný iont, zatímco uvolněný elektron reaguje s dalším atomem a dává iont záporný – vzniká iontový pár. Iontové záření je tedy přenos energie, který může být buď ve formě hmotných částic, či ve formě vln elektromagnetického záření. Nicméně z hlediska Einsteinova principu duality je možné každé částici připsat i vlnovou délku (u mikročástic nacházíme chování částicové i vlnové), takže název ionizující záření zahrnuje obě entity (Ionizující záření, 2020).

Do ionizujícího záření se tradičně zařazuje:

- rentgenové záření (fotony, v anglicky hovořících zemích X-radiation nebo X-ray),
- záření α (proud heliových jader ${}^{24}\text{He}$),
- záření β (proud elektronů nebo pozitronů),
- záření γ (fotony),
- neutronové záření (Ionizující záření, 2020).

Využití ionizujícího záření můžeme zaznamenat například průmyslovém odvětví (defektoskopie – nedestruktivní zkouška materiálu), lékařství (diagnostika a terapie), při kontrolních procesech jak zavazadel, tak i cestujících na letištních terminálech a v neposlední řadě v jaderné energetice (Darmová, 2009).

1.1.2 Neionizující záření

Je takové elektromagnetické záření, jehož energie není dostatečná na odtržení elektronu z elektronového obalu atomu, nebo molekuly. Záření tedy nemá schopnost ionizovat atomy, či molekuly. Neionizující záření je v rozsahu frekvencí od 0 Hz až do hodnot řádově 10^{15} Hz. Kromě elektromagnetického záření považujeme jako neionizující i statické a magnetické pole.

Neionizující záření (na obrázku 2 jako Non Ionising Radiation) začíná na nejvyšších frekvencích s nejkratší vlnovou délkou, tedy zářením ultrafialovým. Pouze velmi malou část neionizujícího záření je člověk schopen vnímat smysly. Je to záření tzv. viditelné, s vlnovou délkou 400 nm – 780 nm, pro jehož vnímání máme speciální orgán – oči. Neviditelné infračervené záření člověk vnímá podle pocitu ohřívání kůže, ultrafialové záření způsobí zhnědnutí kůže, při velké dávce úžeh. Ostatní části elektromagnetického spektra člověk smysly nevnímá vůbec (Pekárek, 2006).

1.1.3 *Elektromagnetické záření pro komunikaci*

Elektromagnetické vlny jsou přítomny všude kolem nás. Nerespektují hranice států, ale státy na ně pohlížejí rozdílně. Jednotlivé státy mají seznam rozsahů vln (kmitočtů), které spravují. Někde je určitá část frekvenčního pásma vyhrazena pro využívání určitého druhu komunikačního zařízení, ale jinde tato frekvence může kolidovat s již používaným systémem, proto musí být omezena z důvodů kolize a rušení signálů. Nemusí to být přímo celý překryv stejného rozsahu, může se jednat jen o drobný přesah pásem nebo jeho těsnou blízkost, protože i to může rušení vyvolat. Proto se stává, že v některých zemích některá zařízení fungují bezproblémově, ovšem v jiných nikoliv. Příkladem mohou být mobilní telefony z čínského trhu, které neobsahují komponenty generující frekvenční vlny, jaké podporuje tuzemský operátor. Naštěstí jsou tato zařízení vybavena několika dalšími režimy, takže je velká pravděpodobnost, že nějaký režim bude kompatibilní. V těchto případech je žádoucí, aby si zákazník aktivně zjistil, jaký tuzemský operátor podporuje režim přenosu dat a na jaké frekvenci.

Národním správcem vlnových kmitočtů v oblasti komunikace je Český telekomunikační úřad (ČTÚ), který je v gesci Ministerstva průmyslu a obchodu. Vyhláška č. 423/2017 Sb., o plánu přidělení kmitočtových pásem (národní kmitočtová tabulka), pojednává o plánu přidělení kmitočtových pásem. Tato vyhláška má název Plán přidělení kmitočtových pásem a obsahuje kompletní přehled frekvencí, které jsou na naše území rezervované pro konkrétní potřeby. Radiokomunikační systémy využívají k přenosu informace volné prostředí (volný prostor), ve kterém je informace přenášena od vysílače k přijímači prostřednictvím rádiových vln. Rádiovými vlnami nazýváme elektromagnetické vlnění v kmitočtovém pásmu 10 kHz až 3000 GHz (tabulka 1), což odpovídá vlnovým délkám v rozsahu 30 km až 0,1 mm (Informace o využívání rádiových kmitočtů, 2018).

Tabulka 1: Kmitočtová tabulka – komunikační spektrum

Č. pásma	Kmitočet	Délka vlny	Symbole	Český název	Příklady využití
1	< 3 Hz	100,000 km	ELF	extrémně nízká	Komunikace s ponorkami
2	3–30 Hz	100,000 – 10,000 km	SLF	super nízká	Komunikace s ponorkami
3	30–300 Hz	10,000 – 1000 km	ULF	ultra nízká	Komunikace v dolech
4	3 – 30 kHz	100 – 10 km	VLF	velmi dlouhé	Komunikace s ponorkami, bezdrátové měřiče pulsu
5	30 – 300 kHz	10 – 1 km	LF	dlouhé	Navigace, časové signály, AM vysílání (dlouhé vlny)
6	300 – 3000 kHz	1000 – 100 m	MF	střední	AM vysílání (střední vlny)
7	3 – 30 MHz	100 – 10 m	HF	krátké	Krátkovlnné vysílání a amatérské rádio
8	30 – 300 MHz	10 – 1 m	VHF	velmi krátké	FM rádiové
9	300 – 3000 MHz	10 – 1 dm	UHF	ultra krátké	Televizní vysílání, radioamatérské vysílání, mobilní telefony, Wi-Fi, komunikace typu země-vzduch nebo vzduch-vzduch
10	3 – 30 GHz	10 – 1 cm	SHF	centimetrové	Mikrovlnná zařízení, Wi-Fi, většina moderních radarů a radioamatérské vysílání
11	30 – 300 GHz	10 – 1 mm	EHF	milimetrové	Radioastronomie, vysokorychlostní mikrovlnný přenos dat a radioamatérské vysílání
12	300 – 3000 GHz	1 – 0,1 mm	-	-	Noční vidění - infračervené spektrum

Zdroj:

<https://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/stranky/539/soubory/narodnikmitoctovatabulka.pdf>

Radiokomunikační systémy lze rozdělit podle různých hledisek. Podle způsobu realizace rádiového spojení je dělíme na jednosměrné a obousměrné, podle použité technologie na analogové a digitální, podle struktury použitých sítí na systémy buňkové a nebuňkové (samostatné, izolované). Další dělení je možné podle toho, zda lze systém připojit k veřejné telekomunikační případně i jiné síti nebo zda systémy využívají družic či nikoliv atd. (Národní kmitočtová tabulka, 2017).

Velice důležité je hledisko mobility, podle kterého se rozdělují radiokomunikační systémy na stacionární (pevné, fixní) a mobilní. Mezi stacionární systémy můžeme zařadit například systémy pro radioreléové spoje, využívající úzce směřových antén, obecně potom všechny systémy realizující rádiové spojení mezi pevnými body na zemském povrchu. U mobilních systémů se může jeden, případně oba účastníci vzájemné komunikace pohybovat. Maximální rychlost pohybu účastníka komunikace s mobilní stanicí MS (mobilním terminálem MT) je závislá na použitém mobilním systému a bývá v rozsahu od jednotek km/hod. až do několika stovek km/hod. Pomocí mobilních systémů lze tedy účastníkům vzájemné komunikace poskytnout tzv. pohyblivé služby. Ze všech

uvedených typů pohyblivých služeb bude v následujícím textu věnována pozornost pouze tzv. pozemní pohyblivé službě. Mobilní systémy, které tyto služby zajišťují, se proto také někdy nazývají systémy pozemní pohyblivé služby a jsou označovány zkratkou PPS (Národní kmitočtová tabulka, 2017).

Podle možnosti přístupu veřejnosti k poskytovaným službám dělíme dále systémy PPS na systémy veřejné a neveřejné, které lze podle druhu služby poskytovanou účastníkovi ještě rozdělit následujícím způsobem (Národní kmitočtová tabulka, 2017).

Veřejné systémy PPS:

- Veřejné radiotelefonní systémy (např. GSM).
- Systémy pro bezšňůrové telefony (např. DECT).
- Veřejný rádiový paging (např. ERMES).
- Veřejné datové systémy (např. MOBITEX).

Neveřejné systémy PPS:

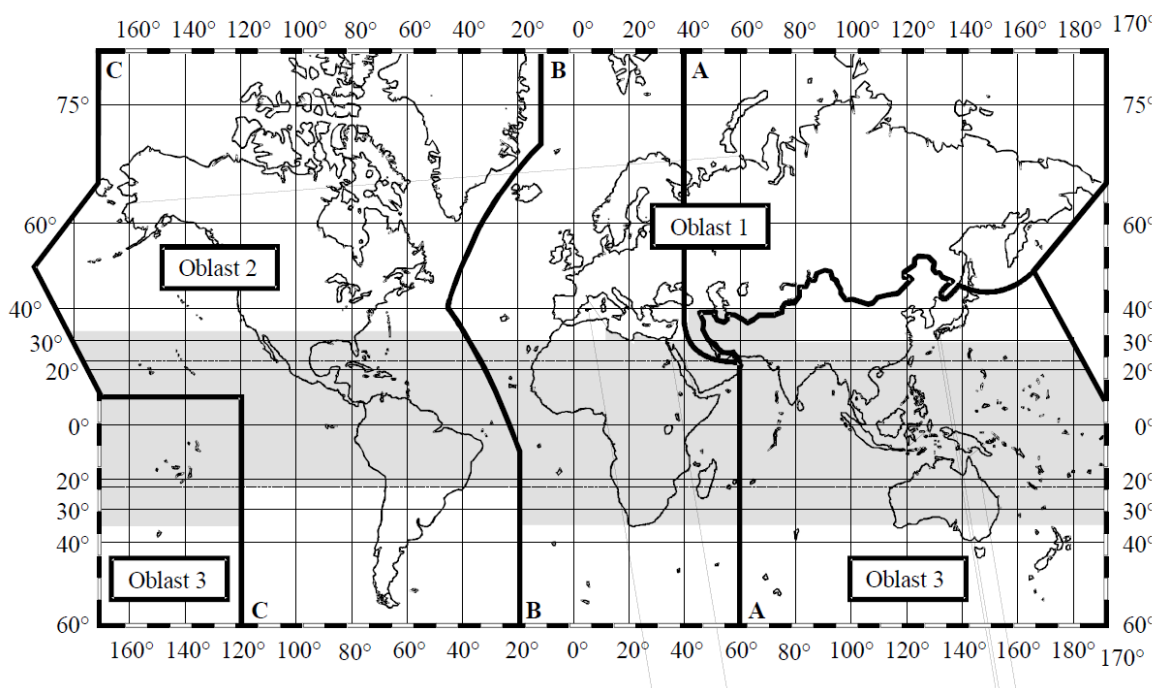
- Hromadné radiotelefonní systémy (např. TETRA).
- Dispečerské systémy.
- Neveřejný rádiový paging.
- Neveřejné datové systémy.
- Speciální systémy.

Neveřejné systémy jsou určeny pro uzavřené skupiny uživatelů, jako jsou bezpečnostní složky, hasiči, záchranná služba, energetika, ale i stavební podniky, dopravní podniky atd. Typické pro tuto kategorii je, že systémy nejsou běžně a trvale připojeny do veřejných telekomunikačních sítí. Pokud to některé služby vyžadují, je propojení na telekomunikační síť možné, ale pouze v jednom směru, případně je zprostředkováno dispečerem (Národní kmitočtová tabulka, 2017).

Uvedené rozdělení systémů však v současné době začíná ztrácet na významu, neboť stále častěji a ve větší míře se začínají radiotelefonní systémy a sítě používat k přenosu „klasických“ datových signálů, a naopak datové systémy a sítě se začínají používat i k přenosu digitalizovaných hovorových signálů. Při přenosu hovorových signálů v datových sítích (Voice over Data networks – VoD) lze rozlišit způsoby VoFR (Voice over Frame Relay), VoATM (Voice over ATM) a VoIP (Voice over IP). Přestože přenos

VoD není zatím masově rozšířen, je považován za velice perspektivní, především pro vysoce efektivní využití přenosové kapacity sítě. Naopak přenos datových signálů v radiotelefonních sítích (Data over Voice – DoV) je v současné době již rozšířen do takové míry, že v nejbližší době jeho objem přesáhne objem přenosu hovorových signálů (Národní kmitočtová tabulka, 2017).

Kromě národních pravidel přiřazení kmitočtových pásem, která máme v České republice harmonizovaná se směrnicí EU (směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/114/ES ze dne 16. září 2009), je celosvětové území rozčleněné na tři oblasti (obrázek 3), které mají svá pravidla pro využívání frekvenčního pásma. Mezi oblastmi může docházet k překryvu frekvencí s rozdílnými službami a je nutné vymezit priority pro jednotlivé služby v případě kolize. Pro takový případ definuje Radiokomunikační řád jednotlivých oblastí tzv. služby přednostní neboli primární (v Kmitočtové tabulce jsou zapsány velkými písmeny) a služby podružné neboli sekundární (jsou zapsány malými písmeny). Zařízení podružné služby nesmí působit škodlivé rušení zařízením přednostních služeb a nemohou ani nárokovat ochranu před jejich rušením (Národní kmitočtová tabulka, 2017).



Obrázek 3: Základní rozdělení pásem (zdroj: www.ctu.cz/narodni-kmitoctova-tabulka)

1.2 Komunikační technologie

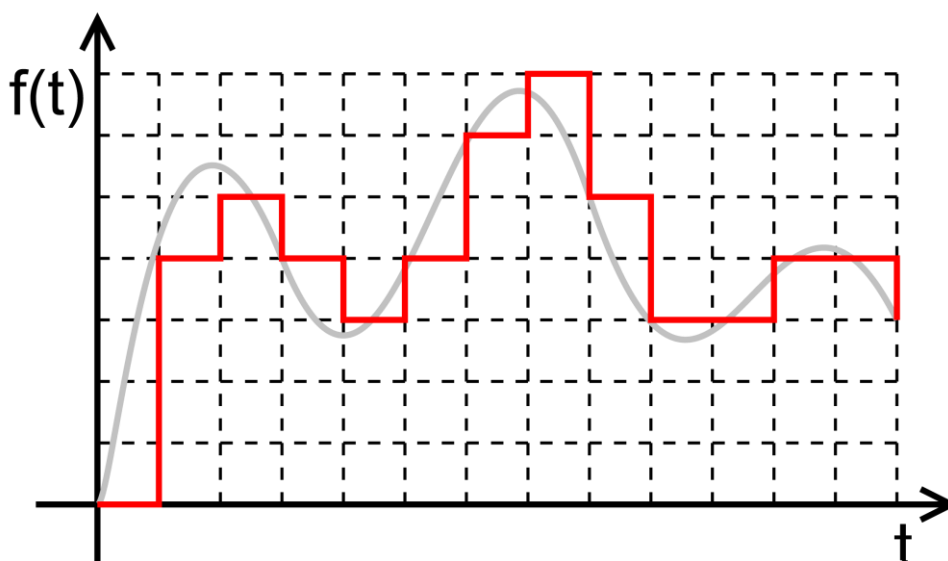
Bez přenosu informací bychom se v životě neobešli a v tom současném jsou informace čím dál cennější komoditou. Ze všech stran je tlak získávat informace co nejrychleji a zdroje mít co nejdostupnější. Informace můžeme šířit mnoha způsoby a v této práci se zaměřím na šíření pomocí elektromagnetického pole, přesněji složkou neionizačního záření. Nicméně pro vykreslení celkové struktury se dotknu i ostatních způsobů přenosu informací.

Naváží na obrázek 2, o přehledu elektromagnetického spektra, a zobrazenou vlnu nazvu signálem. Tento signál má tvar sinusové vlny a v souvislosti s komunikací tuto vlnu mohu nazvat jako analogový signál. Ten je spojitý v čase, tady jeho vlna má ucelený, rovnoměrný tvar, a může nabývat libovolných hodnot (tvaru vlny) v rámci maximálních krajních limitů. V počátcích přenosu informací a nedávné minulosti se komunikovalo právě jen za pomoci analogových signálů. Ovšem díky technologickému pokroku, nástupem počítačové techniky a digitálních zařízení se i v oblasti přenosu dat přistoupilo k digitalizaci (Digitální záznam, 2006).

Diskrétní signálu (na obrázku 1) je zobrazen červenou barvou, jehož okamžitá hodnota se na rozdíl od analogového signálu (zobrazen šedou barvou) nemění spojitě s časem. V určitém čase můžeme čísla zachytit, kde v grafu se analogová vlna nachází. Za další časové úseky zaznamenáme další hodnoty. Tento proces se nazývá vzorkování a z výsledných hodnot lze sestavit signál. Čím více dat (vzorků), tím více se přiblížíme ke kvalitě (věrnosti) analogového signálu. Respektive čím jemnější bude šachovnice tím přesnější bude popis vlny. Takto se digitalizují třeba audio a video signály (Digitální záznam, 2006).

Pokud se hodnota signálu mění jen v izolovaných okamžicích, hovoříme o vzorkovaném signálu; pokud signál může v libovolném okamžiku nabývat jednu z pouze konečného počtu hodnot, mluvíme o kvantovaném signálu (obrázek 4). V praxi se obvykle obě metody kombinují, a výsledný signál se nazývá digitální signál. Určitý časový úsek digitálního signálu lze vyjádřit konečnou posloupností celých čísel z určitého intervalu (Digitalizace vzorkováním, 2008).

Digitální signál lze použít pro aproximaci analogového signálu. Výhodou digitálního signálu je, že nepodléhá postupnému zhoršování vlivem šumu, a že jej lze zpracovávat na (digitálních) počítačích (Digitalizace vzorkováním, 2008).



Obrázek 4: Signál analogový a diskrétní (zdroj: cs.qwe.wiki/wiki/digital_signal)

V současném digitálním světě většina zařízení umí zpracovat informace jen v podobě binárního kódu, který si za pomoci komponent a programů, dále zpracovává do strojových instrukcí. Ty už může zpracovat a poskytnout nám žádaný výstup. Z dřívějších aplikací zpracování analogových signálů pro přenos informací bylo nezbytné, aby se přistoupilo na jednotný postup, jak pro digitální přenos informací přistupovat. V digitální informatice je přenos informací proces, kdy je z jednoho bodu na druhý přenášén signál, který by v daném okamžiku představuje jedničku nebo nulu (V počítači jsou jen jedničky a nuly, 1998).

Komunikaci lze definovat jako proces, během kterého člověk, skupina lidí či organizace (odesílatel) odešle určitý typ informace (zprávu), jinému člověku, skupině lidí, organizaci (příjemce). Proces komunikace začíná v tom okamžiku, kdy jedna strana chce určitou myšlenku vyslat straně druhé. Odesílatel musí myšlenku transformovat do formy, kterou může odeslat a která bude srozumitelná příjemci. Tato transformace se nazývá „kódování“ – převedení myšlenky do mluvené či psané formy. Můžeme využívat různé komunikační kanály. Příjemce musí být schopen dekódovat naše sdělení a porozumět mu. Příkladem může být lodní komunikace, kdy se vysílá světelnou lampou Morseovův kód. Tedy na jedné straně se za pomoci světelné lampy vysílá sekvence krátkého a dlouhého světla v intervalech, které odpovídají určitému znaku. Světlo se šíří vzduchem a na druhé straně je zachycené světlo přeloženo na informaci (Vymětal, 2008).

Protokol je předpis pravidel, který musí vykonat nějaká součást zařízení (třeba vysílač wifi signálu) aby nastal přenos dat mezi dvěma koncovými body (aktivní prvky). V nejjednodušší podobě protokol představuje pravidla řídicí syntaxi (správně zvolené příkazy), sémantiku (příkazy do věty, které dává smysl) a synchronizaci vzájemné komunikace (nesmí docházet ke kolizím, vše probíhá popořadě). Protokoly mohou být realizovány hardwarově, softwarově, nebo kombinací obou (Vymětal, 2008).

V současné době můžeme zařízení propojit pomocí kabelů (měděné nebo optické) nebo bez nich (je využíváno elektromagnetické vlnění v prostoru). Při komunikaci na delší vzdálenost často dochází ke střídání způsobu propojení. Například když chceme z notebooku navázat videokonferenci s uživatelem, který používá mobil a nachází se v jiném v jiném státě, můžou data putovat za pomoci wifi sítě, metalických a optických kabelů, nakonec za pomoci technologie LTE (Vymětal, 2008).

Komunikační cestu rozdělujeme na drobnější nesourodé úseky, které komunikují za pomoci jiné technologie, nicméně díky rozhraní a kompatibilitě mohou informace procházet celou cestu až k cíli. Dílčí úseky můžeme nazvat aktivními a pasivními prvky komunikace. Jsou stejně důležité oboje, jedno bez druhé nemůže být a tvoří dokonalý přenosový systém. V dnešních komplikovaných síťových topologiích může nastat dílčí výpadek spojových uzlů a informace si najde cestu k cíli jinými uzly. Ale jsou zde jednotlivé kritické prvky komunikační infrastruktury, které nesmí zkolabovat, protože by přemostění nenastalo (Vymětal, 2008).

Pasivní síťové prvky:

Představují části komunikační sítě, které nemusíme přímo napájet elektrickým proudem. Jsou závislé na aktivních prvcích, ze kterých čerpají energii ke své funkcionalitě. Jsou nezbytnou součástí každé počítačové sítě. Kabely se používají pro přenos velkých objemů dat na dlouhé vzdálenosti, kde je proti bezdrátovému přenosu výhodu nepřekonatelný rozdíl. V datových centrech, serverovnách a organizacím v je použití pasivních prvků nezbytné zejména kvůli stabilitě přenosu dat a dosahovaným rychlostem. A nedochází zde k takovému rušení, jako v případě bezdrátového přenosu (Pasivní síťové prvky, 2017).

Pasivní prvky rozdělujeme:

- Kabely – nejrozšířenější jsou metalické kabely (ethernet, UTP), které jsou tvořeny čtyřmi kroucenými páry měděných kabelů. Informace se jimi šíří tak, že je do kabelu puštěn elektrický signál určitého vyššího či nižšího napětí. Typicky bývá velikost napětí pouze +5 V nebo –5 V. Při paralelním vedení s elektrickou sítí či dalším ethernetovým rozvodem, může dojít k datovému rušení (interference). Na cílovém zařízení můžeme zachytit například 4,5 V, ale je velká pravděpodobnost, že se jedná o hodnotu 5 V, která byla zkreslena rušením o velikosti 0,5 V. Těmito interferencemi netrpí kabely se speciální vrstvou, která obtočená kolem celého kabelu (FTP) nebo dokonce kolem jednotlivých žil uvnitř (STP). Rychlejší přenos dat nabízí optické kabely, které mají uvnitř dutý skleněný válec (jádro), kudy se šíří světlo. To v určitém sledu vysílá laser z aktivního prvku. Historicky můžeme objevit i síťové rozvody tvořené koaxiálními kabely. Byla snaha využít i elektrické rozvody a data šířit touto cestou, ale řešení se pro nízkou přenosovou rychlost a nevýhody topologie neujalo.
- Vzduch – zde je možné šířit signál prostřednictvím vln, které mohou být na různé frekvenci. Současné moderní a nejrozšířenější způsoby komunikace jsou technologie nazvané Wi-Fi, Bluetooth, LTE. a budu je popisovat v kap 1.2.
- Konektory, spojky, zásuvky, rozbočovače – kabely se musí nějak zakončit, spojit, někde strčit nebo se jejich cesty rozdělí, a proto je třeba zmínit i tyto součásti datové komunikace. I zde jsou dražší varianty, které jsou stíněné, eliminují interference a nepropouští (Pasivní síťové prvky, 2017).

Aktivní síťové prvky:

Tyto prvky potřebují zdroj elektrické energie, kterou využívají ke generování elektromagnetických vln dle obsažených komponent. Některá zařízení obsahují několik typů integrovaných modulů a dokáží informace zpracovávat i několika způsoby najednou. Pro laika jsou to nedůležitá zařízení, která jsou většinou schovaná tak, aby je neviděl, nicméně pro plynulý informační tok jsou velmi důležitá. Jejich nastavení je komplikovanější a neodborný zásah může vyřadit velký komunikační uzel (TCP/IP a ethernet – cesta v síti, aktivní síťové prvky, 2005).

- Switch (síťový přepínač) – dokáže posílat data jen v místní síti. Najdeme ho převážně uvnitř organizací nebo v páteřní síti mezi městy. Tyto prvky neobsahují komponenty

pro bezdrátové připojení. Zadní část (obrázek 5) obsahuje mnoho portů (zásuvek) pro kabelové propojení, metalické či optické (Spurná, 2010).



Obrázek 5: Switch (zdroj: www.cisco.com/c/cs_cz/products/switches)

- Router (síťový směrovač) – dokáže poslat data mezi více sítěmi a vždy se nachází na posledním místě přes bránu do Internetu (alternativní pojmenování je gateway). Přejít mezi domácí (či firemní) sítí a sítí Internet zajišťují společnosti, které jsou pověřeny národním poskytovatelem pro dílčí lokální sítě. Označují se jako ISP (Internet Service Provider) a národním koordinátorem je společnost CZ.NIC (www.nic.cz). Domácí uživatelé a firmy se obrací na lokální ISP, kteří s nimi uzavírají smlouvy o připojení a zároveň jim většinou instalují router s patřičným nastavením. Jednodušší a levnější varianty najdeme většinou v domácnostech, kde nejsou příliš velké požadavky na správu a kontrolu datových přenosů. Firemní routery musí splňovat především bezpečnostní podmínky pro odvrácení pokusů o proniknutí do systému z venku. Router zvládne všechny funkce, které nabízí switch, navíc umí propojit více sítí a má přístupné grafické rozhraní pro nastavení všech funkcí. Obsahuje komponenty pro bezdrátové připojení, nejčastěji technologii Wi-Fi. Za pomoci integrované či externí antény vysílá elektromagnetické vlny na frekvencích kolem 2,4 a 5 GHz. Wi-Fi router je také nazýván jako Access Point (AP). Dalším režimem může být role repeater, která umožňuje přijímat wifi signál v místech, kde nedosahuje signál hlavního AP. Repeater přijme od hlavního AP datový paket a přešlává jej připojenému uživateli. Jednotkou výkonu vyzařovaného signálu je efektivní izotropický vyzářený výkon (EIRP, Effective Isotropical Radiated Power), což je výkon vyzářený bodovou anténou do všech směrů (reálné

antény nejsou nikdy bodové). EIRP se měří ve Watech [mW] nebo dB miliwatt [dBm], kdy platí, že $\text{dBm} = 10 \log(\text{mW})$. Limit daný Českým telekomunikačním úřadem, který stanovuje maximální vyzářený výkon zařízení na **100 mW (2,4 GHz)**, **1 W (5 GHz)** (Spurná, 2010).

Vyzařovací výkon je dán součtem:

- vysílacího výkonu (v dBm),
- útlumu na kabelech a konektorech (záporný, v dBm),
- zisku antény (v dBi) (Spurná, 2010).

Např. router Cisco 1200 S: (na obrázku č. 6)

- regulace výkonu implicitně nastaveno na: $19 \text{ mW} = 12,8 \text{ dBm}$,
- kabel (několik desítek centimetrů, konektory, redukce): -7 dB ,
- kvalitní externí anténa (směrová): 24 dBi ,
- celkem: $12,8 \text{ dBm} - 7 \text{ dB} + 24 \text{ dBi} = 29,8 \text{ dBm}$,
- převedeno: 794 mW (hodnota se vydělí počtem kanálů),
- limit pro 2,4 GHz pásmo je 100 mW (Cisco ME 1200 Series Carrier Ethernet Access Devices, 2000).



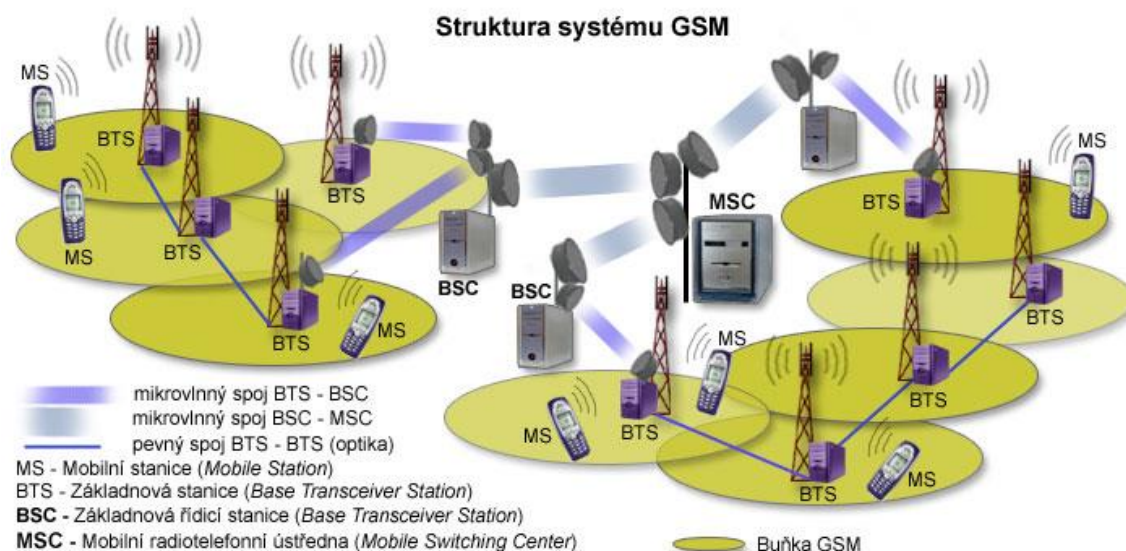
Obrázek 6: Wi-Fi router Cisco (zdroj: www.cisco.com/c/cs_cz/products/routers)

- Server – tento prvek slouží jako management datových toků a operátor přístupu. Bývá propojen s kaskádou dalších aktivních prvků a pro komunikaci s koncovými klienty je napojen na síť antén (Spurná, 2010).



Obrázek 7: Základnová stanice EGSM (zdroj: www.motorolasolutions.com)

- BTS (Base Transceiver Station) – jedná se o stanice, které mají za úkol vysílat a přijímat radiové signály v síti GSM tuzemských mobilních operátorů (O2, T-Mobile, Vodafone). Tyto koncové stanice jsou rozmístěné pro celé republiky na speciálních stožárech nebo na objektech, které jsou vysoké, aby pokryly GSM signálem co největší venkovní prostor (obrázek 8). Na jednotlivých místech bývají umístěny často antény více operátorů a kumulativní výkon signálu může být v daném místě velmi vysoký. BTS stanice jsou umístěné i ve velkých organizacích uvnitř budov ve formě appliance (obrázek 7) s rozmístěnými anténami a zajišťují pokrytí GSM signálu uvnitř budovy (obchodní centra, výrobní závody, velké budovy) (Hanus, 2003).



Obrázek 8: Základnové stanice v systému GSM (zdroj: www.elektrorevue.cz)

- Terestriální vysílače – v současné době je téměř dokončen přechod na DVB-T2 (Digital Video Broadcasting – Terrestrial 2. Generation), což je pozemní šíření digitální televize a rozhlasu za pomoci sítě 287 vysílačů a dokrývačů (Hanus, 2003).

Na počátku se komunikační technologie vyvíjely rychle, chaoticky, nebyla informovanost a domluva mezi vývojáři. Způsoby propojování bylo nahodilé, řešilo se ad hoc a síť nebyla homogenní. Spojení nebylo stabilní a muselo se komplikovaně optimalizovat. Bylo to nepřehledné jak pro výrobce zařízení, tak pro vývojáře technologií. Proto vznikly společnosti, které sdružovaly informace od výrobců a vývojářů. Na základě posouzení technické dokumentace, testování v provozu, možnosti kompatibility a dalších parametrů, by nastavily pravidla v podobě standardů a protokolů pro společný směr všech zainteresovaných (Hossein, 2004).

Jeden z parametrů je také splnění hygienických norem, které jsou v daných zemích nastaveny místními úřady jako limitní. Mezi nejdůležitější organizace, které nastavují pravidla a sledují jejich plnění v oblasti norem, v současnosti patří:

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) - mezinárodní nezisková profesní organizace usilující o vzestup technologie související s elektrotechnikou.
- FCC (Federal Communications Commission) je nezávislá komise regulující komunikaci mezi jednotlivými státy USA.

- WHO (World Health Organization) je koordinační autorita v mezinárodním veřejném zdraví. Mimo jiné zaštiťuje výzkumy, zda elektromagnetické pole kolem mobilních telefonů má negativní vliv na zdraví.
- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) je mezinárodní komise specializovaná na ochranu před neionizujícím zářením. Činnosti organizace zahrnují stanovení limitů expozice elektromagnetickým polím používaným zařízeními, jako jsou mobilní telefony.

1.2.1 Propojená pomocí kabelu

Přenos dat se v počítačových sítích (a samozřejmě nejen zde) děje pomocí vlnění a používají se primárně tři přenosová média:

- metalické kabely – přenos pomocí elektrického potenciálu,
- optické kabely – přenos pomocí světla,
- vzduch (případně i vzduchoprázdno) – bezdrátový (wireless) přenos pomocí mikrovln, rádiových vln či infračerveného světla.

1.2.1.1 Metalické propojení (měděné, ethernet)

U metalických kabelů se zmíním pouze o kroucené dvojince, se staršími koaxiálními kabely se snad již dnes nesetkáme (a jiné možnosti jsou ojedinělé). Všechny běžné telekomunikační sítě dnes využívají přenosovou technologii Ethernet (obrázek 9), ta definuje (ve standardech IEEE 802.3) i použitou kabeláž, přístup k síti, posílání signálů, rychlosti, atd. Podle podporované přenosové rychlosti existují různé standardy Ethernetu, které využívají kroucenou dvojlinku Kroucená dvojlinka (Twisted Pair), používá se zkratka TP, je tvořena čtyřmi páry vodičů (wire), které jsou po celé délce pravidelným způsobem zkroucené. Zlepšují se tím elektromagnetické vlastnosti kabelu, minimalizují se přeslechy (crosstalk) a omezuje vyzařování elektromagnetického záření (do okolí a příjem z okolí). Každý vodič má ochrannou izolaci (často z polyethylenu) a všechny vodiče jsou společně zabaleny do pláště (často z PVC). Klasický a nejvíce rozšířený kabel je standardní nestíněná kroucená dvojlinka UTP (Unshielded Twisted Pair). Kategorie kabeláže definuje minimální parametry, které jsou kladeny na kabely. Určuje různé úrovně výkonu, co se týče šířky pásma signálu, útlumu a přeslechů. Obecně čím vyšší kategorie, tím podporuje vyšší přenosové rychlosti. Různé standardy Ethernetu vyžadují určitou kategorii kabeláže (Pužmanová, 1998).

Hlavní kategorie kabeláže:

- kategorie 5e (Cat 5e, Class D) – pro FastEthernet (využívá dva páry) a GigabitEthernet (využívá všechny čtyři páry), používá stíněnou i nestíněnou kabeláž, šířka pásma 100 MHz, konektor RJ45 (8P8C),
- kategorie 6 (Cat 6, Class E) – podporuje 10 Gbps Ethernet, ale pouze do 55 metrů, používá stíněnou i nestíněnou kabeláž, šířka pásma 250 MHz, konektor RJ45 (8P8C),
- kategorie 6a (Cat 6a – augmented, Class EA) – podporuje 10 Gbps Ethernet na plnou vzdálenost 100 metrů, používá stíněnou i nestíněnou kabeláž, šířka pásma 500 MHz, konektor RJ45 (8P8C),
- kategorie 7 (Cat 7, Class F) – pokus, který se neujal, pro podporu 10Gbps Ethernet, vyžaduje stíněnou kabeláž (S/FTP) a speciální konektory (GG45 kompatibilní s RJ45 nebo TERA), šířka pásma 600 MHz, výrobci radši zvolili Cat 6a a RJ45 konektor,
- kategorie 7a (Cat 7a, Class FA) – pokus o rozšíření Cat 7, mohlo by podporovat 40 Gbps Ethernet na vzdálenost 50 metrů, šířka pásma 1000 MHz,
- kategorie 8 (Cat 8) – aktuálně ve vývoji (ISO technické doporučení z roku 2013), podporuje 40 Gbps Ethernet, šířka pásma 1600 až 2000 MHz, dvě varianty, jedna používá stíněné kabely (U/FTP, F/UTP) a konektor RJ45 (8P8C), druhá kabely (F/FTP, S/FTP) a konektor TERA/GG-45/ARJ-45 (Pužmanová, 1998).

Pokud potřebujeme více omezit vyzařování, přeslechy a elektromagnetické rušení, tak se používají různé formy stínění. Používají dvě písmenka v označení:

- S – Braid Screen (Shielded) – stínící pletivo.
- F – Foil Shield (Foiled) – ochranná (kovová) fólie (Optická a metalická kabeláž pro síť LAN a SAN, 2005).

Ochrana se může provádět:

- stínění párů (pair shielding) – každý pár vodičů je obalen stínící fólií, může se použít pouze F (fólie),

- stínění kabelu (cable shielding) – všechny páry dohromady jsou zabaleny do opletení (S) nebo fólie (F) (Optická a metalická kabeláž pro sítě LAN a SAN, 2005).

Kabely se pak označují (v závorce je lidové označení) jako U/UTP (UTP), U/FTP (STP), S/UTP (STP), S/FTP, F/FTP apod. Před lomítkem je označení stínění celého kabelu, za lomítkem je stínění jednotlivých párů (Optická a metalická kabeláž pro sítě LAN a SAN, 2005).

1.2.1.2 Optické propojení (fiber)

Optická vlákna (obrázek 9) mohou být použita pro stavbu telekomunikačních sítí, protože jsou ohebná a mohou být svázána do svazků jako kabely. Jsou výhodná zejména na dlouhé vzdálenosti, protože světlo prochází přes vlákno s malým útlumem ve srovnání s elektrickými kabely s kovovými vodiči. Kromě toho můžeme dosahovat rychlosti přenosu desítky terabitů za sekundu, i když v aplikovaných systémech jsou typické rychlosti 10 nebo 40 Gb/s, takže nabízí šířku pásma, která vysoko překračuje dnešní požadavky na přenosovou rychlost. Každé vlákno může přenášet mnoho nezávislých signálů, každý s použitím jiné vlnové délky světla (850, 1310 a 1550 nm). Optická vlákna jsou jako dielektrikum imunní proti rušení elektromagnetickým polem. Při přenosu také žádné elektromagnetické pole nevyzařují. Tzv. EMI je dnes hodně skloňovaným pojmem. Hlavně kvůli rušení a vyzařování je nutné stále ve větší míře používat stíněné kabely typu FTP a STP místo klasických UTP. Experti přitom tvrdí, že až 60 % problémů na metalické kabeláži je způsobeno přeslechy, impedančním nepřizpůsobením a vnějším rušením. A čím větší přenosová rychlost, tím je situace horší. Optické vlákno může být bez problémů položeno souběžně se silovou instalací 230 V, nebo v podhledech se světelnými zářivkovými rozvody i v zarušených průmyslových provozech. Protože optické vlákno nevyzařuje žádné elektromagnetické pole, je velice obtížné odposlouchávat datový provoz běžící na těchto vláknech. Oproti tomu se traduje, že s příslušným vybavením lze i ze vzdálenosti několika metrů odposlouchávat provoz na běžné metalické síti LAN. Optický dvouvláknový kabel pro vnitřní instalace je zhruba o polovinu lehčí než odpovídající metalický čtyřpárový kabel. Také jeho průměr je o 10 až 50 % menší než průměr metalického kabelu (záleží na typu provedení metalického kabelu). V případě požadavků lze optický kabel vyrobit i s menším průměrem. Tak např. šestivláknový optický kabel pro vnitřní použití s aramidovou přízí a vnějším pláštěm může mít vnější průměr již necelé 3 mm. Optické vlákno samotné má větší pevnost v tahu

než měděný vodič o stejném průřezu. Z hlediska ohybů je optický kabel také více odolnější na vícenásobný ohyb. Optický kabel neobsahuje žádné korodující prvky (na rozdíl od měděného kabelu). Je možné jej namáhat až šestkrát větší silou, než je maximální zatahovací síla pro metalické kabely CAT5. Kroucení kabelu během zatahování způsobí u kvalitního kabelu CAT5 degradaci jeho parametrů, zatímco optický kabel vydrží. Správně nainstalovaná optická síť nevyžaduje prakticky žádnou údržbu a je vysoce spolehlivá. V případě znečištění konektorů prachem je lze snadno vyčistit pomocí čistící soupravy. Proto se u těchto optických sítí setkáváme se záruční dobou v délce 15 až 20 let. Po tuto dobu je plně zaručena funkčnost sítě beze ztráty jakýchkoli parametrů (Vymětal, 2008).

Dnes se vyrábí kabely nejrůznějších typů, často až s několika stovkami vláken. Liší se jednak typy a uložením vláken a jednak způsobem konstrukce:

- dielektrický nebo s metalickým párem,
- stínící fólie nebo klasický pancíř,
- nehořlavý, zvýšená chemická odolnost, zvýšená odolnost proti hlodavcům,
- úložný, závěsný, uložený v zemním lanu, ovíjený kolem zemního lana, ve fázovém vodiči, podmořský s vloženými zesilovači. (Parametry optických vláken) (Vymětal, 2008).



Obrázek 9: Optický a ethernetový kabel (zdroj: wefe.in/the-cable-war-ethernet-vs-fiber)

1.2.2 Bezdrátově propojená

Jednou z novějších aktivit výboru 802 IEEE je zaměření na alternativní řešení lokálních sítí oproti běžnému provedení kabeláží, s použitím rádiového přenosu signálu

prostřednictvím rádiového rozhraní (air interface). Jako i v jiných oblastech telekomunikací, i u rozsahem malých sítí je mnohdy vhodné vyhnout se problémům s plánováním, pokládkou, především však překládkou a údržbou kabelů. A je mnoho scénářů, kdy nelze vytvořit celou komunikační síť za pomoci kabelů. Vedení těchto kabelů by bylo nemožné (překážky, soukromý pozemek, chráněné oblasti) nebo ekonomicky nevýhodné. Propojení jednotlivých stanic elektromagnetickými vlnami poskytuje větší pružnost při připojování stanice do sítě a podporuje dnes mnohdy vyžadovanou pohyblivost koncových uživatelů a jejich přenosných zařízení (Pužmanová, 1998).

Nicméně ani bezdrátové řešení není zdaleka bez problémů. Rádiové vysílání je samozřejmě náchylné na rušení, a to všemi zařízeními, která mohou na příslušných kmitočtech pracovat. Může také dojít k nežádoucímu překryvu dvou nebo více takových lokálních sítí a nezajištěné komunikaci. Komunikační zařízení můžeme rozdělit na mobilní zařízení (přenosné) a nepřenosná zařízení:

Mobilní zařízení (obsahuje baterii):

- Mobilní telefon – nejrozšířenější mobilní komunikační zařízení dnešní doby, využívající primárně digitální síť GSM pro hovory a datové přenosy. Velmi často je využívána i technologie Wi-Fi a Bluetooth.
- Tablet – přenosný počítač s obdélníkovou dotykovou obrazovkou. Velikost je podobná formátu A5., uhlopříčka 7–12 palců. Systém se ovládá dotyky prstů a píše se na něm pomocí virtuální dotykové klávesnice, která se zobrazuje na displeji.
- Nositelná elektronika (Smart Wearables) – bezdrátová chytrá zařízení, která můžeme nosit přímo na svém těle. Mohou to být hodinky, fitness náramky, brýle pro virtuální realitu, bezdrátová sluchátka a další.
- Internet věcí (Internet of Things, IoT) – jsou zařízení, která dovedou komunikovat za pomoci síťové karty nebo GSM modulu. Dnes už máme chytré lednice, topná tělesa, domácí osvětlení či kávovar, a to vše můžeme spravovat vzdáleně. Tato zařízení jsou schopná komunikovat mezi sebou. Zde vyvstává otázka, jak moc autonomní provoz může nastat a zda se chování nevyvymkne kontrole. Další hrozbou je možnost proniknutí do celého systému sítě zkušenému útočníkovi (Pužmanová, 1998).

Nepřenosné zařízení (napájené z elektrické sítě)

- Televizor, rádio přijímač, zobrazovací panely, AV zařízení, a další.

Přesný počet těchto zařízení nikde nenalezneme, ale je možné si udělat představu o množství ze seznamu výše, který napovídá, téměř každý jednotlivec disponuje minimálně jedním takovým zařízením (Pužmanová, 1998).

1.2.2.1 GSM

Celulární (buňkový) radiotelefonní systém GSM (Global System for Mobile Communication) je v současnosti nejrozšířenější a plně digitální mobilní komunikační systém. Jeho vývoj byl zahájen v počátku osmdesátých let na podnět organizace CEPT. Na vývoji tohoto celoevropského standardu veřejné radiotelefonní sítě se podílel také ETSI, který v roce 1991 vydal první část doporučení GSM – Phase 1. Zpočátku se systém používal pouze pro přenos hovorových signálů, avšak v současné době se již ve velké míře využívá také k přenosu datových signálů (textů a obrazů). Je dostatečně flexibilní, aby do něj mohly být implementovány nové technologie (GPRS, HSCSD). Proto se jeho použití rozšířilo i mimo Evropu (Mobilní telekomunikační sítě, 2010).

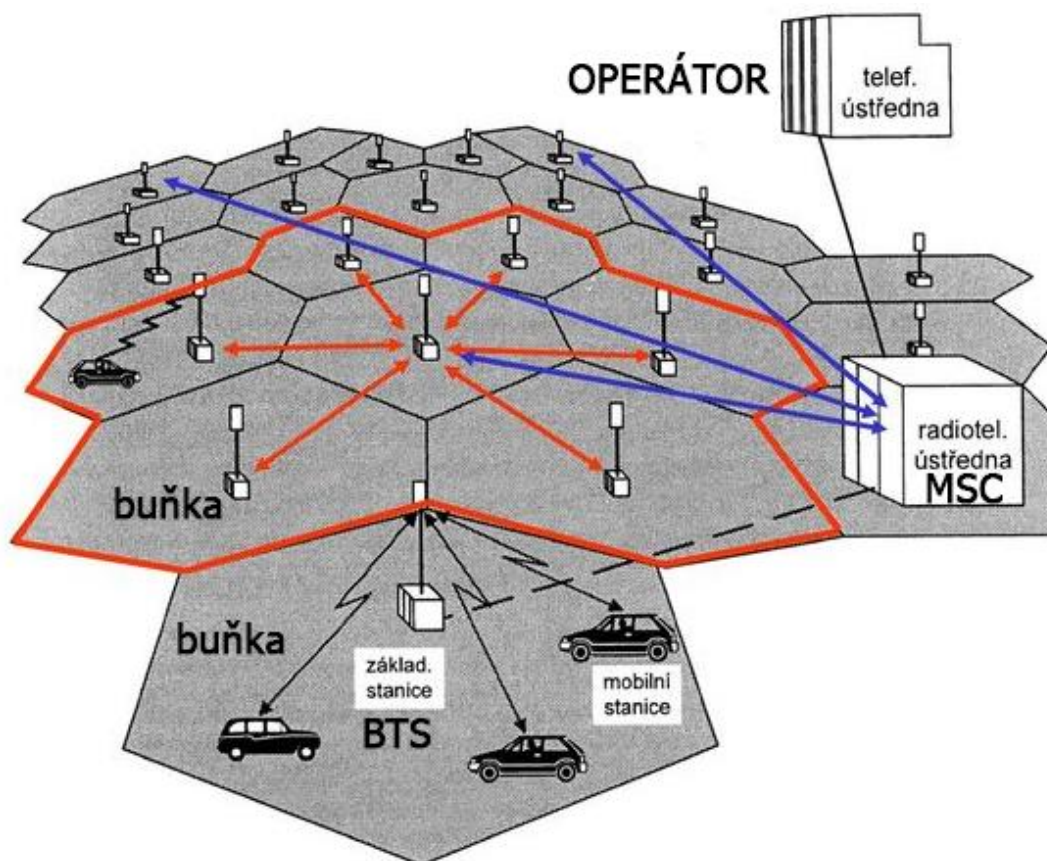
V porovnání s analogovými systémy umožňuje dosáhnout kvalitnější spojení v nepříznivých podmínkách pozemních rádiových kanálů, efektivněji využívá přidělená kmitočtová pásma a odposlech je téměř vyloučen. Přenos signálů v digitální formě umožňuje značně rozšířit nabídku poskytovaných služeb a dosáhnout kompatibility s jinými digitálními sítěmi, a to nejen v rámci jednoho státu, ale po celém světě (Mobilní telekomunikační sítě, 2010).

Základním kamenem systému GSM je buňka, což je území, které je pokryté signálem mobilní telefonní sítě z určitého směrového vysílače umístěného na základnové stanici (BTS). Jedna základnová stanice může obsahovat i několik směrových vysílačů pro několik takovýchto buněk. V otevřeném terénu může jedna buňka představovat území o průměru 35 km, ale například v městské zástavbě nezřídka jedna buňka pokrývá signálem pouze jednu ulici (Mobilní telekomunikační sítě, 2010).

Primární systém GSM (obrázek 10), označovaný PGSM (Primary GSM) nebo GSM 900, má přidělené kmitočtové pásmo 890 MHz až 960 MHz rozděleno na dvě části. Pro spojení mobilní stanice MS (Mobile Station) – základnová rádiová stanice BTS (Base Transceiver Station), tzv. uplink, je vyhrazeno pásmo 890 MHz až 915 MHz. Pro spojení BTS – MS,

tzv. downlink, je vyhrazeno pásmo 935 MHz až 960 MHz (ETSI – Mobile Communications Technologies – GPRS, GSM & UMTS, 2020).

Mobilní síť druhé generace umožňuje datové přenosy při nižších rychlostech. Vylepšením původní technologie GPRS (General Packet Radio Service), maximální přenosová rychlost 14,4 Kbit/s, je technologie EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), která nabízí rychlost stahování maximálně 236 kb/s. Kvůli velkému nárůstu provozu vznikly další 2 standardy GSM 1800 a GSM 1900, využívajících frekvenčních pásem 1800 MHz pro Evropu a 1900 MHz pro USA. Přechodu na další generaci předcházela ještě přechodové generace 2,5G a 2,75G, která postupným vylepšováním systémů druhé generace, vylepšila přenosové rychlosti GPRS až do rychlosti 150 Kbit/s a u EDGE až do rychlosti 384 Kbit/s (ETSI – Mobile Communications Technologies – GPRS, GSM & UMTS, 2020).



Obrázek 10: GSM – buňkový systém (zdroj: www.technicest.com/mobilni_site.php)

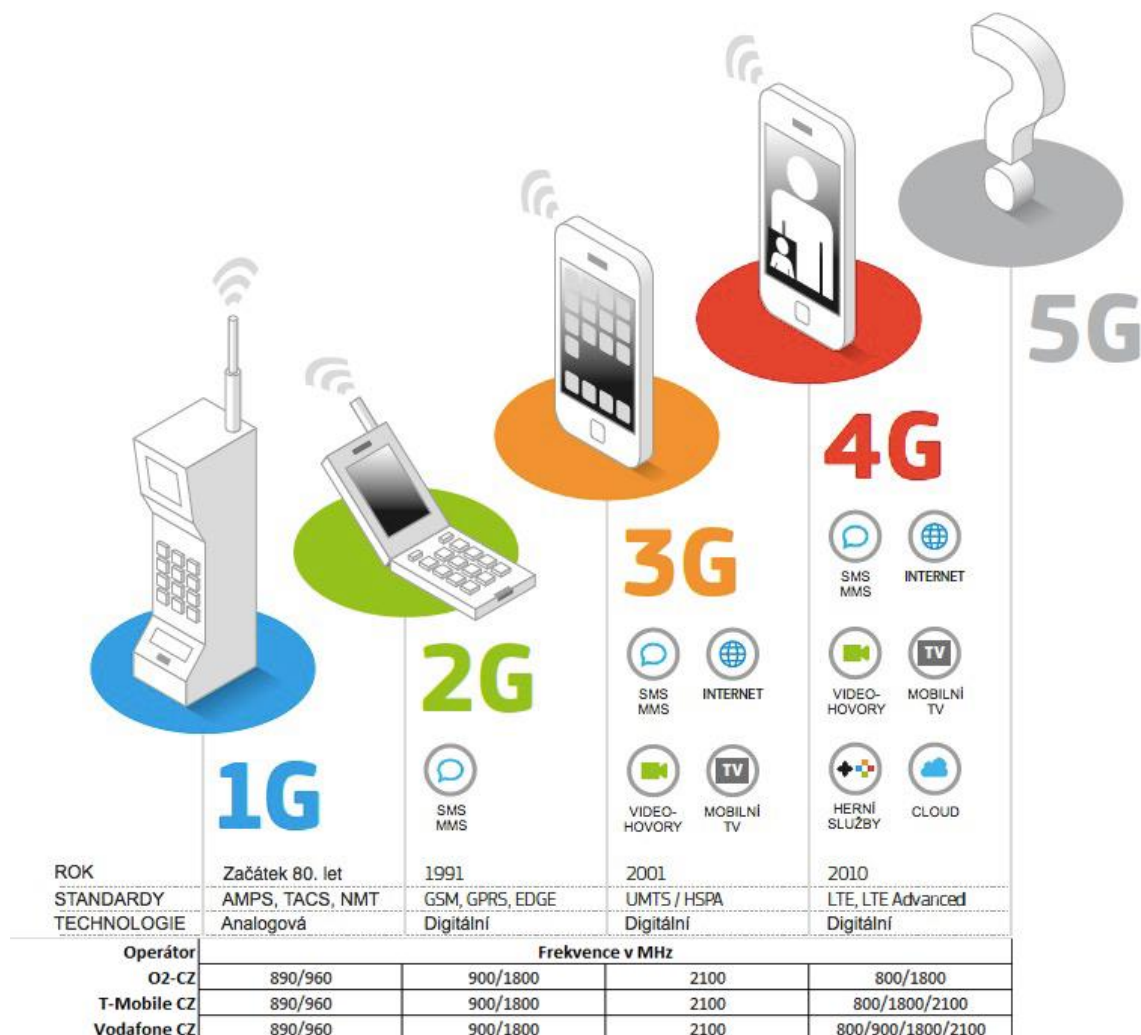
Zatímco starší mobilní sítě sloužily hlavně pro telefonování a SMS, sítě 3. generace už jsou navrženy tak, aby umožňovaly skutečně rychlé datové přenosy. Původní standard UMTS (Universal Mobile Telephony Standard), vystřídal ho standard HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access), který zrychlil stahování dat až na 14,4 Mb/s (ETSI – Mobile Communications Technologies – GPRS, GSMA & UMTS, 2020).

Čtvrtá generace sítí mobilní komunikace (obrázek 11), dnes stojí na technologii LTE (Long Term Evolution). V České republice jsou pro něj využívána frekvenční pásma 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz a 2600 MHz. Zejména díky využití nižšího pásma (800 MHz) má velmi dobré pokrytí. Vyšší pásma pak pomáhají zajistit dostatečnou kapacitu a rychlost sítě v místech s větším počtem lidí (ETSI – Mobile Communications Technologies – GPRS, GSMA & UMTS, 2020).

Pátá generace sítí mobilní komunikace se teprve připravuje, zatím není standardizována. 5G sítě by měly poskytovat vyšší kapacitu, spektrální efektivitu a větší přenosovou rychlost. Až 10 Gbit/s pro nízkou mobilitu a až 1 Gbit/s pro vysokou mobilitu. Hlavním cílem 5G je propojit celý svět bezproblémovou a všudypřítomnou komunikací. Měla by poskytovat komunikaci i v oblastech, kde to 4G nepodporuje, např. vysokorychlostní vlaky, které dosahují rychlosti až 500 km/h, kde 4G končilo u rychlosti 250 km/h. Tyto sítě by se měly realizovat postupným rozvojem sítí 4G na novou technologii, tzn. že se vystaví na té stávající. Toto přestavování je však technologicky složité a finančně náročné, je málo firem, které by na národní úrovni byly schopné takové realizace. Vážným kandidátem pro realizaci v České republice byla firma Huawei, ta však zatím nedostala důvěru a byla Národním úřadem pro kybernetickou a informační bezpečnost (NÚKIB) označena za možnou národní hrozbu (ETSI – Mobile Communications Technologies – GPRS, GSMA & UMTS, 2020).

V Evropě byla kmitočtová pásma 700 MHz, 3,4 – 3,8 GHz a 26 GHz identifikována jako prioritní pro zavádění systémů 5G a technické podmínky jejich užití byly harmonizovány. V současné době dochází k uvolnění pásma 700 MHz podle nařízení vlády č. 199/2018 Sb., o Technickém plánu přechodu zemského digitálního televizního vysílání ze standardu DVB-T na standard DVB-T2, a jeho autorizace pro využití v rámci budoucích 5G sítí. Po kompletním uvolnění dojde k zahájení realizace dalších experimentů a testování sítí na těchto frekvencích. Příští rok proběhne aktualizace Národní kmitočtové tabulky podle Radiokomunikačního řádu Mezinárodní

telekomunikační unie a objeví se první komerční síť 5G. V roce 2023 se počítá s pokrytím 95 % obyvatel vybraných obcí a v roce 2027 již pokrytí 90 % obyvatel každého okresu České republiky signálem sítě 5G na frekvenci 700MHz (Implementace a rozvoj sítí 5G v ČR, 2015).



Obrázek 11: GSM generace (zdroj: www.etsi.org/technologies/mobile)

1.2.2.2 Wi-Fi

Skupina protokolů IEEE 802.11x (tabulka 2), známá jako Wi-Fi odstartovala revoluci v počítačových sítích. Wi-Fi je obchodní známka Wi-Fi Alliance. Má evokovat podobnost s termínem Hi-Fi (z anglického High Fidelity, tedy věrná reprodukce, jedná se tedy o něco jako věrně přenášenou bezdrátovou komunikaci (High Fidelity)). Wi-Fi je naprosto převažujícím typem bezdrátových počítačových sítí a díky procesu standardizace IEEE se na trhu stal prakticky všudypřítomný. Běžně používané standardy

jsou všechny založené na komunikačních linkách vytvořených s pomocí rádiových frekvencí ve veřejných pásmech 2,4 GHz nebo 5 GHz elektromagnetického spektra. Obě tato pásma byla vybrána proto, že přístup k nim je zcela volný pro veřejnost a jsou navíc schopna pojmout ad hoc síťová propojení, která v bezdrátových sítích vznikají bez vyrušení jiných zúčastněných systémů (Sosinsky, 2010).

Všechny standardy sdílí koncept kanálu, který odděluje jednu sadu spojení (sít' nebo podsít') od ostatních. Pro pásmo 2,4 GHz ve skutečnosti pokrývá rozsah od 2,400 GHz do 2,4835 GHz a je rozdělen na sadu 13 kanálů. Každý z nich přitom zabírá 22 MHz, mezi jednotlivými kanály jsou mezery 5 MHz. Kanály se číslují od 1 až po 14. V pásmu 2,4 GHz je poměrně těsně, najdeme v něm mikrovlnné trouby, telefony, hračky, elektronické dětské chůvy, spotřebitelské vysílačky s krátkým dosahem a ostatní produkty. Proto mohou tyto sítě na této frekvenci často trpět interferencemi. Když mají mezi sebou vysílače větší vzdálenosti, problém se vzájemným rušením sousedních kanálů vymizí. Proto kanály 1, 6 a 11 mohou fungovat bez problémů v téže místnosti, zatímco v případě velké budovy může být vhodné zvolit kanál 1 na jedné straně a kanál 4 na straně druhé (Sosinsky, 2010).

Z důvodu obsazení pásma 2,4 GHz byl přijat alternativní standard, který využívá jiné pásmo 5 GHz. Díky vyšší frekvenci mají tyto sítě větší propustnost, jsou však méně úspěšné při překonávání zdí a mají také menší efektivní dosah. Spektrum je rozděleno na 42 kanálů. Existuje i další skupina pásem, o kterých se uvažuje jako o kandidátech na rozšíření a jedná se o tyto frekvenční rozsahy: 450–862 MHz, 2300–2400 MHz, 3400–4200 MHz a 4400–5000 MHz (Sosinsky, 2010).

Tabulka 2: Wi-Fi standardy

Standard	Označení	Pásmo [GHz]	Maximální rychlost [Mbit/s]
Původní IEEE 802.11		2,4	2
IEEE 802.11a	Wi-Fi 1	5	54
IEEE 802.11b	Wi-Fi 2	2,4	11
IEEE 802.11g	Wi-Fi 3	2,4	54
IEEE 802.11n	Wi-Fi 4	2,4 nebo 5	600
IEEE 802.11ac	Wi-Fi 5	2,4 nebo 5	1800

Zdroj: <http://www.ieee802.org/11/>

1.2.2.3 Bluetooth

Bluetooth je technologie pro budování personálních místních sítí (PAN). Vytvářejí se tak bezpečné krátkodobé spoje většinou dvou zařízení na malou vzdálenost (sítě ad hoc). Standard je vyvíjen skupinou Bluetooth Special Interest Group (www.bluetooth.com) a mezinárodně je definována standardem IEEE 802.15.1. Počátek vývoje byl v roce 2002 a stále dochází k posunu v oblasti vylepšování a integrace do zařízení. Název je převzatý po dánském králi (Herard Bluetooth), který v 10. století sjednotil velkou část území dnešního Norska, Švédska a Dánska. Nejznámější aplikací je propojení mobilního zařízení s náhlavní soupravou (sluchátky, chytrými hodinkami, autorádiem), je však možné zapojit i kancelářské tiskárny, klávesnice, myši, PDA, GPS zařízení, čtečky čárového kódu a další periferie. Rozsah frekvencí je stanoven na 2402 až 2480 MHz a dělí se na 78 zvláštních kanálů o šířce 1 MHz. Zařízení mají přijímače rozčleněné do tří tříd:

- Třída 1 100 mW s dosahem 100 metrů.
- Třída 2 2,5 mW s dosahem 10 metrů.
- Třída 3 1 mW s dosahem 1 metr (Sosinsky, 2010).

Pro zařízení třídy 1, 2 a 3 je maximální výkon 100 mW, 10 mW a 1 mW. Třída 1 má podobný výkon jako mobilní telefony, ostatní jsou potenciálně méně nebezpečné, protože mají mnohem menší výkon. Všechny tři standardy se používají pro všesměrové vysílání a přijímání dat. Díky nízkému výkonu signál nedokáže překonat zdívo (Sosinsky, 2010).

1.2.2.4 Infračervené paprsky

Pro tento způsob datové komunikace se používá vlnová délka od 850 do 950 nm (maximální výkon je 2 W). Existují dvě možnosti využití infračerveného záření:

- Přímě – koncentrované paprsky jsou namířeny přímo k příjemci (např. ovladače televizorů, spínačů světla, mobilní telefony).
- Rozptýleně – paprsky se vyšlou různými směry a odrazem od stěn se dostanou k cíli (např. v konferenčních sálech pro bezdrátový příjem hlasu do sluchátek) (Pužmanová, 1998).

Stanice, které spolu chtějí komunikovat, se musí dohodnout předem na použité přenosové rychlosti (1 Mbit/s nebo 2 Mbit/s), přitom obě rychlosti mohou sdílet jediný kanál. Infračervené lokální sítě mohou dosáhnout průměru až 100 m (ve vnitřním prostředí, v závislosti na topologii). Zásadní omezení spočívá v nemožnosti použít vytvoření místní

sítě pro více místností – infračervené paprsky neprocházejí pevným materiálem, naopak dochází k jeho odrazu. V dnešní době se takové sítě už nevytváří, nasazení je drahé, překonané modernějším řešením (Wi-Fi), ale můžeme se s nimi setkat v některých historicky starších nasazení (Pužmanová, 1998).

1.2.2.5 Rádiové přenosy

Rada pro rozhlasové a televizní vysílání byla zřízena zákonem č. 231/2001 Sb. jako správní úřad, který vykonává státní správu v oblasti rozhlasového a televizního vysílání a převzatého vysílání, dohlíží na zachovávání a rozvoj plurality programové nabídky a informací v oblasti rozhlasového a televizního vysílání a převzatého vysílání, dbá na jeho obsahovou nezávislost a plní další úkoly stanovené právními předpisy. Zákonem č. 132/2010 Sb., byla působnost Rady rozšířena i na audiovizuální mediální služby na vyžádání. Do působnosti Rady mj. patří:

- udělování, změny a odnímání licencí k provozování rozhlasového a televizního vysílání,
- vydávání, změny a zrušování rozhodnutí o registraci k provozování převzatého vysílání,
- vedení evidence provozovatelů vysílání a převzatého vysílání,
- monitorování vysílání a ukládání sankcí podle zákona č. 231/2001 Sb., o provozování rozhlasového a televizního vysílání,
- vedení Evidence poskytovatelů audiovizuálních mediálních služeb na vyžádání,
- ukládání sankcí podle zákona č.132/2010 Sb., o audiovizuálních mediálních službách na vyžádání,
- monitorování obsahu audiovizuálních mediálních služeb na vyžádání (Ministerstvo kultury České republiky) (www.rrtv.cz).

V přehledech vysílačů pro šíření analogového rádiového signálu je v České republice aktuálně v pásmu dlouhých vln (LW) registrován jeden vysílač, který vysílá na frekvenci 270 kHz, výkon 50kW. V pásmu středních vln (MW) je 17 vysílačů, vysílající na frekvenci v rozmezí 639–1332 kHz, s výkony do 750kW. Nejvíce vysílačů je v pásmu velmi krátkých vln (FM), které vysílají v rozmezí 87,6 – 107,9 MHz a kde je registrováno 953 vysílačů, s výkonem do 100kW (Databáze | Český telekomunikační úřad, 2018).

Od roku 1999 je v České republice provozované i digitální rádiové šíření DAB +, též nazývané jako Digitální rádio., v síti T-DAB. Toto vysílání je možné snadno naladit na standardní teleskopickou (vytahovací) anténu umístěnou na každém rádiu. DAB + je nástupce FM analogového vysílání. Nejenom veřejnoprávní rozhlas, ale i soukromý provozovatelé stanic začínají své programy šířit přes DAB +. Digitální pozemní distribuce nabízí vedle známých programů vysílajících na FM také nové, čistě digitální stanice, které v analogu již nenaladíte. DAB + nabízí čistý, digitální zvuk s celou řadou doplňkových služeb, jako je elektronický programový průvodce nebo obrazové informace jako logo stanice, moderátor, interpret, zpravodajství nebo dopravní informace. Analogový přenos rádia již delší dobu dosáhl svých hranic. Dostupné kmitočty FM jsou plně obsazeny. To znamená, že není možné vysílat nové programy přes FM. Digitalizace mediálního světa se vyvíjí a DAB+ je dnes moderní rádio, které nabízí více programů v digitální kvalitě, nové multimediální služby a snadné ovládání. Příjem DAB+ nepředstavuje žádné náklady na stahování dat ani internetové připojení. DAB+ pracuje bez připojení k internetu a nabízí robustní přenosovou cestu k posluchači odolnou proti různým situacím. Klasické rádio od vysílače k přijímači je spolehlivým zdrojem informací, i když není k dispozici žádný internet. Mobilní internet nabízí spoustu možností a velký výběr stanic, ale s poslechem rádia v telefonu nebo autě, rychle vyčerpáte Váš placený datový tarif. Vysokorychlostní mobilní internet je k dispozici převážně v metropolitních oblastech. A dokonce i tam jsou místa, které by posluchači rádia asi netolerovali. Digitální rozhlasové programy jsou k dispozici zdarma. Kromě nákladů na pořízení kompatibilního rádia DAB+ neexistují žádné dodatečné náklady (Digital Rádio DAB, 2010).

V současné době je na našem území rozmístěno 59 regionálních vysílačů pro digitální rádio, vysílající v rozmezí 175–229 MHz, a 28 národních vysílačů na frekvencích 1452–1480 MHz, s výkonem do 10kW (Digital Rádio DAB, 2010).

1.2.2.6 Televizní přenosy

DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) neboli pozemní digitální vysílání je nový systém přenosu televizního signálu, který postupně nahradil původní analogové televizní vysílání. Zemské proto, že je vysíláno z pevně ukotvených vysílačů a je přijímáno standardními anténami, není to vysílání satelitní, ani kabelové. Do povědomí veřejnosti se však vžil příhodnější přívlastek „pozemní“. Na klasickou anténu můžeme naladit televizní ale často i rozhlasové programy vysílané v DVB-T a DVB-T2

multiplexech. Součástí multiplexů jsou i další doplňkové služby jako je teletext (txt), zvukový popis pro nevidomé (audio description) ale i přístup k video archívu a aplikacím prostřednictvím HbbTV, které propojuje klasické lineární vysílání a internetovým obsahem. Pro příjem pozemního vysílání je nutné nasměrovat přijímací anténu na vhodný vysílač. Ve vhodných lokalitách (zejména v příhraničních oblastech) je často možné naladit programy i ze sousedního státu (Digitální vysílání | Český telekomunikační úřad, 2018).

DVB-T2 je nový standard digitálního televizního vysílání přes pozemní vysílače. Zjednodušeně řečeno, jsou to "pravidla", která určují, na jakých frekvencích a v jakém kódování bude probíhat přenos obrazu a zvuku běžného televizního vysílání do televizorů diváků. Část frekvenčního spektra, na kterém dnes probíhá televizní vysílání bude uvolněna pro potřeby mobilních operátorů. Přechod na nový vysílací standard DVB-T2, který v roce 2021 nahradí stávající zemské digitální televizní vysílání ve formátu DVB-T, je v podstatě vynucenou změnou. Pro přechod na novější systém se musela nakonfigurovat přechodová síť, což bylo pro běžné uživatele matoucí a některým zkomplikovalo příjem televizního signálů. Nyní by měla být většina území pokryta signálem z vysílačů DVB-T2 a nastane vypínání starého systému DVB-T (Digitální vysílání | Český telekomunikační úřad, 2018).

Nový televizní vysílací systém je rozdělen do čtyř multiplexů a je doplňkově rozšířený o regionální vysílání. V národním multiplexovém vysílání je na našem území rozmístěno 131 vysílačů, maximální výkon do 100 kW. Regionálních vysílačů je 44, a výkon vysílačů nepřesáhne 50 kW. DVB-T2 systém využívá frekvenčního pásma v rozmezí 470–890 MHz. (Digitální vysílací síť (multiplexy) v České republice) (Digitální vysílání | Český telekomunikační úřad, 2018).

1.2.2.7 Satelitní vysílání

Satelitní vysílání určené pro příjem v České republice pokrývá celé území státu, což ale neznamená obecnou dostupnost všude. V některých lokalitách se totiž může stát, že ve výhledu na družici parabolické anténě překáží např. výšková budova, strom nebo terénní nerovnost. Signál není přijímán z pozemních vysílačů, ale z antén umístěných na družicích, které se nacházejí na tzv. geostacionární dráze, přibližně 36 000 km nad zemským povrchem. Družice se tak pohybují stejnou rychlostí, s jakou se otáčí Země, zachovávají si vůči ní stálou pozici a trvale tak pokrývají tutéž plochu zemského povrchu.

Příjem satelitního signálu zajišťuje komplet satelitního přijímače (set-top box nebo kompatibilní televizor s tunerem DVB-S/S2) a parabolické antény s jedním nebo více konvertory (LNB). Mezi programy vysílanými z družic jsou jak stanice volné (nekódované), tak kódované. Kódované kanály jsou pak placené a pro jejich příjem potřebujete jednak patřičně vybavený přijímač a jednak příslušnou dekódovací kartu, případně kartu plus tzv. modul CA nebo také CAM. Komerční přístup do satelitního vysílání v tuzemsku zajišťují společnosti Skylink, Digi TV, Freesat a T-Mobile Sat TV (Satelitní vysílání DVB-S, DVB-S2, 1996).

Pro příjem satelitního vysílání nám výše uvedené společnosti nabízí příjem komerčních stanic na frekvencích v rozmezí 10,845 – 12,727 GHz (Satelitní vysílání DVB-S, DVB-S2, 1996).

1.2.3 *Elektromagnetický smog*

Elektrosmog je zažitá zkratka pro zatížení prostředí umělými elektromagnetickými poli, kterým se živé organismy neumí bránit. S přibýváním datových přenosů mezi vysílači, mobily a wi-fi sítěmi toto zatížení stále narůstá. V dnešní době jsme elektrosmogem zaplaveni nejen z venkovních vysílačů a vedením vysokého napětí, ale i v domácnostech – vyzařováním wi-fi signálu, škodlivými trubicovými světelnými zdroji, mobily a bezdrátovými telefony, ale i nevhodným vedením kabelů s fází bez stínění a zemnění, a dalšími způsoby. K vykreslení obrazu, co vše může přispívat do zatížení elektrosmogem, je potřeba se zmínit i o dalších zdrojích.

1.2.3.1 Zdroje

Pro přehled jsem rozdělil zdroje do několika skupin a u každé uvedu příklady, které by měly napovědět, co vše do skupiny můžeme započítat:

- Komunikační vysílače všeho druhu (přímý zdroj) – většinu jsem popsal v kapitole 1 a označil je jako aktivní prvky. Z technologií pro bezdrátový přenos, které využívají neionizující záření, jsou nejrozšířenější GSM, televizní a rádiové vysílače.
- Elektrospotřebiče obecně – počtem nerozšířenější jsou jistě mikrovlnné trouby, dále chůvičky, lampičky, úsporné žárovky, diagnostická či měřicí technika, zařízení disponující technologií Wi-Fi a Bluetooth.

- Vznětové a výbušné motory (výboje a jiskření) – diesellové či benzínové agregáty.
- Přenosové soustavy elektrické sítě (elektrický proud, výboje) – trafostanice, stožárové vedení vysokého napětí.
- Vývoj a testování zbraní – existují prototypy, které využívají principu elektromagnetických vln. Jde o naprostý přelom v koncepci nasazení zbraní, jejich účinek je překvapující a drtivější než u klasických konvenčních zbraní.
- Přírodní zdroje – sluneční a kosmické záření, atmosférické výboje a magnetické pole Země (EMF a lidské zdraví – Časopis Elektro, 2014).

1.2.3.2 Vliv na organismus

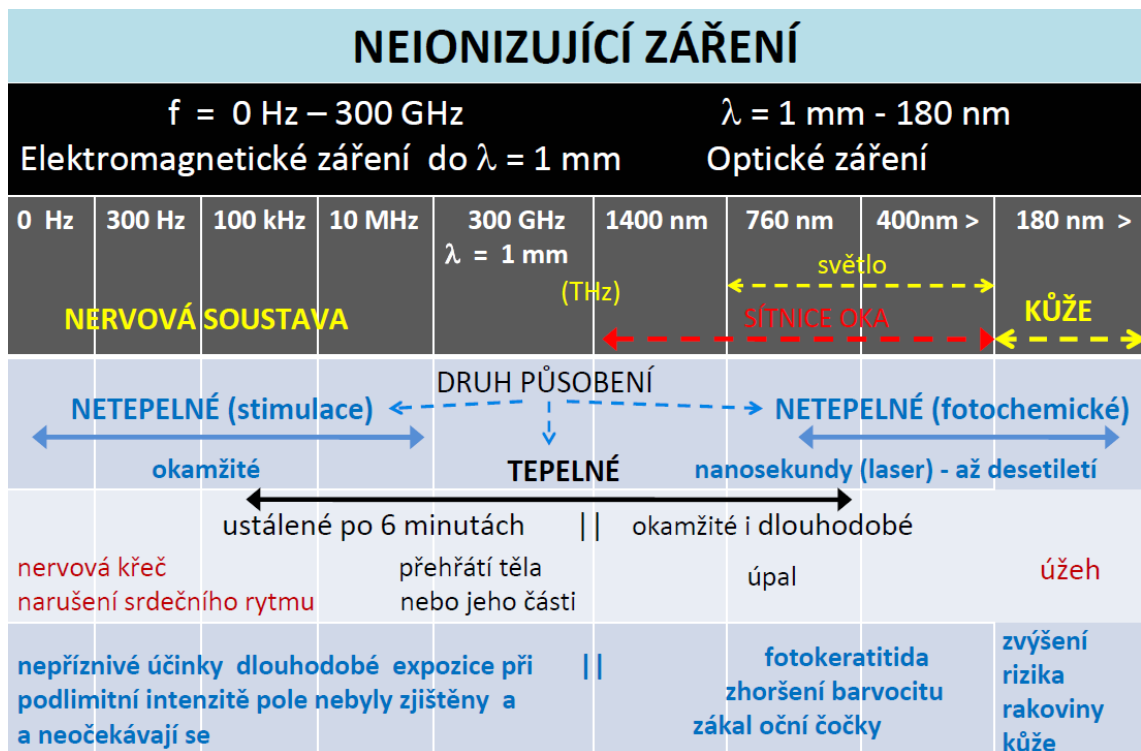
Biologické účinky

Elektromagnetické záření jako takové v obecném smyslu vůbec neškodné není. Pomineme-li záření ionizující (reprezentované radioaktivním zářením gama a rentgenovým zářením), které představuje zdravotní riziko i při velmi slabých intenzitách, může i neionizující záření, tedy i záření s frekvencí používanou mobilními telefony, poškodit zdraví a výjimečně i způsobit smrt. Záleží to na intenzitě záření – je popsáno nemálo případů především ze starší doby, kdy například došlo k popálení elektromagnetickým polem vysokofrekvenčního generátoru s vysokým výkonem. Bylo to ovšem v situacích, kdy se nyní platné nejvyšší přípustné hodnoty pro expozici člověka překročily i o několik řádů. Poškození zdraví neionizujícím zářením při expozici nepřekračující stanovené nejvyšší přípustné hodnoty nebylo naproti tomu nikdy prokázáno (Zdraví a mobilní telefony, SZÚ, 2007).

Současné mobilní telefony používají frekvence z pásma 900 MHz (vlnová délka 33 centimetrů), z pásma 1800 MHz (vlnová délka 17 centimetrů), a z pásma 2100 MHz (vlnová délka 15 centimetrů). Jediný vliv, který byl kdy u záření těchto frekvencí zjištěn a může představovat zdravotní riziko, je ohřívání těla nebo jeho části. Nejvyšší přípustná hodnota pro zaměstnance byla stanovena rovnou jedné desetíně měrného absorbovaného výkonu, který člověka při nepřetržité expozici působící na celé tělo (déle než šest minut) ohřeje o jeden stupeň Celsia. Hloubka pronikání decimetrových elektromagnetických vln do těla klesá s rostoucí frekvencí a závisí na druhu tkáně – u kostí je větší než u svalové tkáně. Jiný vliv, než ohřátí tkáně těla, nebyl u elektromagnetického záření s frekvencí

používanou u mobilních telefonů nikdy prokázán a není ani znám teoretický mechanismus, kterým by takové záření na živý organismus působilo jinak než uvolněným teplem. Přesto se otázka možného netepečného působení slabých vysokofrekvenčních polí stále sleduje (Zdraví a mobilní telefony, SZÚ, 2007).

Na obrázku 12 jsou zobrazeny všechny možné účinky neionizujícího záření, které graficky zpracoval doc. RNDr. Luděk Pekárek, DrSc. Ten působil ve Státním zdravotním ústavu v Praze a vykonával agendu v Národním referenčním pracovišti pro neionizující elektromagnetická pole a záření.



Obrázek 12: Biologické účinky neionizujícího záření (zdroj: www.szu.cz/uploads/documents/cpl/Materily_ze_seminaru/Materialy_2009/pekarek-19.3.pdf)

Idiopatická nesnášenlivost k prostředí

V sedmdesátých letech minulého století ve Švédsku někteří jednotlivci přičítali elektromagnetickému poli problémy jako je svědění kůže, vyrážka, poruchy spánku, bolesti hlavy, únava, závratě, zažívací potíže, bolesti kloubů, poruchy srdečního rytmu a další. V řadě případů se postižení lidé cítí v místech, která pokládají za zamořená elektromagnetickým zářením (elektromagnetickým smogem) tak zle, že opouštějí zaměstnání a k pobytu vyhledávají odlehlé oblasti vzdálené od vysílačů nebo od vedení

vysokého napětí a jiných zdrojů elektromagnetických polí. Zdravotní potíže se začaly brzy přisuzovat i polím dalších elektrických zařízení, například mobilním telefonům a jejich základnovým stanicím, rozhlasovým a televizním vysílačům. Z místností, kde se zdržují, postižené osoby často odstraňují všechny elektrické spotřebiče. Úroveň elektromagnetického pole, kterému své potíže přisuzují, je však téměř vždy o několik řádů nižší než přípustné hodnoty stanovené Mezinárodní komisí ICNIRP (a ovšem i řadou dalších oficiálních sborů expertů, například IEEE, ACGIH aj.), jejichž dodržení pokládá WHO za dostatečnou ochranu zdraví. WHO označila tyto projevy jako syndrom elektrické hypersensibility (EHS) a několik let monitorovala vše, co se elektromagnetismu a jeho dopadu na lidské zdraví týká. Ve dnech 25.-27. října 2004 uspořádala v Praze WHO spolu s Ministerstvem zdravotnictví České republiky mezinárodní pracovní seminář (workshop) o EHS. Z jednání pražského semináře vyplynulo, že přes upřímnou snahu a podporu se výzkumníkům ani za pětadvacet let nepodařilo prokázat příčinný vztah mezi expozicí elektromagnetickému poli a EHS. Pracovníci Hygienické stanice hl. m. Prahy z Národní referenční laboratoře pro elektromagnetická pole a záření připravili velmi důkladný kritický přehled o hlavních publikacích na téma EHS, který byl předem poskytnut pracovníkům WHO a českým účastníkům zasedání. Kromě jednoznačného konstatování, že neexistuje důkaz o příčinné souvislosti mezi syndromem EHS a expozicí elektromagnetickému poli, obsahoval náš rozbor (na rozdíl od textu WHO) i návrh na vysvětlení jevu: jde o psychosomatický syndrom, který se vyvine u osob citlivých nikoli k expozici elektromagnetickému poli, nýbrž ke zprávám o zhozném působení těchto polí na člověka. Závěr jednání pracovního semináře znovu potvrdil, že příčinný vztah mezi zdravotními potížemi a elektromagnetickým polem nebyl prokázán. Pro posuzované onemocnění se proto nebude nadále používat označení „Elektromagnetická hypersenzitivita“ (EHS). Jako vhodný byl pro tyto obtíže nakonec přijat kompromisní termín „Idiopatická nesnášenlivost k prostředí“ (Idiopathic Environmental Intolerance, IEI) (Informace NRL č. 14/2005, SZÚ, 2004).

1.3 Specifická míra absorpce

Pro stanovení, zda vyzařovaná síla neionizačního záření může být škodlivá pro lidský organismus, je zapotřebí identifikace zdroje a měření síly tohoto záření. Zdroje elektromagnetismu komunikačních zařízení jsem popsal v předchozích kapitolách, v praktické části budu provádět jejich měření a identifikaci běžně dostupnými prostředky.

Sílu záření lze těmito prostředky odvodit v přibližné hodnotě, celý výpočet závisí na výkonu zdroje vysílaného záření. U komunikačních zařízení jsou dnes tyto hodnoty uvedené v dokumentaci. Ale ne většina uživatelů se podívá na poslední strany, kde jsou doplňkové informace uvedeny. Tyto informace bohužel nejsou součástí nabídkových katalogů, filtrů pro výběry nebo obecné specifikace výrobku. Přitom se jedná o jediný ukazatel, který existuje pro deklaraci, zda je produkt zdravotně závadný či nikoliv, ve smyslu působení elektromagnetických vln na lidský organismus. Naměřené hodnoty poskytuje výrobce zařízení a jejich validaci ověřují národní autority, které hodnoty potvrzují či rozporují. Bez speciálních laboratorních přístrojů hodnoty běžný uživatel nenaměří, proto je odkázaný na ověřené informace.

Specifická míra absorpce výkonu (anglicky Specific absorption rate – SAR) označuje hodnotu absorbování elektromagnetického vlnění živou tkání. Absorbovaný výkon se většinou vztahuje k jednotce hmotnosti, a proto je jednotkou SAR W/kg. V současnosti musí každý mobilní telefon splňovat normy pro absorbovaný výkon. Maximální hodnota SAR je dle směrnice ICNIRP a doporučení EU 2 W/kg pro jakýchkoli 10 g souvislé tkáně, podle australské normy je to pro jakýchkoli 10 g souvislých tkání ve tvaru krychle (Specifická míra absorpce, 2010).

Hodnota specifické míry absorpce výkonu se dá vypočítat ze vztahu:

$$\text{SAR} = \int_{\text{sample}} \frac{\sigma(\mathbf{r})|\mathbf{E}(\mathbf{r})|^2}{\rho(\mathbf{r})} d\mathbf{r}$$

Kde:

σ je elektrická vodivost,

E je efektivní hodnota intensity elektrického pole,

ρ je hustota (Specifická míra absorpce, 2010).

1.4 Právní normy, hygienické předpisy

Platným předpisem pro normy a limity je Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením (č. 291/2015 Sb., ze dne 5. října 2015). V paragrafu č. 3 jsou definovány pojmy, kde je nejdůležitější rozsah. Pro účely tohoto nařízení se rozumí neionizujícím zářením statická elektrická a magnetická a časově proměnná elektrická, magnetická a elektromagnetická pole a elektromagnetická záření z umělých zdrojů s frekvencemi od 0 Hz do $1 \cdot 10^{15}$ Hz (Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., 2015).

Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 291/2015 Sb. vymezuje nejvyšší přípustné hodnoty a referenční hodnoty ve frekvenčním pásmu od 0 Hz do 300 GHz. V bodě číslo 3 je nejvyšší přípustná hodnota pro účinky způsobené zvýšením teploty tkáně ve frekvenčním pásmu od 100 kHz do 6 GHz definována takto:

- Nejvyšší přípustná hodnota pro celotělovou expozici je dána časově střední hodnotou měrného absorbovaného výkonu (SAR) $0,4 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro zaměstnance a $0,08 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro fyzické osoby v komunálním prostředí.
- Nejvyšší přípustná hodnota pro lokální expozici je dána časově střední hodnotou měrného absorbovaného výkonu $10 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro zaměstnance a $2 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro fyzické osoby v komunálním prostředí.
- Nejvyšší přípustná hodnota pro lokální expozici končetin je dána časově střední hodnotou měrného absorbovaného výkonu $20 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro zaměstnance a $4 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro fyzické osoby v komunálním prostředí.

- Nejvyšší přípustná hodnota pro expozici hlavy impulsnímu elektromagnetickému poli ve frekvenčním pásmu od 0,3 GHz do 6 GHz s pulzy o délce kratší než 30 μs je dána měrnou absorbovanou energií 0,01 $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro zaměstnance a 0,002 $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro fyzické osoby v komunálním prostředí. Tato nejvyšší přípustná hodnota slouží k vyloučení akustických efektů způsobených tepelnou roztažností tkáně (Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., 2015).

V případech uvedených v písmenech a) až d) jsou časově střední hodnoty určovány jako průměry přes každý šestiminutový interval. Při výpočtu lokální expozice se provádí průměrování přes oblast tvaru krychle s téměř homogenními elektrickými vlastnostmi o hmotnosti 10 g (Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., 2015).

V případě mobilních telefonů se jedná o lokální expozici (2 W/kg) a Česká republika má stanovené stejné limity jako země v Evropské unii. V USA je limit 1.6 W/kg a tento byl doporučen mezinárodní nezávislou expertní organizací ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., 2015).

V nařízení se píše, že místa, ve kterých mohou být překročeny nejvyšší přípustné hodnoty ve frekvenční oblasti od 0 Hz do $1,7\cdot 10^{15}$ Hz, musí být označena bezpečnostními značkami podle jiného právního předpisu a zákazem vstupu nepovolaných fyzických osob. A také o tom, že zaměstnavatel před započítáním prací spojených s expozicí neionizujícímu záření ve frekvenční oblasti od 0 Hz do $1,7\cdot 10^{15}$ Hz poskytne zaměstnanci informace o:

- nejvyšších přípustných hodnotách, způsobu jejich zjišťování a o možných rizicích, která vyplývají z jejich překročení,
- přímých i nepřímých účincích na zdraví,
- způsobu, jak rozpoznat zdraví škodlivé účinky a jak je ohlašovat,
- přijatých pracovních postupech,
- opatřeních přijatých k ochraně zdraví při práci a
- o správném používání osobních ochranných pracovních prostředků.
- Pokud z hodnocení expozice vyplývá, že zaměstnanec je nebo může být exponován neionizujícímu záření překračujícímu nejvyšší přípustné hodnoty, je nutné přijmout k ochraně jeho zdraví alespoň jedno z následujících opatření:

- zajistit organizaci práce, pracovní postup a uspořádání pracoviště tak, aby bylo dosaženo snížení expozice zaměstnance elektromagnetickému poli pod nejvyšší přípustné hodnoty,
- zajistit osobní ochranné pracovní prostředky, pokud jsou pro daný druh neionizujícího záření dostupné, které sníží expozici elektromagnetickému poli pod nejvyšší přípustné hodnoty (Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením).

1.5 Studie škodlivosti

S určitostí je prokázáno, že komunikační zařízení generuje neionizující záření, bez kterého by tyto přístroje ani nefungovaly. Postupem času a tlakem veřejnosti na transparentnost jsou tyto parametry dostupné v dokumentaci každého zařízení nebo snadno dostupné na stránkách výrobce. Organizace nebo státem pověřené instituce, které mají na starost standardizace zařízení, normy a hygienické předpisy, mají velký podíl na zveřejňování a dodržování pravidel v oblasti ochrany uživatelů komunikačních zařízení před ionizujícím zářením. Aktivně kontrolují deklarované hodnoty od výrobce a provádí také studie, které by mohly prokázat, zda dochází ke škodlivosti na zdraví lidí v určitém směru, který zatím nebyl prokázáný.

Limit (hlava a trup) pro získání certifikace je v USA stanoven na hodnotu 1,6 W/kg, zatímco v EU je limit 2 W/kg. V USA se však měření provádí na ekvivalentu 1 g lidských tkání, zatímco v EU na ekvivalentu 10 g lidské tkáně. Aby bylo možno naměřené hodnoty spolehlivě srovnat, muselo by být měření prováděno na stejném množství tkáně. Ve výsledku tak přístroj se SAR hodnotou 0,9 W/kg naměřenou v USA nemusí nutně produkovat menší záření, než zařízení s hodnotou 1,2 W/kg podle EU.

Světová zdravotnická organizace na svých stránkách sdílí informace o studiích, které byly provedeny v souvislosti s přecitlivěním na elektromagnetické vlnění (EHS). V roce 2004 byla studie hodnocena v Praze na pracovním semináři. Studie nepotvrdila vážnost EHS (Electromagnetic fields and public health, 2004).

V ČR se aktuálně otázkou vlivu elektromagnetismu detailně zabývá Ing. Lukáš Jelínek, Ph.D., který působí v Centru hygieny práce a pracovního lékařství při SZÚ (Státní zdravotní ústav). Na oficiálních stránkách ústavu jsou články, vyjádření a oficiální dokumenty, kde není potvrzené, že dochází k negativnímu vlivu elektromagnetických

polí (v hodnotách v zákonné normě) na lidský organismus (Národní referenční laboratoř pro neionizující elektromagnetická pole a záření, 2007).

2 CÍLE PRÁCE

Analýza odpovědí respondentů na používání zařízení, která generují elektromagnetické vlny.

Popsat veličinu SAR, která může stanovit škodlivost elektromagnetických vln na organismus.

Zmapovat a poskytnout obraz výskytu různých vln ve zvolených lokalitách.

3 HYPOTÉZA

30 % respondentů bude denně vystavena vlnám blížícím se hraniční povolené hodnotě SAR.

4 METODIKA

Pro zpracování této diplomové práce jsem vyhledal, shromáždil a prostudoval dostatečné množství materiálů ze zdrojů v síti Internet, a také jsem přečetl několik publikací, které jsou relevantní ke zpracovávanému tématu. V síti Internet jsem se zaměřil na oficiální stránky společností, které jsou hlavním garantem certifikací, norem či standardů pro homologaci popisovaných technologií. Dále jsem vybíral z publikovaných studií, na které se odkazovalo z více stránek.

Většinu informací z těchto zdrojů jsem použil v teoretické části. Mezi vlastním textem jsou informace z odborné literatury, internetových databází, odborných časopisů či úryvky v právních předpisech. V úvodní části jsem se snažil postupovat hierarchicky tak, že jsem popsal celé známé spektrum záření, které jsem rozdělil na ionizující a neionizující. Dále jsem se pohyboval v části spektra neionizujícího záření, protože je v komunikačních technologiích využíváno. Snažil jsem se zaměřit největší pozornost na aktivní prvky komunikačních sítí, které neionizující záření generují. Podrobně jsem popsal technologie, které jsou dnes nejčastěji využívány.

V druhé části teorie jsem popisoval, jak může elektromagnetické záření ovlivňovat lidský organismus. Citoval normy, hygienické předpisy a opřel se fakta, která jsou prokázána v některých studiích.

Analýza odpovědí respondentů

V praktické části jsem provedl výzkum, kde jsem na základě popisovaných poznatků o možné škodlivosti neionizujícího záření na lidský organismus, vytvořil on-line dotazník s otázkami, cílenými na konkrétní oblasti. Odpovědi na dotazník byly z největší části vyplněny žáky střední odborné školy a gymnázia v Jindřichově Hradci. Další skupinou byli kantoři na střední a základní škole. Zbývající odpovědi jsem získal od laické veřejnosti na základě přeposílání žádostí o vyplnění na různé další kontakty. Sběr dat probíhal od května do června 2020. Dotazníkového šetření se zúčastnilo celkem 175 respondentů. Výsledky dotazníkového šetření jsou vyjádřeny v grafech a obsahují popisy nasbíraných dat. Vynechal jsem dotazy na parametry, které většinou uživatelé neznají. Rozhodl jsem se pro službu Formuláře od společnosti Google, protože je uživatelsky přístupná, umožňuje podrobné zpracování dat v tabulkovém editoru a nativně generuje

již zpracované grafy. U vyplněných dotazníků jsem odpovědi označil stejnými body pro snadnější zpracování v dalších tabulkách.

Cílem dotazníku bylo zjistit znalosti o problematice a získat úvodní obraz o chování uživatelů komunikačních zařízení. Získaná data byla v první fázi zpracována v tabulce, kde jsem body v příslušných škálách sečetl a vyjádřil procentuálně. Doplňkově jsem použil i postup pro statistické šetření, který jsem vytvářel v předmětu Statistické metody a analýzy.

Statistické šetření

Formulace statistického šetření je založena na vymezení následujících pojmů:

- hromadný náhodný jev (HNJ),
- statistická jednotka (SJ),
- statistický znak (SZ),
- hodnoty statistického znaku (HSZ),
- základní statistický soubor a jeho rozsah (ZSS),
- výběrový statistický soubor a jeho rozsah (VSS),

Výsledky měření je potřebné uspořádat, graficky vyjádřit a parametrizovat vhodnými empirickými parametry. Tyto úkoly lze splnit pomocí elementárního statistického zpracování. Výsledkem elementárního statistického zpracování je empirický obraz zkoumaného výběrového statistického souboru VSS. Elementárním statistickým zpracováním je rovněž završena ta skupina základních statistických metod, kterou lze nazvat deskriptivní statistikou.

Dílčí úkoly „uspořádání“, „grafické vyjádření“ a „parametrizace“ lze vystihnout třemi základními výsledky elementárního statistického zpracování – „tabulkou“, „empirickými rozděleními (nejlépe v podobě polygonu)“ a „empirickými parametry“.

Tabulka představuje formu uspořádání výsledků měření, obsahuje osm sloupců. První čtyři sloupce jsou potřebné jednak pro zpřehlednění výsledků měření (splnění úkolu „uspořádání“), jednak pro znázornění empirických rozdělení (splnění úkolu „grafického vyjádření“). Zbývající čtyři sloupce mají pomocný význam a slouží k snadnému a rychlému výpočtu empirických parametrů (splnění úkolu „parametrizace“).

První čtyři sloupce obsahují:

- 1) sloupec označený x_i prvky škály;
- 2) sloupec označený n_i absolutní četnosti prvků škály;
- 3) sloupec označený n_i/n relativní četnosti prvků škály;
- 4) sloupec označený $\sum n_i/n$ kumulativní četnosti.

Další čtyři sloupce obsahují součiny potřebné pro výpočet empirických parametrů:

- 5) sloupec obsahuje součiny $x_i n_i$;
- 6) sloupec obsahuje součiny $x_i^2 n_i$;
- 7) sloupec obsahuje součiny $x_i^3 n_i$;
- 8) sloupec obsahuje součiny $x_i^4 n_i$.

Tabulka je uzavřena součty údajů v jednotlivých sloupcích. V prvních čtyřech sloupcích mají tyto součty význam kontrolní, v dalších čtyřech sloupcích jsou potřebné pro výpočet empirických parametrů.

Empirická rozdělení četností lze členit na dva základní druhy. První druh přiřazuje prvkům škály x_i odpovídající absolutní četnosti n_i nebo relativní četnosti n_i/n . Druhý druh přiřazuje prvkům škály x_i odpovídající kumulativní četnosti $\sum n_i/n$.

Grafické vyjádření empirického rozdělení jednorozměrného statistického souboru je spojeno s používáním souřadnicového systému v rovině. V tomto souřadnicovém systému jsou vždy na vodorovnou osu nanášeny prvky škály x_i , na svislou osu odpovídající četnosti. Grafické vyjádření těchto funkčních závislostí je dáno množinou bodů, jejichž první souřadnicí je vždy prvek škály x_i , druhou souřadnicí je odpovídající četnost. Spojením sousedních bodů této množiny úsečkami lze obdržet lomenou čáru, která je nazývána „polygon“. Lze rozeznávat „polygon absolutních četností“, „polygon relativních četností“, „polygon kumulativních četností“.

Grafické vyjádření umožňuje okamžité zkoumání, kterému teoretickému rozdělení (z hlediska teorie pravděpodobnosti) se přibližuje empirické rozdělení, získané jako výsledek deskriptivní statistiky. Další význam spočívá v okamžitém orientačním vyhodnocení parametrů polohy, variability, šikmosti a špičatosti empirického rozdělení a tím i zkoumaného statistického souboru.

Empirické parametry stručně a jednoduše vystihují povahu zkoumaného statistického souboru. Většinou jsou empirické parametry vztahovány k výběrovému statistickému souboru, proto často nesou pojmenování „výběrové parametry“ a jsou součástí výběrového statistického šetření. Výběrové parametry patří mezi významné výběrové charakteristiky výběrového statistického šetření. Výběrové statistické šetření má vedle mnoha kladů i některé zápory. K hlavním záporům patří zatížení výběrovou chybou.

Aby byla výběrová chyba minimalizována a aby bylo možno rozšířit poznatky získané výběrovým statistickým šetřením na základní statistický soubor (na populaci), je nutno zajistit reprezentativnost výběrového statistického souboru. Nejspolehlivější cestou k zajištění reprezentativnosti je provedení náhodného výběru statistických jednotek výběrového statistického souboru. Obvykle lze na základě náhodného výběru ztotožnit výběrové charakteristiky s charakteristikami populačními, přesahuje-li rozsah výběrového statistického souboru alespoň 30 statistických jednotek.

Jinou možností je i záměrný výběr, kdy zkušený odborník vybírá ze základního statistického souboru určité statistické jednotky záměrně tak, aby byl výběrový statistický soubor souborem reprezentativním.

Výběrové parametry mají statisticko-pravděpodobnostní charakter a z tohoto důvodu se chovají jako zvláštní skupina „statistických znaků“.

Empirické parametry lze dělit podle toho, který rys zkoumaného statistického souboru (zkoumaného statistického znaku) vystihují:

- parametr polohy,
- parametr proměnlivosti (variability),
- parametr šikmosti,
- parametr špičatosti.

Druhým dělením je dělení empirických parametrů podle způsobu jejich výpočtu:

- momentové parametry (vystupují jako funkce všech hodnot statistického znaku),
- kvantilové parametry (reprezentují jen určité hodnoty statistického znaku).

Kvantilové parametry úzce souvisejí s momentovými parametry, jsou však konstruovány odlišným způsobem. Empirickým kvantilem je vždy určitá hodnota statistického znaku (již lze vyjádřit kvantitativní metrickou nebo absolutní metrickou škálou), která dělí počet menších a větších hodnot statistického znaku v určitém poměru. Např. kvantil dělicí

hodnoty statistického znaku na dvě stejné části (tj. padesátiprocentní kvantil) je nazýván „medián“. Mezi další známé kvantily patří kvartily, decily a percentily. Kvantilové parametry nebudou blíže zkoumány.

Momentové parametry jsou děleny na obecné momenty, centrální momenty a normované momenty. Pomocí obecného momentu 1. řádu lze výstižně charakterizovat parametry (aritmetický průměr), pomocí centrálního momentu 2. řádu lze charakterizovat parametry (empirický rozptyl), pomocí normovaného momentu 3. a 4. řádu pak parametry šikmosti a špičatosti. Jelikož normované momenty lze vypočítat pomocí centrálních momentů a centrální momenty pomocí momentů obecných, bude v dalším výkladu zvolen následující postup (písmenem x bude v rámci tohoto postupu označen zkoumaný statistický znak SZ- x , prvky škály statistického znaku budou označeny x_i , absolutní četnosti n_i a rozsah výběrového statistického souboru n):

- uvedení obecných vztahů pro obecné a centrální momenty;
- vyjádření potřebných centrálních momentů pomocí momentů obecných;
- vyjádření potřebných normovaných momentů pomocí momentů centrálních.

a) Obecné vztahy pro obecné a centrální parametry, variační koeficient:

Obecný moment r -tého řádu:

$$O_r(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i^r$$

Obecný moment 1. řádu: (aritmetický průměr):

$$O_1(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i$$

Centrální moment r -tého řádu:

$$C_r(x) = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^r$$

Centrální moment 2. řádu: (empirický rozptyl, střední kvadratická chyba)

$$C_2(x) = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^2$$

Směrodatná odchylka:

$$S_x = \sqrt{C_2}$$

Variační koeficient,

$$\frac{S_x}{O_1}$$

$$100 \frac{S_x}{O_1}$$

kde variační koeficient v procentech lze vyjádřit:

b) Vyjádření potřebných centrálních momentu pomocí momentu obecných (odvození s použitím binomické věty)

$$C_2 = O_2 - O_1$$

$$C_3 = O_3 - 3O_2O_1 + 2O_1^3$$

$$C_4 = O_4 - 4O_3O_1 + 6O_2O_1^2 - 3O_1^4$$

c) Vyjádření potřebných normovaných momentu pomocí momentu centrálních, obecný vztah pro normovaný moment r-tého řádu

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2\sqrt{C_2}}$$

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2}$$

$$N_r(x) = \sum \frac{n_i}{n} \left(\frac{x_i - O_1}{S_x} \right)^r$$

Parametr polohy je určen obecným momentem 1. řádu O_1 a nese název „aritmetický průměr“. Polohou empirického rozdělení četností je myšleno jeho umístění na vodorovné ose souřadnicového systému. V uvedeném vztahu jde o vážený aritmetický průměr.

Parametr proměnlivosti je určen centrálním momentem 2. řádu C_2 a nese název „empirický rozptyl“ (odmocnina rozptylu pak nese název „směrodatná odchylka“). Směrodatná odchylka ukazuje, jakou výpovědní hodnotu má aritmetický průměr. Je-li směrodatná odchylka velká, výpovědní hodnota aritmetického průměru je malá a opačně.

Variační koeficient v procentuální podobě udává, kolik procent z aritmetického průměru tvoří směrodatná odchylka.

Parametr šikmosti je nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 3. řádu N_3 a nese pak název „koeficient šikmosti“. Je-li koeficient šikmosti kladný, pak prvky škály ležící vlevo od aritmetického průměru mají vyšší četnosti (kladně zešikmené rozdělení četností – větší koncentrace menších prvků škály, menších hodnot statistického znaku) a opačně.

Parametr šikmosti je nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 3. řádu N_3 a nese pak název „koeficient šikmosti“. Je-li koeficient šikmosti kladný, pak prvky škály ležící vlevo od aritmetického průměru mají vyšší četnosti (kladně zešikmené rozdělení četností – větší koncentrace menších prvků škály, menších hodnot statistického znaku) a opačně.

Parametr špičatosti je nejčastěji určován pomocí normovaného momentu 4. řádu N_4 a nese pak název „koeficient špičatosti“. Špičatějšímu rozdělení četností při daném rozptylu odpovídá vyšší hodnota koeficientu špičatosti než rozdělení ploššímu. Používá se rovněž veličina „exces“, definovaná vztahem $\text{exces} = N_4 - 3$. Exces srovnává špičatost empirického rozdělení se špičatostí známého normovaného normálního rozdělení. Je-li exces kladný, je empirické rozdělení špičatější než toto rozdělení. Ideální koeficient špičatosti má hodnotu 3.

Popsání veličiny SAR

Pro popsání veličiny SAR byly prostudovány elektronické zdroje, poznatky byly uvedeny v teoretické části. V praktické části byl proveden průzkum dokumentace výrobků komunikačních zařízení a zmapování informovanosti na jejich stánkách. Výstupem byly citace, odkazy a obrázky, které dokazují, že výrobci mají zájem o zveřejňování hodnotách SAR a pohybují se ve stanovených normách hodnoty SAR.

Zmapování výskytu různých vln ve zvolených lokalitách

Zmapování výskytu různých vln proběhlo na Sídlišti Vajgar v Jindřichově Hradci v květnu 2020. Za pomoci diagnostických aplikací byly měřeny síly signálů GSM z několika základnových stanic a porovnány v závislosti změny místa i nastavení měření. Byly zmapovány i wifi signály v panelovém domě, kde byla prokázána jejich interference

a provedena náprava v podobě optimalizace nastavení routeru. Výstupy z měření a postupu nastavení byly zobrazeny v přehledných grafech a popsány.

5 VÝSLEDKY

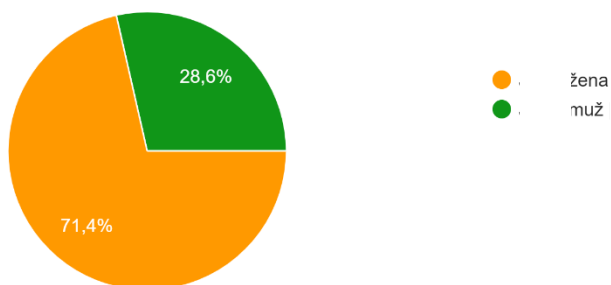
V první části této kapitole zobrazím a popíši data, která byla nasbírána přes elektronický formulář. Následně provedu statistické šetření vybraných otázek. V další části se budu věnovat veličině SAR. Zaměřím se na dokumentaci, která je součástí balení komunikačních zařízení, a také na webové stránky výrobců. Na závěr se budu věnovat vlastnímu průzkumu, který bude zaměřený na měření GSM signálu ze základnových stanic ve vybrané lokalitě mého bydliště. Zmapuji wifi sítě v panelovém domě a nabídnu řešení, jak v souvislosti s elektromagnetickým rušením lze wifi síť optimalizovat.

5.1 Dotazník

Dotazník je uzavřený pro další odpovědi, nicméně lze navázat na již získané údaje. Stále je dostupný pro veřejnost na adrese <https://forms.gle/hHZuQgZxg4G5UvbZA> a jeho podobu zobrazím v příloze této práce. Obsahuje 12 otázek a eviduje 175 odpovědí. Každá otázka obsahuje i popis, kterým je otázka podrobněji vysvětlena.

Otázka č. 1:

Pohlaví:
175 odpovědí



Obrázek 12: Pohlaví (zdroj: vlastní výzkum)

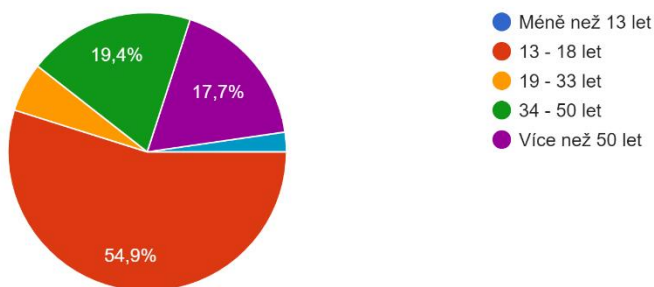
Na obrázku 12 je koláčový graf, který ukazuje, že dotazník vyplnilo 125 žen (71,4 %) a 50 mužů (28,6 %).

Obrázek 13 je přehled věkových kategorií respondentů. První kategorii jsem nastavil jako věk do 13 let, další věkové rozpětí bylo od 14 do 18 let, což je hranice plnoletosti. Další kategorie jsem stanovil na 19–33 a 34–50 let. Poslední kategorie je 50 a více let.

Otázka č. 2:

Věk:

175 odpovědí



Obrázek 13: Věk (zdroj: vlastní výzkum)

Otázka č. 3:

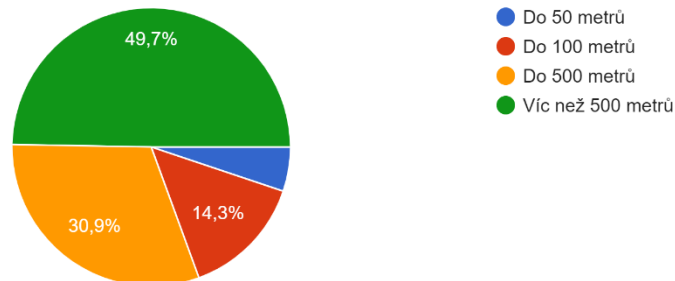
Další otázka obsahovala odkaz na neoficiální mapu pokrytí GSM vysílačů na našem území (www.gsmweb.cz). Pro snadnou orientaci mapa obsahuje praktické výběrové roletky, které dokáží rychle vyhledat všechny vysílače, které má uživatel v okolí svého bydliště. Na mapě je i měřítko, ze kterého lze lehce odvodit, v jaké vzdušné vzdálenosti se vysílač nachází. Pro teoretické vypočítání hodnot záření, kterým by mohl být respondent vystaven, je vzdálenost od vysílače velmi důležitá. Na obrázku 14 jsou škály rozděleny do 50 metrů, následně do 100 metrů, pak do 500 metrů, a nakonec na více než 500 metrů. Počet respondentů byl ve stejném pořadí škál následující: 9, 25, 54, 87.

Nejvyšší dávky z vysílačů jsou měřeny v prvních dvou škálách, kdy nejbližší pod anténou je relativně bezpečné místo. Z hlediska identifikace síly signálu je důležité znát typ antény a její nastavení. Může to být anténa všesměrová, sektorová či dipólová, jaký je její zisk a tak dále. Také záleží, jakou technologií vysílače disponují, resp. jaký signál vysílají. Například vysílače, které vyzařují druhou generaci (2G), mají největší výkon vyzařování (ve watttech) a nabízí nejpomalejší přenos dat. Naproti tomu 4G sítě nabízí nejrychlejší datový přenos a vysílaný výkon ve watttech je několikrát nižší. Je to dáno novou

technologií, kdy za pomoci vyspělejších čipů a komponentů je možné komunikovat s nižšími nároky na energii a vyzařovaný výkon.

Jak daleko ve Vaší blízkosti se nachází nějaký vysílač mobilního operátora?

175 odpovědí

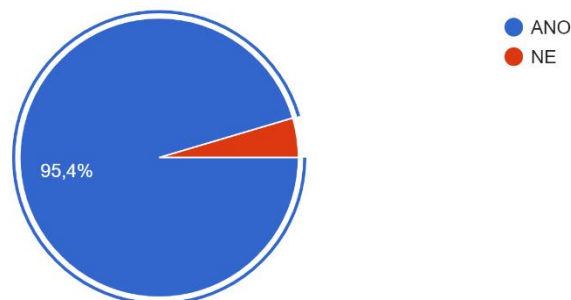


Obrázek 14: Základnové stanice GSM (BTS) (zdroj: vlastní výzkum)

Otázka č. 4:

Máte chytrý mobilní telefon?

175 odpovědí



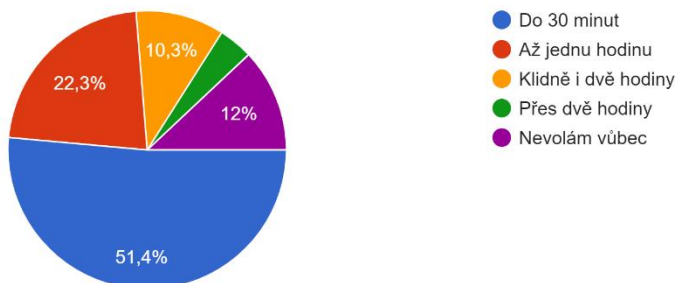
Obrázek 15: Chytrý telefon (zdroj: vlastní výzkum)

Obrázek 15 zobrazuje 167 respondentů, kteří uvedli, že mají chytrý mobilní telefon. V dnešní době někteří lidé používají i dva mobilní telefony. Buď je to z důvodu dvou SIM karet, kdy každá je od jiného operátora a uživatel má dva telefony, kdy každý podporuje jen režim s jednou SIM kartou. Nebo má uživatel svůj soukromý mobilní telefon a k tomu ještě jeden pracovní.

Otázka č. 5:

Kolik času průměrně denně provoláte z mobilního telefonu?

175 odpovědí



Obrázek 16: Délka hovorů (zdroj: vlastní výzkum)

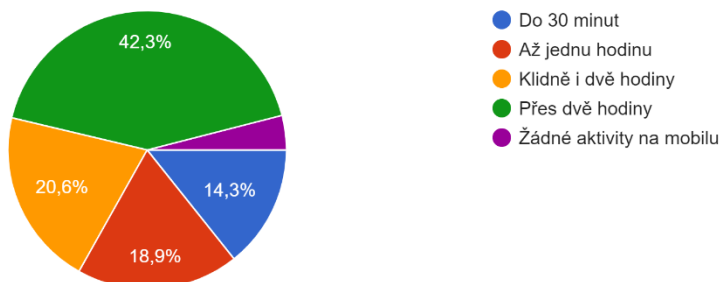
Další otázka obsahuje dotaz na volání z mobilního telefonu. Z grafu na obrázku 16 je patrné, že většina respondentů denně volá průměrně do 30 minut (90 dotázaných). 39 respondentů mají tuto hranici do jedné hodiny a 18 dotázaných do dvou hodin. Přes dvě hodiny zvolilo 7 dotázaných a posledních 21 odpovědělo, že nevolá vůbec.

Otázka č. 6:

Šestá otázka je zaměřena na používání mobilního telefonu v souvislosti s využíváním datových přenosů, které jsou aktivní při spuštění internetových prohlížečů nebo používání aplikací propojených přes síť Internet. Zároveň může probíhat komunikace přes Wi-Fi, Bluetooth nebo GPS. Na obrázku 17 je zřejmé, že chování respondentů je jiné než u předchozí otázky. 74 dotázaných zde uvádí, že je jejich průměrná doba za hranicí dvou hodin. Do dvou hodin se vešlo 36 respondentů a 33 do jedné hodiny. Do 30 minut udává 25 dotázaných a žádné aktivity (mimo volání) je v grafu u sedmi respondentů.

Kolik času průměrně denně věnujete hraní her, surfování na internetu či používání aplikací?

175 odpovědí

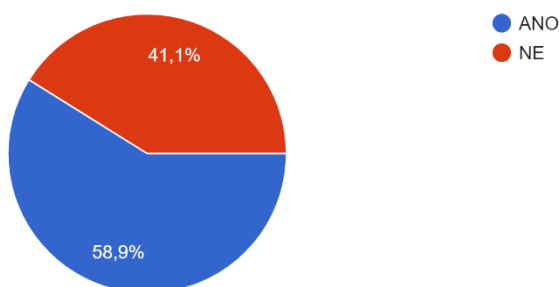


Obrázek 17: Doba aktivit mimo volání (zdroj: vlastní výzkum)

Otázka č. 7:

Víte, že mobilní telefony vytváří elektromagnetické záření, které nesmí překročit povolený limit?

175 odpovědí

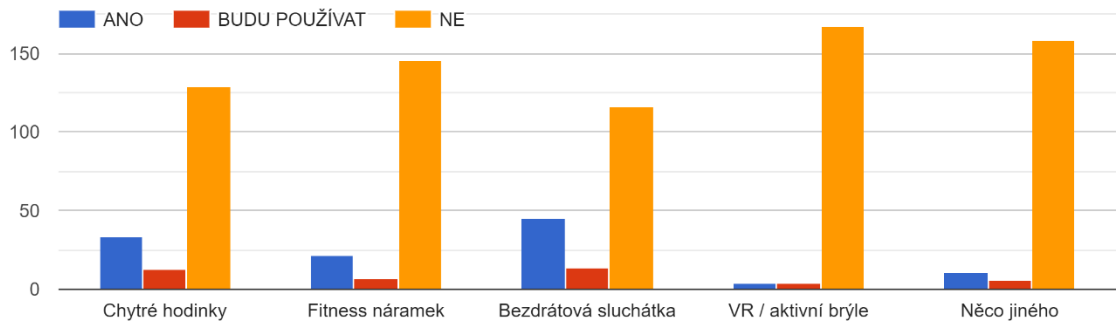


Obrázek 18: Odpovědi na hodnotu SAR (zdroj: vlastní výzkum)

U otázky na specifickou míru absorpce je pro respondenty dostupný i popisek, který je informuje, že maximální hodnota SAR (Specifická míra absorpce) je v EU do 2 W/kg. Zde odpovědělo 103 respondentů kladně, tedy že ví o této fyzikální veličině v souvislosti s elektromagnetickým zářením mobilních telefonů, jak ukazuje obrázek 18. Opačnou odpověď zvolilo 72 dotázaných.

Otázka č. 8:

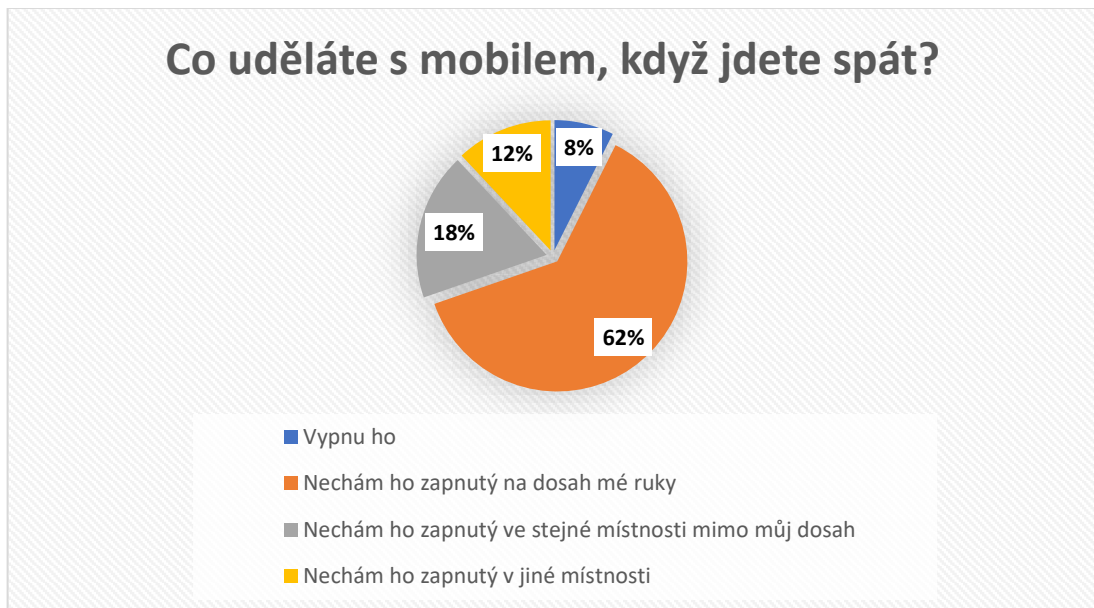
Používáte bezdrátovou nositelnou elektroniku?



Obrázek 19: Nositelná elektronika (zdroj: vlastní výzkum)

Obrázek 19 zobrazuje odpovědi na osmou otázku, která je zaměřena na nositelnou elektroniku. Nejvíce respondentů uvádí, že používá bezdrátová sluchátka (45), další v pořadí jsou chytré hodinky (33) a fitness náramek (22). Čtyři respondenti uvádí virtuální brýle. Něco jiného než výše uvedené produkty, používá 11 dotázaných.

Otázka č. 9:

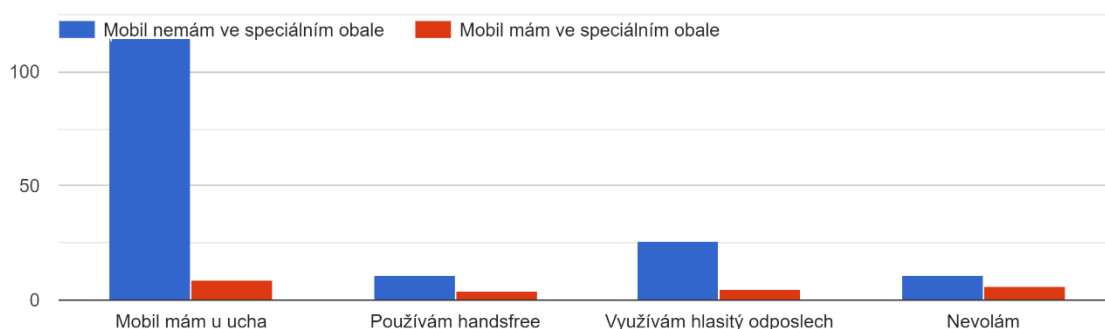


Obrázek 20: Co uděláte s mobilem, když jdete spát? (zdroj: vlastní výzkum)

Graf na obrázku 20 zobrazuje odpovědi na otázku, za uživatele mobilní telefony na noc vypínají nebo nikoliv. Vypínání zvolilo 13 dotázaných a ostatních 162 respondentů mobilní telefon na noc nevyplíná. Z těchto ostatních jich má 109 telefon na dosah své ruky, 32 ve stejné místnosti a 21 v jiné místnosti.

Otázka č. 10:

Jak většinu hovorů vyřizujete?



Obrázek 21: Způsob vyřizování hovorů (zdroj: vlastní výzkum)

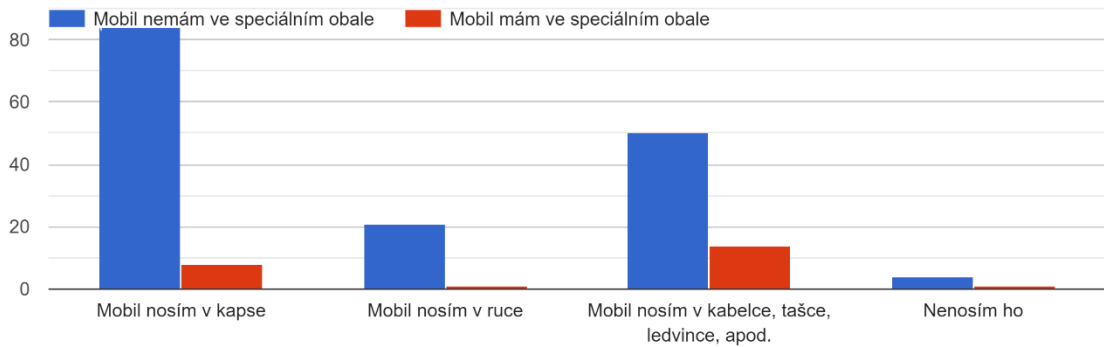
Na obrázku 21 je přehled odpovědí na otázku, zda respondenti vyřizují hovory s mobilním telefonem u ucha nebo jinak. Hygienická norma udává dvě hodnoty, kdy jedna je pro hlavu a druhá je pro zbytek těla. 124 respondentů odpovědělo, že většinu hovorů vyřizují tak, že mají mobil u ucha. Z toho 9 jich uvedlo, že mají mobil ve speciálních stínícím obale. Hlasitý odposlech zvolilo 31 dotázaných, 5 z nich udává speciální obal. Pro handsfree hlasovalo 15 dotázaných, 4 z těchto udává speciální obal. Z mobilního telefonu nevolá 17 dotázaných, a i z těchto 6 respondentů zvolilo speciální obal.

Otázka č. 11:

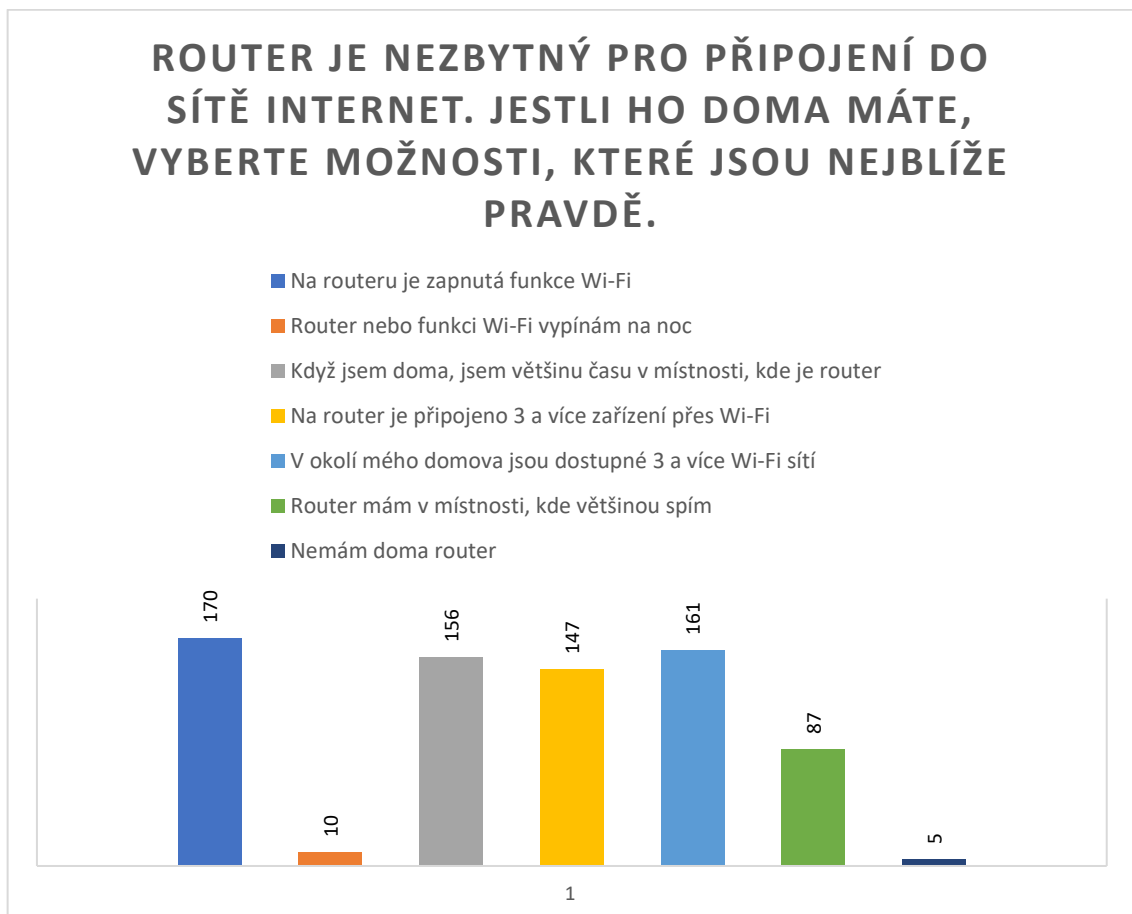
Předposlední otázka je zaměřena na způsob přenášení mobilního telefonu a ukazuje nám, zda mobilní telefon přenášíme v těsné blízkosti těla či nikoliv. Obrázek 22 zobrazuje 84 respondentů, kteří většinou přenáší mobilní telefon v kapse. 21 jich preferuje přenášet mobil většinou v ruce a 50 dalších raději využije tašku či kabelku. 4 respondenti svůj

mobilní telefon nepřenáší. Ochranný obal je u stejných respondentů, zde je ale poměr jiný než v přechozí otázce.

Jakým způsobem přenášíte mobil z místa na místo?



Obrázek 22: Způsob přenášení mobilu (zdroj: vlastní výzkum)



Obrázek 23: Otázka č. 12 – Router (zdroj: vlastní výzkum)

Otázka č. 12:

Poslední otázka je zaměřena na router na Wi-Fi. Na obrázku 23 je patrné, že většina respondentů využívá router se zapnutou Wi-Fi, konkrétně 170 z celkových 175. 156 dotázaných uvedlo, že router vysílá signál ve stejné místnosti, kde většinu času tráví doma čas. A 14 respondentů v místnosti, kde spí. Že je na router připojeno 3 a více zařízení uvedlo 147 dotázaných. 161 jich zaznamenalo, že v jejich okolí je dostupných 3 a více wifi sítí. Router doma nemá 5 dotázaných.

5.1.1 Porovnání hodnot v tabulce

Vyhodnocení dotazníku proběhlo na základě poměru v tabulce. Hodnoty jsou převzaty z otázek č. 3 a 5, kde byla nevyšší pravděpodobnost absorpce elektromagnetických vln (vzdálenost BTS a doba vyřizování hovorů). Výsledná procenta jsou poměry škál k celkovému součtu respondentů. Škála „do 50 metrů“, která představovala nejvyšší expozici, dosáhla na 5 %. Ani v případě připočítání procentuální hodnoty škály „do 100 metrů“ by výsledná hodnota nedosahovala 30 %. Na základě výsledku, který je nižší než očekávaný, lze konstatovat, že se **hypotéza nepotvrdila**.

Tabulka 3: Expozice BTS – tabulkové porovnání

Máte chytrý mobilní telefon?	(Vše)				
Pohlaví:	(Vše)				
Věk:	(Vše)				
Součet z DATA	Popisky sloupců				
Škály	Do 50 metrů	Do 100 metrů	Do 500 metrů	Víc než 500 metrů	Celkový součet
Až jednu hodinu		5	17	17	39
Do 30 minut	7	14	25	44	90
Klidně i dvě hodiny		2	6	10	18
Nevolám vůbec	2	2	4	13	21
Přes dvě hodiny		2	2	3	7
Celkový součet	9	25	54	87	175
	5%	14%	31%	50%	100%

Zdroj: vlastní výzkum

5.1.2 Statistické šetření

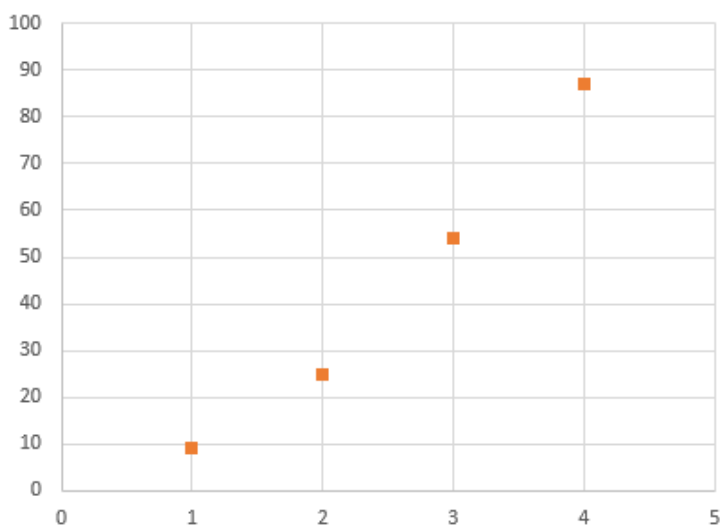
V této podkapitole jsou statisticky zpracovány počty jednotlivých odpovědí, které byly zvoleny pro potvrzení či vyvrácení hypotézy. Postupy k výpočtu jsou uvedeny v sekci Metodika.

Tabulka 4 obsahuje počty respondentů, kteří odpověděli na otázku č. 3 v dotazníku. Prvky škály jsou totožné, jako v tabulce 3.

Tabulka 4: Expozice BTS – statistické šetření

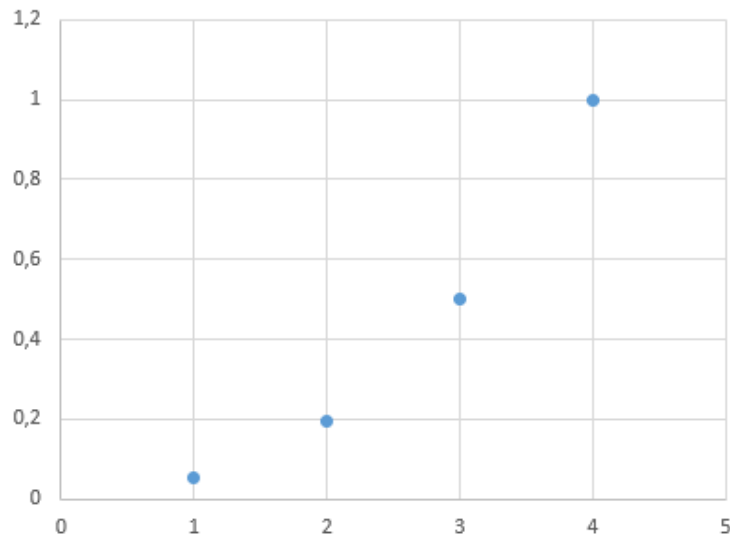
x_i	n_i	n_i/n	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	9	0,051429	0,05142857	9	9	9	9
2	25	0,142857	0,19428571	50	100	200	400
3	54	0,308571	0,50285714	162	486	1458	4374
4	87	0,497143	1	348	1392	5568	22272
	175	1		569	1987	7235	27055

Na obrázku 24 je nespojitý bodový graf absolutních četností, který zobrazuje hodnoty prvků škály z tabulky 4. Součet těchto hodnot je celkový počet odpovědí respondentů, tedy 175.



Obrázek 24: Polygon absolutních četností (zdroj: vlastní výzkum)

Na obrázku 25 je nespojitý bodový graf kumulativních četností, který zobrazuje přírůstkové hodnoty škál v procentech. Součet všech škál představuje 100 %, tedy hodnotu 1.



Obrázek 25: Polygon kumulativních četností (zdroj: vlastní výzkum)

Užitím 5. až 8. sloupce tabulky 4 jsou vypočítány obecné momenty 1. až 4. řádu:

$$O_1 = 3,25$$

$$O_2 = 11,35$$

$$O_3 = 41,34$$

$$O_4 = 155$$

A dále centrální momenty 2. až 4. řádu:

$$C_2 = 0,78 \quad (\text{směrodatná odchylka } S_x = 0,88, \text{ variační koeficient je přibližně } 27 \%)$$

$$C_3 = 0,66$$

$$C_4 = 1,83$$

Závěrečná část výpočtu empirických parametrů bude směřovat k určení normovaných momentů 3. a 4. řádu a excesu:

$$\text{exces} = N_4 - 3 = \mathbf{0,11}$$

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2 \sqrt{C_2}} = \mathbf{0,96}$$

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2} = \mathbf{2,99}$$

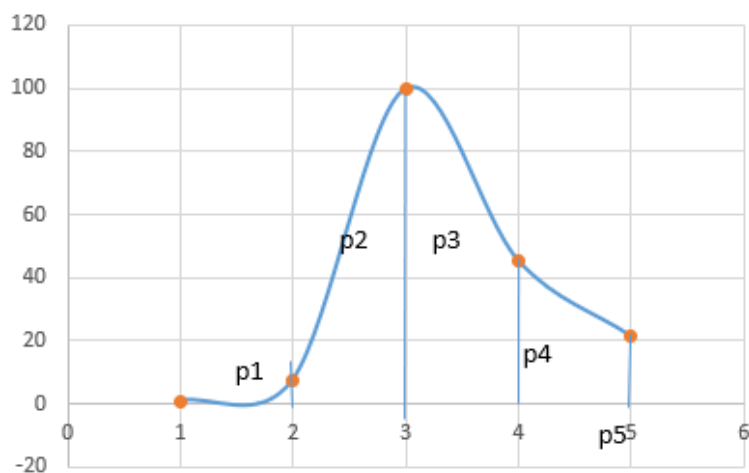
V tabulce 5 jsou rozčleněné hodnoty statistického znaku do čtyř intervalů a obsahují hodnoty zvolených škál. V posledním sloupci jsou uvedené hodnoty, které jsou potřebné pro vymodelování Gaussovy křivky.

Tabulka 5: Intervalové rozdělení četností – expozice BTS

x_i	Interval	n_i	u_i	$F(u_i)$	p_i	np_i
						l
1	$(-\infty; 1, 5)$	9	-1,98	0,96	0,04	8
2	$(1, 5; 2, 5)$	25	-0,85	0,61	0,57	100
3	$(2, 5; 3, 5)$	54	0,28	0,87	0,26	45
4	$(3, 5; \infty)$	87	1,41	0,99	0,12	21

Zdroj: vlastní výzkum

Na obrázku 26 je zobrazena Gaussova křivka, která je odvozena z hodnot, které jsou v tabulce 5 (poslední sloupec). Křivka má typický tvar, popisuje hustotu pravděpodobnosti normálního rozdělení. Její špičatost poukazuje na menší počet intervalů a větší rozdíl hodnot škál. Plochy p_2 , p_3 a p_4 představují převažující četnosti škál a potvrzují tvrzení, že **hypotéza se nepotvrdila**.



Obrázek 26: Gaussova křivka – expozice BTS (zdroj: vlastní výzkum)

5.2 Popis veličiny SAR

Možný vliv mobilních telefonů na lidský organismus může představovat zvýšená hodnota SAR, kterou popisují v kapitole 1.3. Výrobce by měl údaj poskytnout v příložené dokumentaci, popřípadě v sekci podpora produktu na svých oficiálních stránkách. Obrázek 27 obsahuje všechny údaje, které nalezneme v příloženém návodu k mobilnímu telefonu Huawei P30 Lite. Většina výrobců provozuje přehlednou online databázi svých produktů, kde je po zadání správných identifikačních údajů dostupný údaj o SAR. Na obrázku 28 je příkladný přístup společností Samsung.

Dodržování předpisů Federální komise pro komunikaci (FCC)

Provoz při nošení na těle
Přístroj splňuje požadavky na vysokofrekvenční zařízení při použití v blízkosti ucha nebo ve vzdálenosti 1,50 cm od těla. Ujistěte se, že příslušenství tohoto přístroje, jako je např. obal nebo pouzdro, není tvořeno kovovými částmi. Přístroj udržujte mimo tělo, aby byly splněny uvedené požadavky na vzdálenost.

Informace o certifikátech (SAR)
Tento přístroj je také navržen tak, aby splňoval požadavky na vystavení vysokofrekvenčnímu záření stanovené Federální komisí pro komunikaci (FCC) (USA).
Ve Spojených státech je limit SAR stanoven na 1,6 W/kg zprůměrováno na gram tkáně. Nejvyšší hodnota SAR u tohoto typu přístroje nahlášená Federální komisí pro komunikaci uvedený limit splňovala.
Nejvyšší hodnota SAR u tohoto typu zařízení nahlášená Federální komisí pro komunikaci při použití u ucha je

MAR-LX1A	0,81 W/kg
----------	-----------

103

A při správném nošení na těle je

MAR-LX1A	0,39 W/kg
----------	-----------

Při použití funkce Wi-Fi hotspot je

MAR-LX1A	0,95 W/kg
----------	-----------

Prohlášení Federální komise pro komunikaci (FCC)
Tento přístroj byl testován a bylo zjištěno, že odpovídá limitům pro digitální zařízení třídy B podle Části 15 pravidel FCC. Tyto limity poskytují přiměřenou ochranu před škodlivým rušením při instalaci v obydlí. Dané zařízení vytváří, využívá a může vyzařovat vysokofrekvenční energii. Pokud není nainstalováno a využíváno v souladu s pokyny, může rušit rádiovou komunikaci. Neexistuje však žádná záruka, že k rušení v konkrétní instalaci nedojde. Pokud tento přístroj ruší rozhlasový nebo televizní příjem – což lze určit vypnutím a zapnutím přístroje – uživatel se může pokusit odstranit rušení některou z následujících metod:
--Změňte orientaci přijímací antény nebo ji přemístěte.
--Zvětšete vzdálenost mezi přístrojem a přijímačem.
--Zapojte přístroj do zásuvky jiného okruhu, než do kterého je zapojen přijímač.
--Poradte se s prodejcem nebo zkušeným technikem v oblasti rozhlasu a televize.
Tento přístroj splňuje nařízení Federální komise pro komunikaci (FCC), část 15. Provoz je podmíněn následujícími dvěma podmínkami: (1) Tento přístroj nesmí působit škodlivé rušení a (2) tento přístroj se musí vyrovnat s jakýmkoliv rušením včetně toho, které může způsobit nežádoucí činnost.
Upozornění: Jakékoliv změny nebo úpravy tohoto přístroje, které nejsou výslovně schváleny společností Huawei Technologies Co., Ltd. z hlediska shody, mohou zrušit práva uživatele provozovat toto zařízení.

Obrázek 27: Huawei P30 Lite – SAR (zdroj: Dokumentace Huawei P30 Lite)

SM-G930F

TOTO ZAŘÍZENÍ ODPOVÍDÁ NORMÁM TÝKAJÍCÍM SE PŮSOBENÍ RADIOVÝCH VLN

Vaše mobilní zařízení představuje vysílač a přijímač radiových vln. Bylo navrženo proto, aby nedocházelo k překračování limitních hodnot doporučených mezinárodními normami týkajícími se působení radiových vln (radiofrekvenčních elektromagnetických polí). Tyto normy vytvořila nezávislá vědecká organizace (ICNIRP) a jejich součástí je přesně stanovená bezpečnostní tolerance, která slouží k zajištění bezpečnosti všech osob bez ohledu na jejich věk a zdravotní stav.

Za jednotku měření byla v rámci norem týkajících se působení radiových vln stanovena jednotka známá pod označením „Specifická míra absorpce“ neboli SAR. Limit SAR pro mobilní telefony byl stanoven na 2 W/kg. Testy SAR se provádí v běžných provozních polohách, kdy zařízení přenáší signál za nejvyššího prokázaného výkonu a ve všech testovaných frekvenčních pásmech. Nejvyšší hodnoty SAR tohoto modelu zařízení podle norem ICNIRP:

Hodnota SAR v oblasti hlavy : 0.406 W/Kg

SAR těla: 1.48 W/Kg

Při používání jsou hodnoty SAR tohoto telefonu většinou mnohem nižší než výše uvedené hodnoty. Důvodem je efektivnost systému a snížení interference v rámci sítě, kdy provozní výkon mobilního telefonu je automaticky nižší v případě, že pro uskutečnění telefonního hovoru není zapotřebí maximálního výkonu. Čím nižší je výkon zařízení, tím nižší je hodnota SAR.

Testování SAR s ohledem na nošení telefonu v blízkosti těla bylo provedeno s odstupem 0.5 cm. Aby zařízení během nošení v blízkosti těla splňovalo normy týkající se působení rádiových frekvencí, mělo by být umístěno minimálně ve výše uvedené vzdálenosti od těla.

Pokud mají lidé obavy nebo chtějí snížit intenzitu ozáření, doporučují organizace, jako například Světová zdravotnická organizace a Úřad Spojených států pro kontrolu potravin a léčiv, využívat handsfree příslušenství, které minimalizuje kontakt zařízení s tělem a v oblasti hlavy během používání, popř. snížit dobu používání zařízení.

Poznámka:

Výše uvedená maximální hodnota SAR představuje hodnotu zaznamenanou u nejnovější verze tohoto sluchátka. Pro předchozí modely byly pravděpodobně naměřeny odlišné hodnoty SAR. Podrobnosti o těchto hodnotách naleznete v uživatelské příručce, která je dodávána společně se sluchátkem.

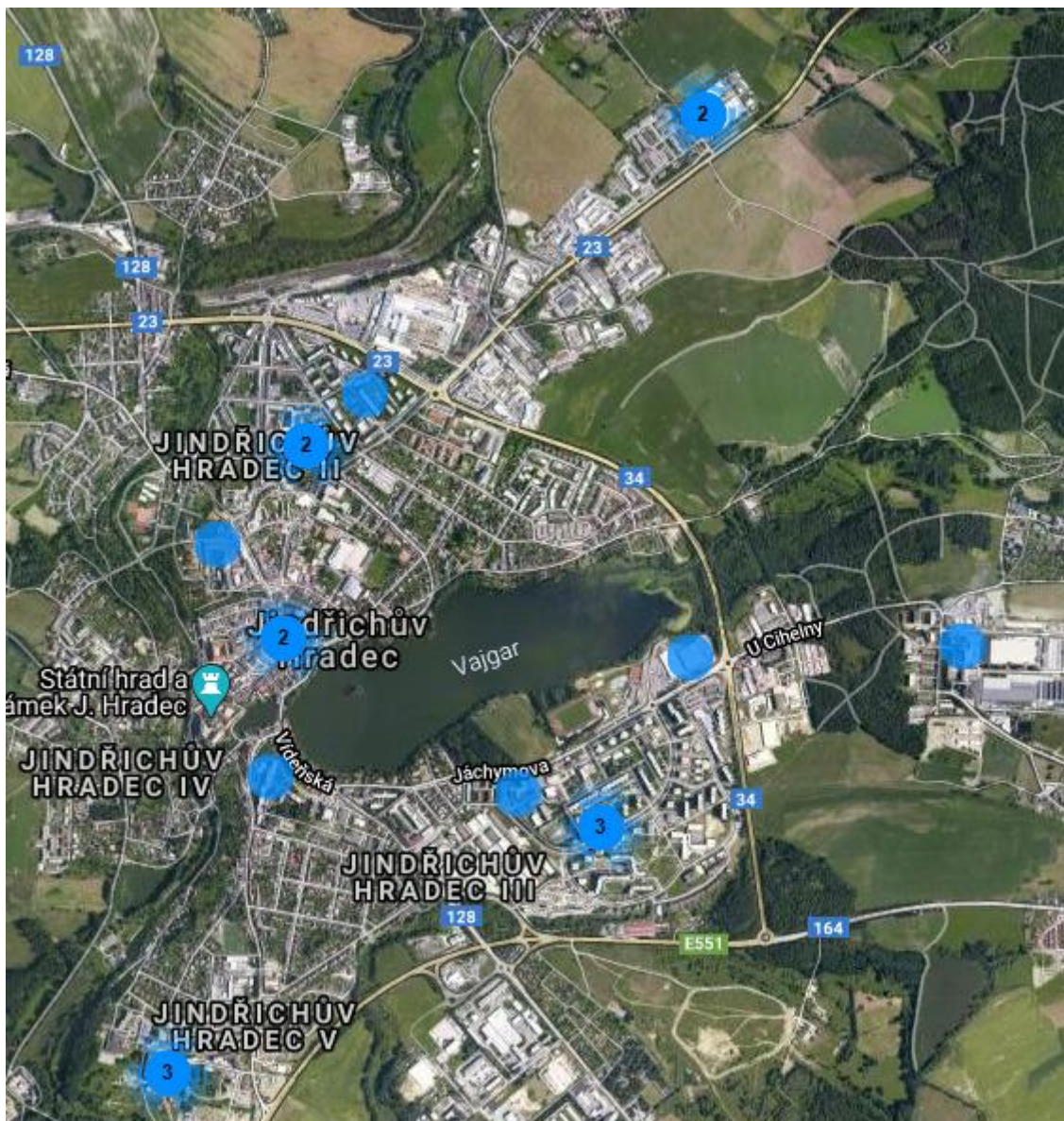
Obrázek 28: Samsung – SAR online (zdroj: <https://www.samsung.com/sar/sarMain>)

5.3 Zmapování výskytu různých vln ve vytýčených lokalitách

Pro splnění cíle „zmapovat a poskytnout obraz výskytu různých vln ve vytýčených lokalitách“ jsem se v návaznosti na otázku č. 3 z dotazníku rozhodl zobrazit a zmapovat přehled pokrytí GSM signálem v okolí mého bydliště. V další podkapitole jsem zmapoval wifi síť v běžném panelovém domě.

5.3.1 GSM pokrytí v Jindřichově Hradci

Buňkový systém GSM je založen na propojené kaskádě základnových stanic BTS (popsáno v kapitole 1.2.2.1).



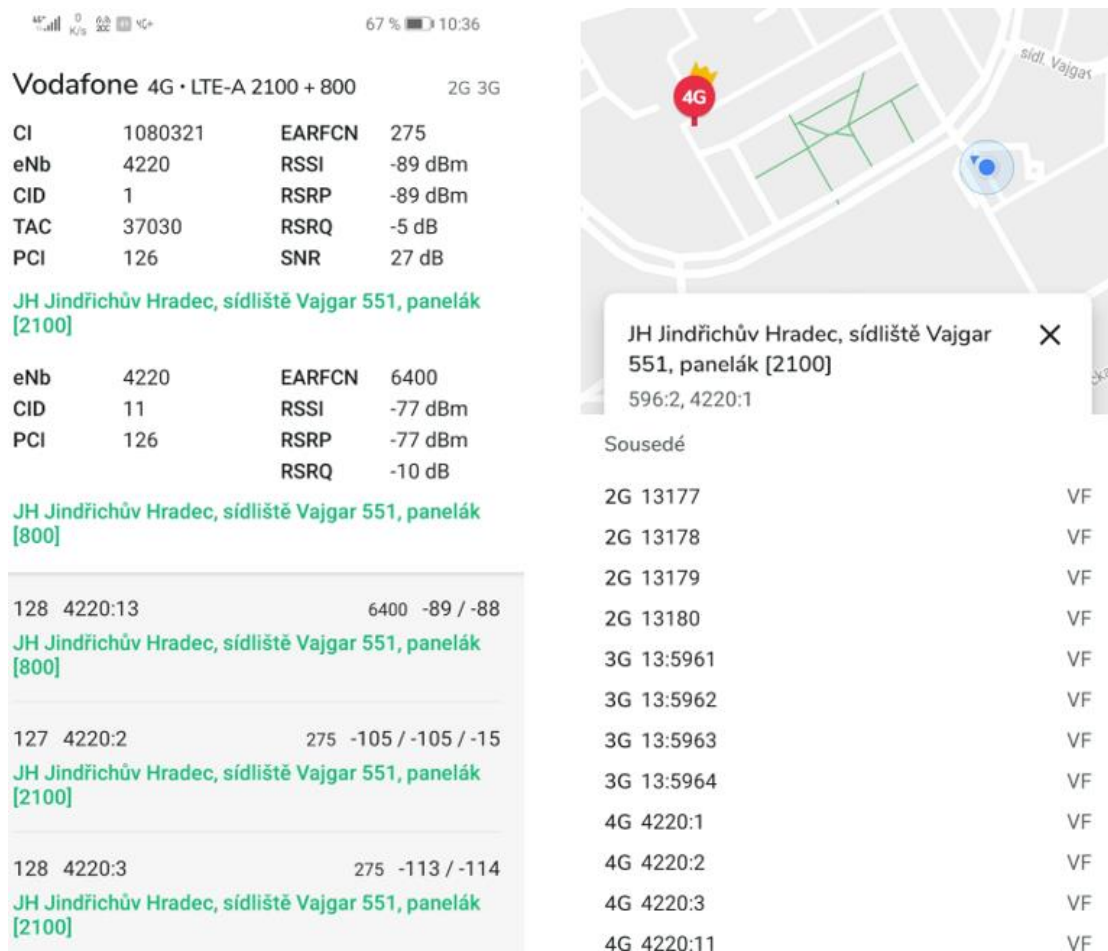
Obrázek 29: BTS v Jindřichově Hradci (zdroj: vlastní výzkum)

Detailní přehled všech stanic nabízí GSM operátoři na svých stránkách. Souhrnný seznam a rozmístění lze najít třeba i na stránkách www.gsmweb.cz, což je stránka vytvořená skupinou nadšenců, která průběžně doplňuje tuto přehlednou databázi. Na obrázku 27 je modrými kolečky vyznačeno 16 antén, které zajišťují pokrytí města Jindřichův Hradec a blízkého okolí. Jedná se venkovní sektorové antény, které jsou umístěny na vysokých budovách či komínech. Vyšší počet antén lze identifikovat na sídlištích a v centru města.

Měření probíhalo 23. 05. 2020. Chtěl jsem identifikovat mobilní základnové stanice, ke kterým jsem připojený mobilním telefonem, případně jakou technologií a jak silným signálem. K měření jsem použil svůj mobilní telefon Huawei P30 Lite s operačním

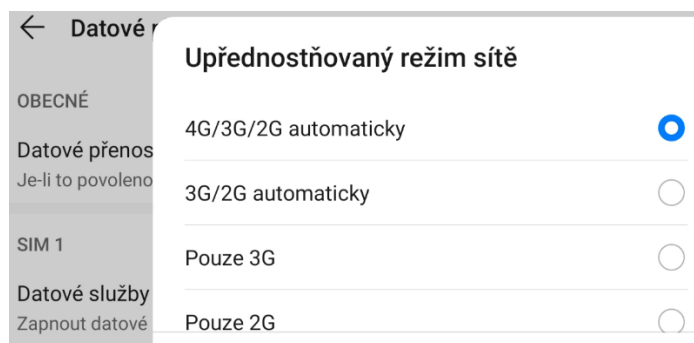
systemem Android verze 10. GSM modul je homologovaný pro evropský region, mimo nejnovější 5G frekvence dokáže komunikovat na národních kmitočtových frekvencích určených pro veřejnou mobilní komunikaci. NanoSIM je od operátora Vodafone. Pro diagnostiku jsem vyhledal v obchodě Google Play několik zdarma dostupných aplikací. Po instalaci a předběžném testování jsem vybral tři aplikace, které zobrazovaly požadované informace. V této práci jsou publikovány výstupy z aplikace NetMonster, ostatní výstupy z aplikací Cell Signal Monitor a Network Cell Info Lite jsou obsahem přílohy této práce.

První lokalita byla střed sídliště Vajgar v Jindřichově Hradci. Mobilní telefon byl nastavený na automatický režim a v horní liště signalizoval 4G, plný signál. Aplikace zobrazila polohu vysílače na mapě a přehlednou tabulku o spojení. Na obrázku 28 vidíme, že BTS nabízí spojení přes technologie 2G, 3G a 4G. V tomto případě je spojení navázáno přes síť 4G, datové přenosy jsou přes LTE, v případě 2100 MHz je výstupní signál z antény cestou zeslaben a na mobilním telefonu je slabší o 89 dBm. V případě přepnutí na 800 MHz je to – 77dBm. Tyto režimy jsou v režii vyhodnocovacích algoritmů GSM modulu mobilního telefonu.



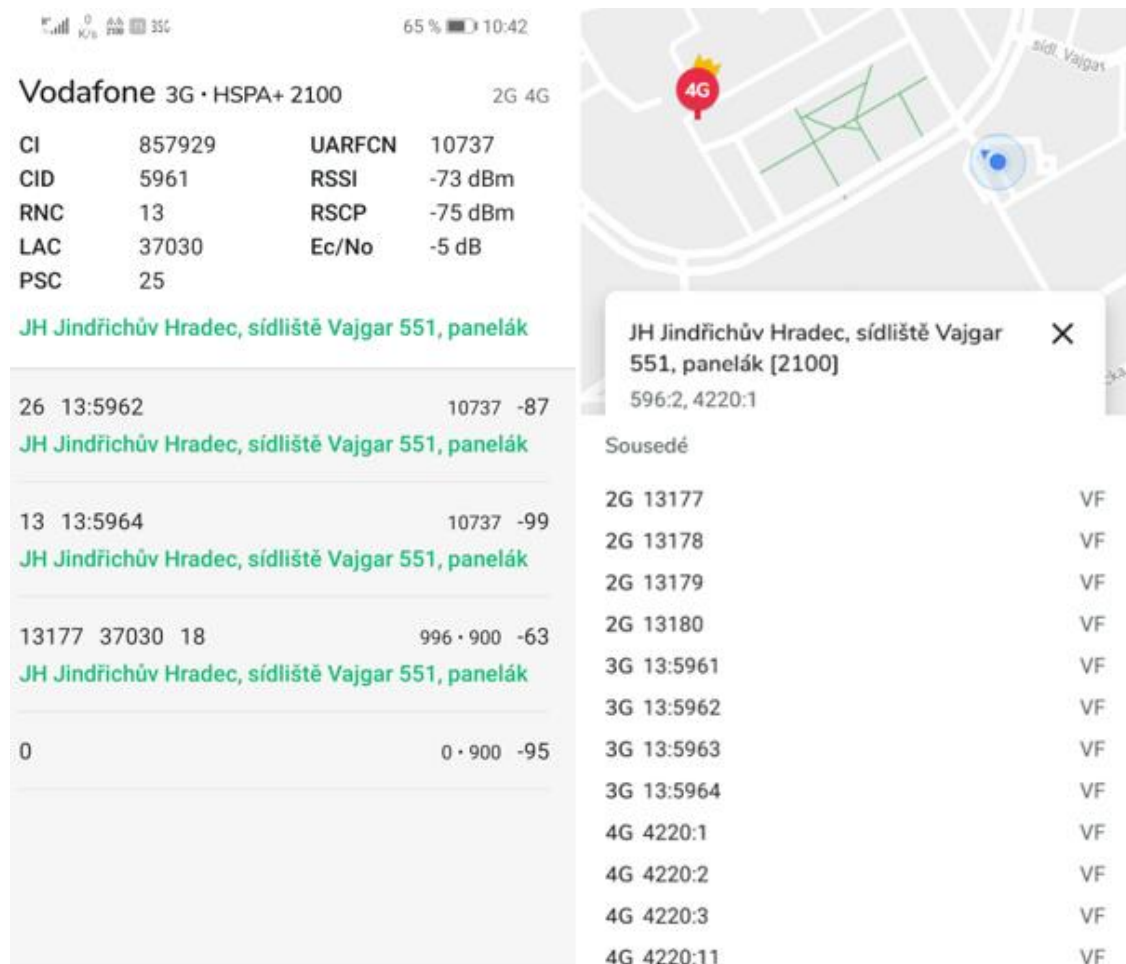
Obrázek 30: Měření signálu (zdroj: vlastní výzkum)

Pro změnu režimu je potřeba otevřít síťové nastavení mobilu a z roletky možností si vybrat z jiný režim (obrázek 29). Ve většině případů si uživatel může vybrat mezi 2G, 3G či 4G. U některých modelů je však nabídka omezená nebo naopak bohatší o další technologie, které jsou v něm integrovány.



Obrázek 31: Datové služby – změna režimu sítě (zdroj: vlastní výzkum)

Pro ověření změny režimu jsem přepnul nastavení na 3G a zkontroloval připojení. Během chvílky se telefon naložil na stejnou BTS a ukázal spojení 3,5G (obrázek 30), datové přenosy jsou přes HSPA+ a v tomto případě je spojení na frekvenci 2100 MHz, výstupní signál z antény je cestou zeslaben o 97 dBm.



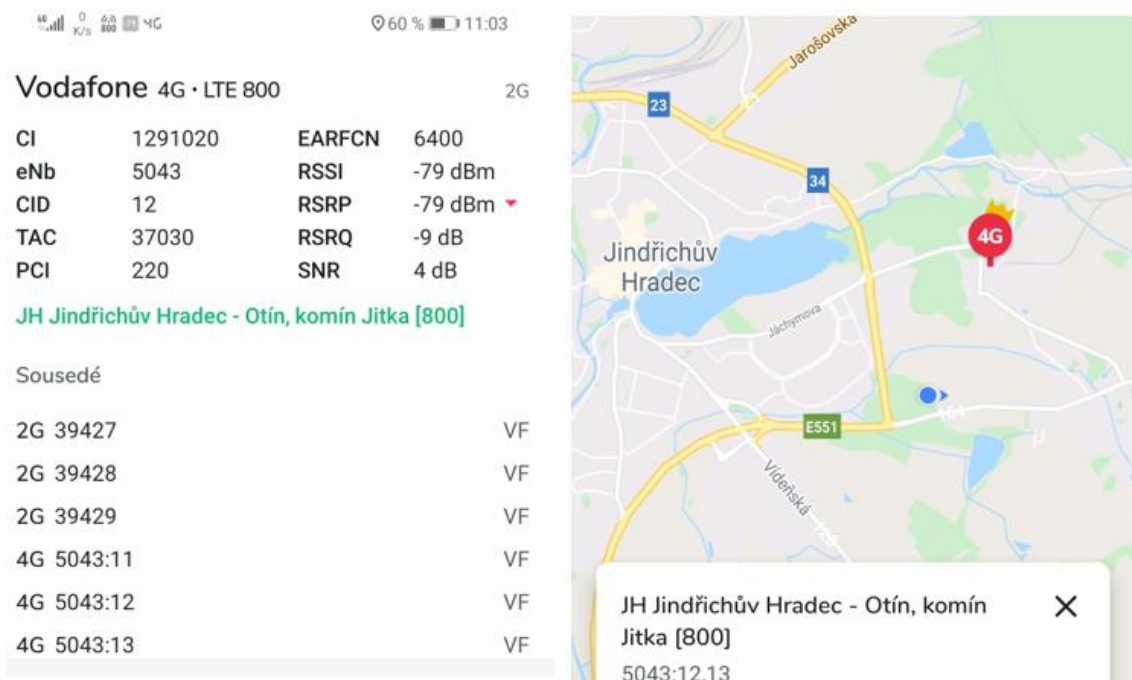
Obrázek 32: Měření signálu 3G (zdroj: vlastní výzkum)

Pro ověření dat, které mi nabídla aplikace, jsem na stránce GSMweb rozkliknul stejné místo na mapě a zkontroloval údaje u vysílačích. Technologie a počet antén (sousedé) souhlasil a dostupný obrázek odpovídal aktuální podobě vysílače (obrázek 31).



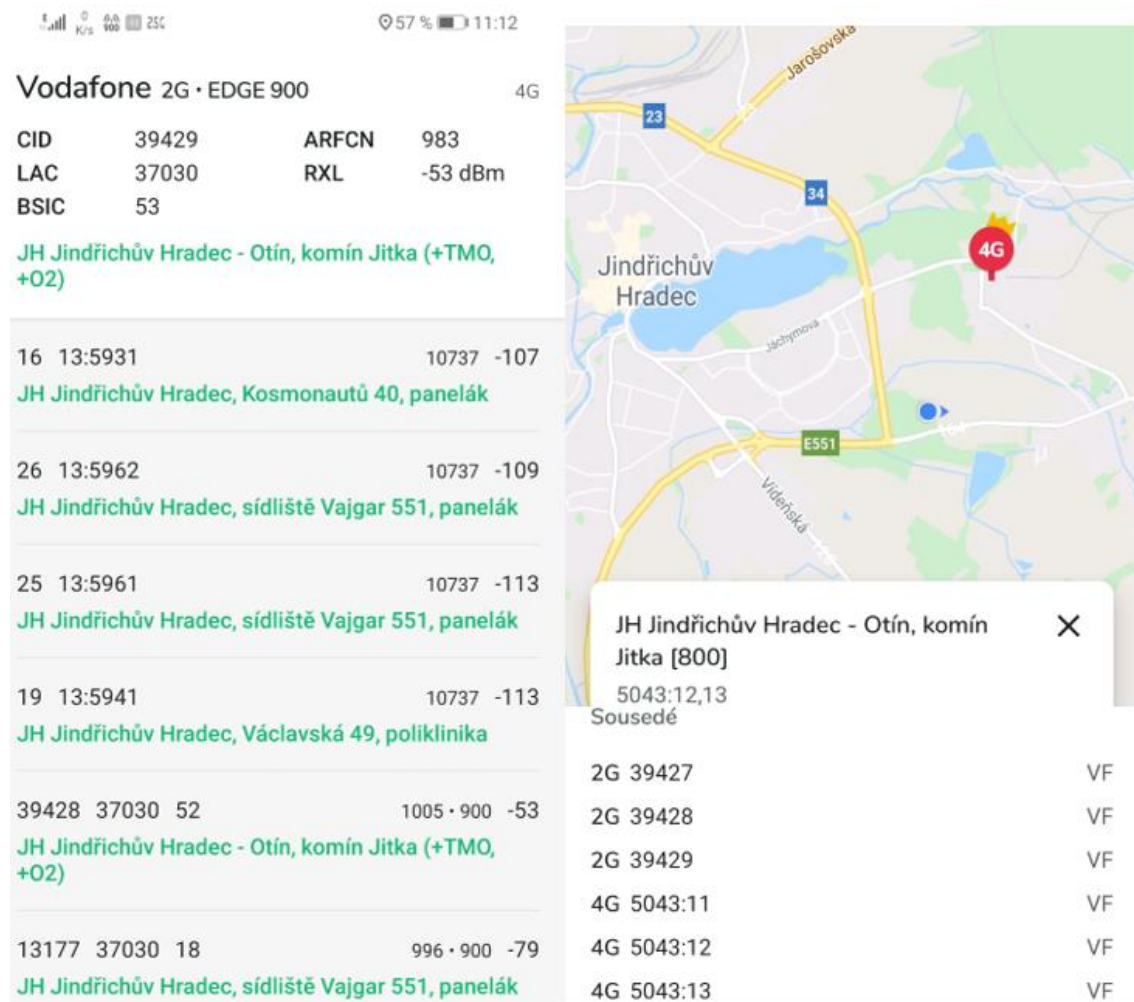
Obrázek 33: BTS 13177 JH Jindřichův Hradec, sídliště Vajgar 551, panelák (zdroj: vlastní výzkum)

V dalším kroku průzkumu jsem změnil pozici a přesul se na okraj sídliště. Signál slábnul a v hodnotách pod -100dBm se mobil přeladil na jiný vysílač, který je umístěný na komíně u bývalé textilky Jitka. Zde už vysílač nabízí propojení jen na původní LTE frekvenci 800 MHz, nikoliv LTE+ 2100 MHz. K tomu je zde možnost připojení na síť 2G (obrázek 32).



Obrázek 34: Měření signálu (zdroj: vlastní výzkum)

Pro vynucené připojení je potřeba změnit režim datové sítě na 2G, poté je během chvilky mobilní telefon spojen s vysílačem na frekvenci 900 MHz, a dokonce silnějším signálem (-53 dBm). Při automatickém režimu datové sítě si mobilní telefon většinou vybere spojení přes novější technologii než přes silnější signál. Toto je nevýhoda výchozího nastavení, tedy automatického režimu. V místech, kde signál novější technologie slábne nebo dochází k jeho interferencím, se mobilní telefon stále přeladuje, což je příčinou časté ztráty signálu. V takových lokalitách je doporučeno nastavit manuálně režim na starší technologii (třeba 2G), jejichž vysílače jsou na našem území zastoupeny ve vyšším počtu (obrázek 33).



Obrázek 35: Měření signálu (zdroj: vlastní výzkum)

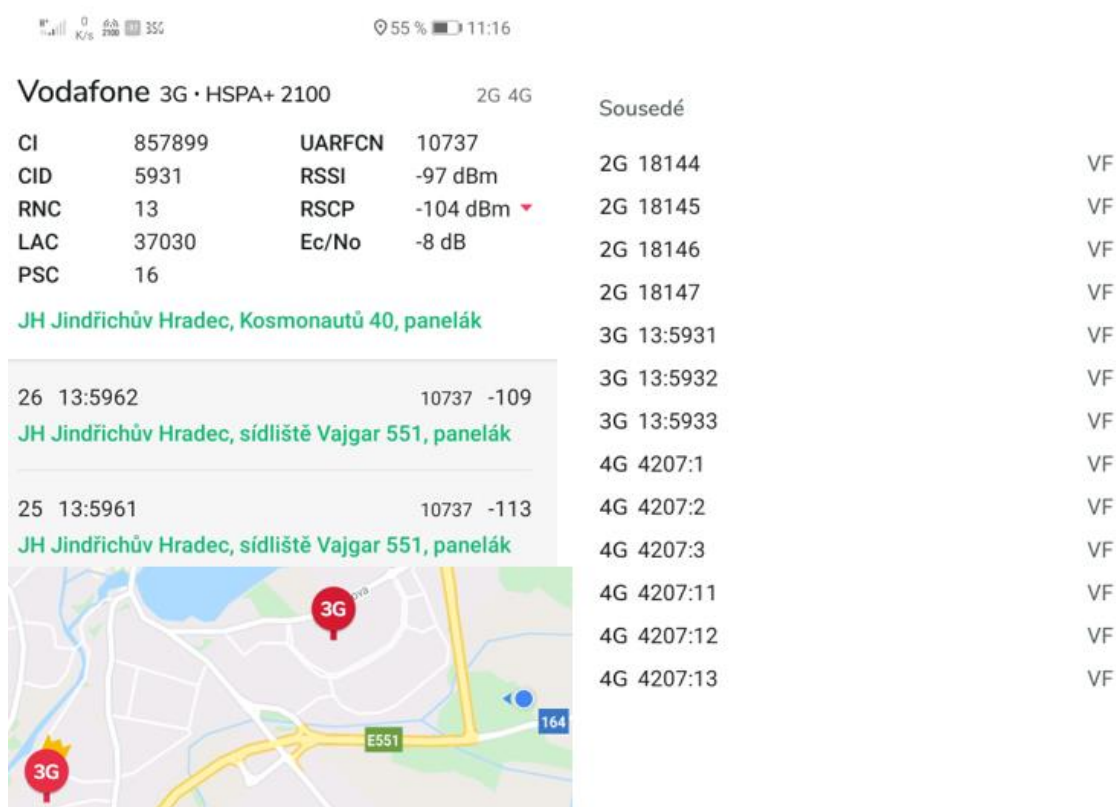
GSMweb opět potvrdil dva režimy sítě, které má operátor integrovaný na této anténě, což je zobrazené na obrázku 34 Další informací je, že na tomto komíně mají antény všichni tři operátoři. Vzhledem k vyšší poloze umístění vysílačů oproti jiným stavbám lze předpokládat, že z tohoto místa bude široký záběr signálového pokrytí.



Obrázek 36: BTS 44574 JH J. Hradec – Otín, komín Jitka (zdroj: vlastní výzkum)

Poslední měření GSM signálu mělo ukázat, jakou základnovou stanicí si mobilní telefon vybere v případě, kdy změním režim na technologii, kterou současně naladěný vysílač nedisponuje. Vysílač na komíně Jitka nenabízí spojení přes 3G, proto jsem v nastavení změnil režim na tuto možnost. Po chvíli se v horní liště objevil symbol 3,5G a kvalita signálu na dvou čárkách. Aplikace ukázala, že jsem připojený na vysílač, který je až na druhé straně města, na sídlišti Kosmonautů, s útlumem signálu 97dBm. Na obrázku č. 35 je patrné, že tento vysílač je vzdálenější než ten na sídlišti Vajgar, který má útlum 109 dBm. Mobilní telefon zachytí signál ze vzdálenějšího vysílače s menším útlumem, proto si ho vybere pro komunikaci a naladí se na něj. Nezáleží tedy na vzdálenosti vysílače ale na síle signálu detekovaného mobilním telefonem. Na útlum signálu mohou mít vliv překážky v cestě pohledu, interference z jiných zdrojů signálů, klimatické vlivy

či počet připojených uživatelů na vysílač. Důležité je také, jakým výkonem vysílač signál vysílá. Tento případ ukazuje, že rozdílný vysílací výkon by musel být v několika desítkách wattů, což by z tohoto vysílače udělalo nebezpečně silného zářiče GSM. Takový vysílač v blízkém okolí by nebyl ideální společník pro náš organismus. Zde bych se přiklonil k variantě, kdy vysílače ze sídliště Vajgar byly blokovány překážkou, a navíc docházelo k místním interferencím.



Obrázek 37: Měření signálu (zdroj: vlastní výzkum)

Na stránkách GSMweb jsem si na mapě zkontroloval vysílač, na který jsem byl s mobilním telefonem naladěný. Údaje o vysílacích technologiích odpovídaly a byla dostupná i aktuální podoba vysílače, kterou uvádím na obrázku č. 36 Bohužel se na mapě nezobrazuje typ a výkon vysílače, což by jistě byla pro uživatele, kteří se o vliv elektromagnetismu na lidský organismus zajímají, cenná informace. V sekci Seznamy BST jsou k náhledu přehledy vysílačů v několika formátech. Bohužel mezi parametry chybí údaj o výkonu vysílačů. Jsou zde obsaženy jen základní identifikační údaje, které se přenáší v rámci komunikace mezi BTS a mobilním zařízením. Další zájmová skupina,

kteřá se o mapování BTS zajímala, se sdružovala na stránkách bts.zde.cz ale ta už bohužel provoz ukončila. Informaci o výkonu konkrétních vysílačů má jistě operátor, který provoz zajišťuje. Na stránkách společnosti Vodafone je přehledná mapa pokrytí signálem, která je rozdělena na několik vrstev. Vrstva „Internet“ nabízí pohled na všechny tři datové technologie a po vyfiltrování možnosti 3G je dostupný náhled na jen na pokryté území z těchto vysílačů. Mé měření odpovídá pokrytím signálu, které lze vidět na vyfiltrované mapě. Ale chybí zde zcela údaje, kde jsou základnové stanice rozmístěny. Výkonnostní údaje konkrétních BTS jsem nenašel na stránkách operátorů ani na jiných ostatních. Proto jsem operátorovi v sekci dotazy zadal požadavek na zaslání těchto informací.

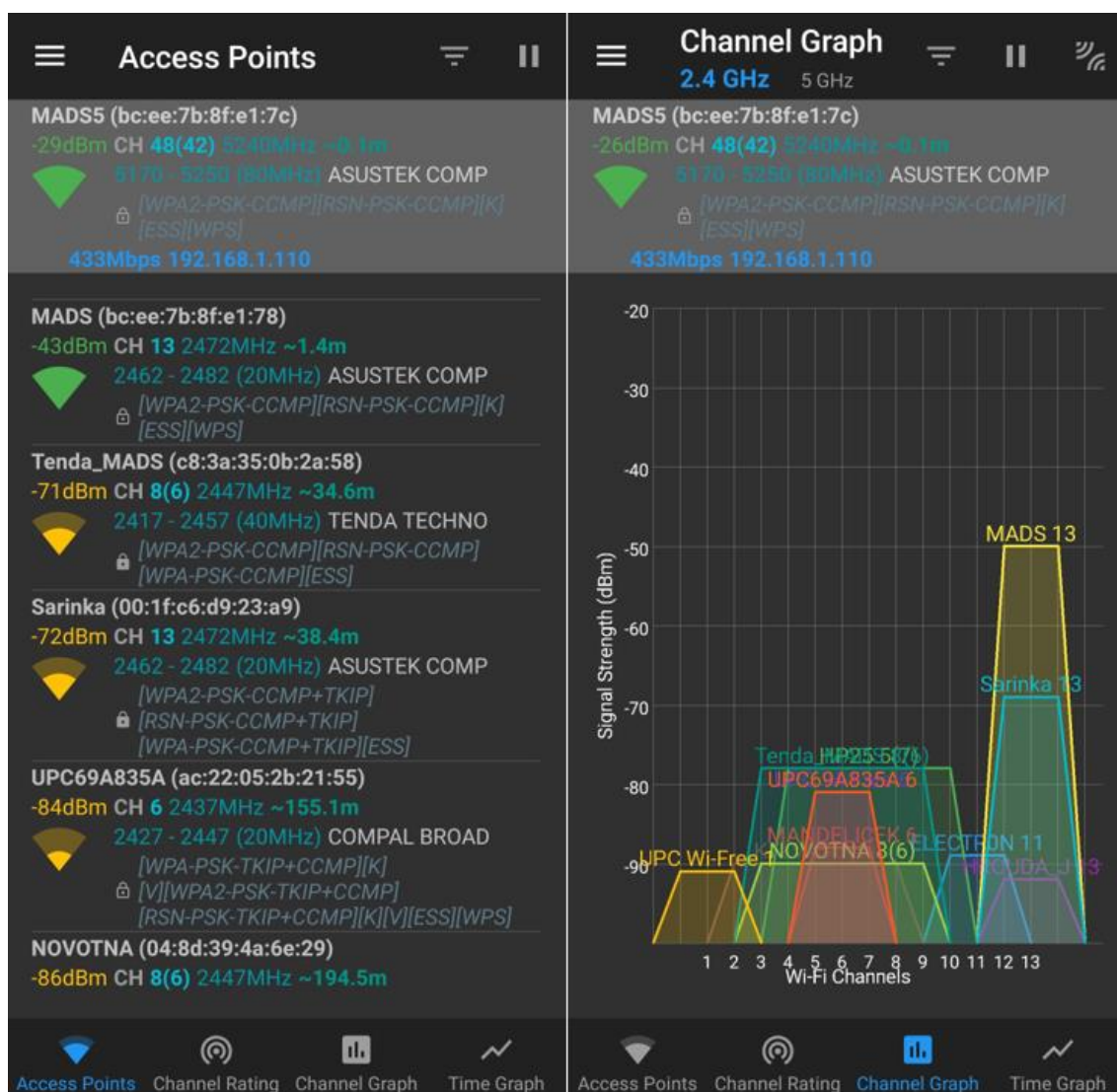


Obrázek 38: BTS 18144 JH Jindřichův Hradec, Kosmonautů 40, panelák (zdroj: vlastní výzkum)

5.3.2 Wi-Fi pokrytí v panelovém domě

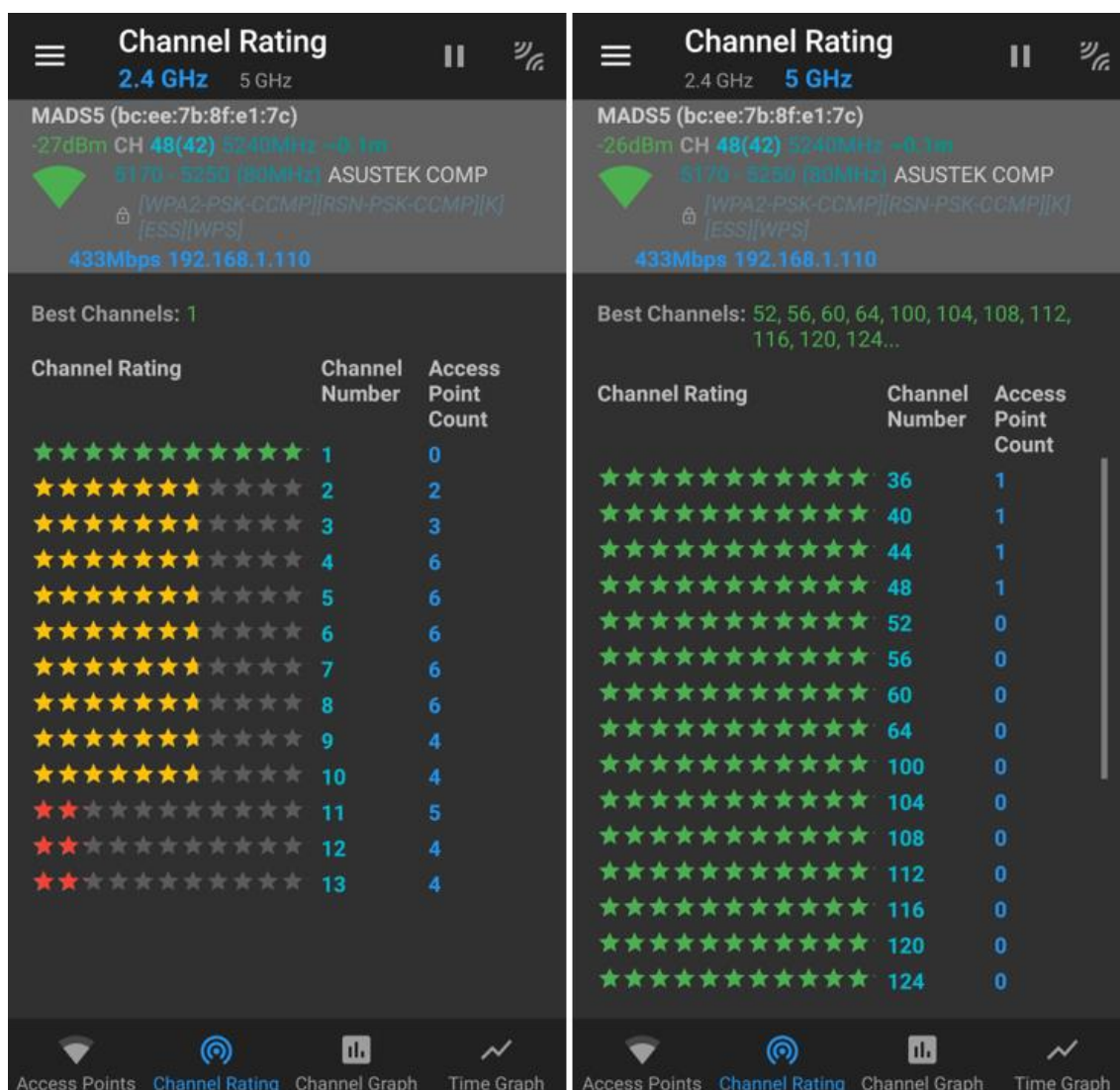
Pro demonstrování množství a intenzity wifi sítí v obytných částech jsem si vybral panelový byt na sídlišti Vajgar v Jindřichově Hradci. Diagnostika sítí je možná na většině operačních systémů nativně přes integrované správce připojení. Pro detailnější zobrazení sítí, včetně skrytých sítí, si můžeme nainstalovat několik komerčních i volně dostupných aplikací. V mém případě jsem využil aplikaci WiFiAnalyzer, od firmy VREM Software Development, která je dostupná jako open source. Použil jsem mobilní telefon s operačním systémem Android verze 10 a router ASUS RT-AC58U Dual Band.

Po instalaci z obchodu Google Play si aplikace vyžádala zapnutí polohovacích služeb, které jsou nezbytné pro detekci ostatních sítí. Skenování probíhá za pomoci připojené wifi sítě, která je na úvod detailně zmapovaná. Program na pozadí vyhodnocuje i dostupná data z ostatních sítí. Po chvíli jsou zobrazeny přehledy a grafy, kde je vše velmi pěkně seřazené. Na obrázku 37 je na prvním místě router, na který jsem připojený mobilním telefonem přes wifi síť MADS5. Tato síť má nejnižší útlum 29 dBm a nejsilnější signál nejen proto, že jsem hned vedle routeru, ale i proto, že se jedná o 5 GHz režim vysílání (standard IEEE 802.11ac = Wi-Fi 5). Další 5 GHz síť tu není. Router umí vysílat i na frekvenci 2,4 GHz (standard IEEE 802.11n = Wi-Fi 4), proto je na druhém místě MADS, ale již s útlumem 43dBm a s delší vzdáleností. Částečně i proto, že dochází k interferenci s jinými sítěmi, které jsou nastaveny na stejný kanál. Nastavení je častou příčinou neoptimalizovaných sítí, protože většina routerů vysílá na výchozích kanálech a stává se, že na jednom místě si navzájem ruší své frekvence. Jednoduché řešení je vstoupit do administrace aktivního prvku a nastavit jiný vysílací kanál, než jaký má jiná wi-fi síť.



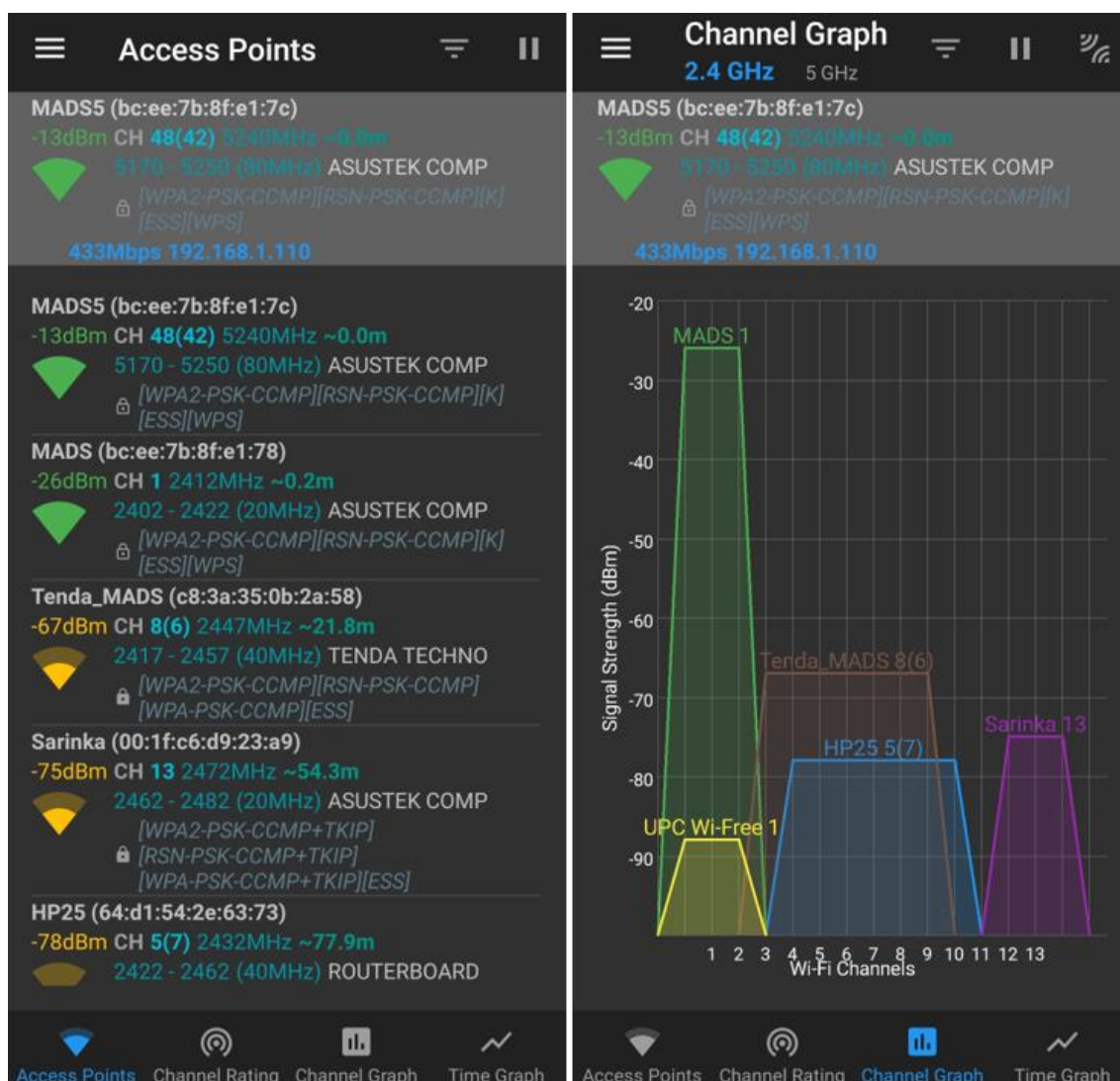
Obrázek 39: Seznam wi-fi sítí v panelovém domě (zdroj: vlastní výzkum)

Na Obrázek 40 je vlevo seznam kanálů, které jsou nejlepší z pohledu stability signálu v režimu 2,4 GHz pásma. Dle doporučení by byl optimálnější kanál číslo 1, jak lze i poznat na předchozím obrázku z grafu. V režimu pásma 5 GHz není v okolí dostupná jiná wi-fi síť, proto jsou doporučeny všechny kanály.



Obrázek 40: Seznam wifi kanálů na routeru (zdroj: vlastní výzkum)

Pro ověření, jak se změní vysílací schéma, jsem na routeru změnil číslo kanálů z 13 na 1. Na obrázku 39 je vidět výrazná změna, kdy je vysílací signál znatelně silnější, útlum je jen 26 dBm. Zároveň došlo ke změně síly signálu u sousední sítě, nyní je intenzita nižší. Dá se tedy říci, že při stejné frekvenci (zvoleném kanálu) dochází k interferencím, které znatelně omezují výkon vysílaného signálu.



Obrázek 41: Optimalizace wifi signálu (zdroj: vlastní výzkum)

Podle normy ČTÚ (jak je zmíněno v kapitole 1.2) je dle aktuální legislativy na všech routerech povolený výkon elektromagnetického signálu maximálně 100mW pro 2, 4 Ghz (1 W pro 5 Ghz). Tento údaj nelze najít na obalu či v příložené dokumentaci zařízení. Nastavení routeru také nedisponuje sekci pro přehled nebo nastavení vyzařovaného výkonu. Funkci můžeme jen vypnout či zapnout, popřípadě změnit vlastnosti. Obsahem balení každého routeru by měla být informace, zda bylo zařízení testováno na sílu vyzařovaného signálu a zda tuto normu splňuje. Router, který jsem měl pro testování, obsahoval informaci, že splňuje tyto normy, jak je zobrazeno na obrázku 40. Zde jsou také obsaženy odkazy na stránky národních nebo certifikovaných laboratoří, které testování provádí a publikují naměřené hodnoty. Router opravdu nepřekročil maximální

hranici výkonu, ale v přehledu ostatních zařízení jsem našel produkty, které vykazovaly nadlimitní výkon. Zobrazená část dokumentace pochází z elektronické verze, kterou jsem získal na oficiální podpoře k produktu. Od tištěné verze se liší přítomností některých odstavců, například „Safety Information“. Odstavec říká, že v rámci zachování shody s pokyny společnosti FCC pro radiové signály, bychom neměli zařízení instalovat a provozovat v těsné blízkosti lidského těla, minimální vzdálenost by měla být 20 cm.

Safety Information

To maintain compliance with FCC's RF exposure guidelines, this equipment should be installed and operated with minimum distance 20cm between the radiator and your body. Use on the supplied antenna.

This Class B digital apparatus complies with Canadian ICES-003 and RSS-210.

Operation is subject to the following two conditions: (1) this device may not cause interference, and (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

Declaration of Conformity for R&TTE directive 1999/5/EC Radio Frequency (RF) Exposure Information

Essential requirements – Article 3

Protection requirements for health and safety – Article 3.1a

Testing for electric safety according to EN 60950-1 has been conducted. These are considered relevant and sufficient.

Protection requirements for electromagnetic compatibility – Article 3.1b

Testing for electromagnetic compatibility according to EN 301 489-1 and EN 301 489-17 has been conducted. These are considered relevant and sufficient.

Effective use of the radio spectrum – Article 3.2

Testing for radio test suites according to EN 300 328 & EN 301 893 have been conducted. These are considered relevant and sufficient.

Operate the device in 5150-5250 MHz frequency band for indoor use only.

The radiated output power of the Dell Wireless Device is below the Industry Canada (IC) radio frequency exposure limits. The Dell Wireless Device should be used in such a manner such that the potential for human contact during normal operation is minimized.

This device has been evaluated for and shown compliant with the IC Specific Absorption Rate ("SAR") limits when installed in specific host products operated in portable exposure conditions (antennas are less than 20 centimeters of a person's body).

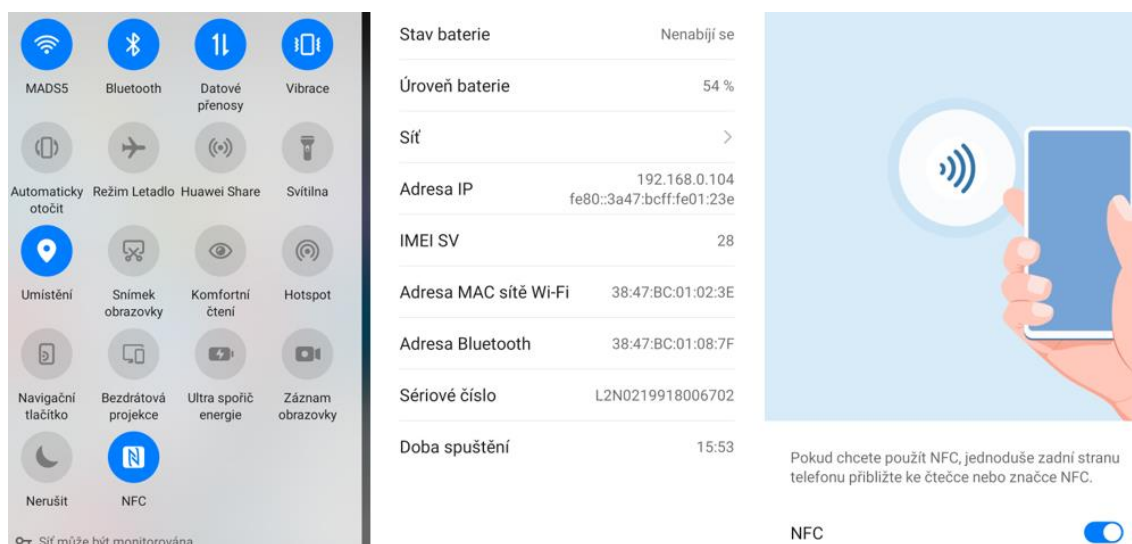
This device has been certified for use in Canada. Status of the listing in the Industry Canada's REL (Radio Equipment List) can be found at the following web address: <http://www.ic.gc.ca/app/sitt/retel/srch/nwRdSrch.do?lang=eng>

Additional Canadian information on RF exposure also can be found at the following web: <http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/enq/sf08792.html>

Obrázek 42: Router – deklarace o dodržení norem (zdroj: Dokumentace Asus RT-AC56U Dual Band)

V poslední části mapování jsem se zaměřil na elektromagnetické záření mobilního telefonu. V současné době je to nejrozšířenější komunikační zařízení, které má skoro každý z nás. V dotazníku sice 4,7 % respondentů uvedlo, že nemá chytrý telefon, ale zároveň jsem zaznamenal odpověď o aktivitách, kde je nižší číslo. To znamená, že určitá skupina lidí má tlačítkový mobil. Příkladem mohou být ve své době oblíbené produkty od firem Nokia nebo Blackberry. Ty byly také vybaveny moderními bezdrátovými technologiemi jako je Wi-Fi nebo Bluetooth. U chytrých mobilních telefonů je většina funkcí dostupná hned na domovské obrazovce jako widget nebo vytažením horní lišty směrem dolů. Funkce se dají vypínat a zapínat tapnutím na ikony. Pro detailnější

nastavení musíme ikony delší dobu držet a poté se přesuneme do nastavení. Na obrázku 41 jsem na svém mobilu zachytil funkce, které využívají určité spektrum ionizačního záření. Lze rozpoznat, že je aktivní Wi-Fi, Bluetooth, GSM, GPS a NFC. Mobilní zařízení komunikují se satelity GPS na frekvencích 1575, 1227 a 1176 MHz. Satelity obíhají Zemi ve výšce 20200 km nad povrchem rychlostí 3,8 km/h s oběžnou dobou 11 hodin a 58 minut. (NASA, 2020) Z dalších funkcí to může být hotspot, což je bezdrátové sdílení datových služeb, které nám operátor dodává v rámci připojení do sítě GSM. Zapnutím této funkce vytvoříme z našeho mobilního telefonu router a ostatní zařízení, které se na nás připojí, mohou využívat naše datové služby. Bezdrátová projekce je další funkce, které využívá wifi připojení, stejně jako různé integrované funkce pro sdílení na krátkou vzdálenost. Uprostřed obrázku je vidět, že po aktivaci služeb jsou všechny datové přenosy uskutečněny navázáním spojení prostřednictvím MAC a IP adres.



Obrázek 43: Komunikační přenosy mobilního telefonu (zdroj: vlastní výzkum)

Na výše uvedeném obrázku je také zobrazena možnost zapnutí funkce NFC. NFC je zkratka anglického spojení Near Field Communication (Komunikace na blízkou vzdálenost) a slouží k bezdrátové komunikaci mezi jednotlivými elektrickými přístroji. Díky stále většímu rozšíření nám NFC může značně urychlit některé situace, které nastanou v každodenním životě. Samotná komunikace funguje na podobném principu jako starší technologie RFID a probíhá mezi aktivním vysílačem a pasivním prvkem. Při blízkém kontaktu těchto dvou prvků zahájí vysílač komunikaci na frekvenci 13,56 MHz,

čímž vytvoří elektromagnetické pole, které dokáže napájet pasivní přijímač. Z tohoto důvodu klasický NFC štítek nepotřebuje žádné napájení. Samotná komunikace potom probíhá do maximální vzdálenosti 4 cm. Tento fakt je považován za jeden z ochranných prvků, neboť nehrozí žádné nebezpečí v podobě jiného zařízení, které by se snažilo připojit do probíhající komunikace. S narůstající oblibou bezdrátových komunikací se můžeme s touto technologií setkávat na stále větším počtu míst. V začátcích bylo NFC používáno především k přenosu kontaktů a URL adres. Postupem let se tato technologie rozšířila také do platebních karet MasterCard, což umožnilo první bezkontaktní placení a dnes je tento způsob plateb zcela samozřejmý. Dnes je však možné tuto technologii využít ke konfiguraci sítě Wi-Fi nebo například ke čtení jízdních řádů opatřených patřičným NFC tagem. Vše záleží pouze na jeho konfiguraci. Jedná se o pasivní NFC štítky, které obsahují nejrůznější data, jenž lze nejen číst, ale také přepisovat. Přepsání je ovšem možné pouze v případě, že data nejsou nikterak uzamčena nebo šifrována. Do jednotlivých tagů je možno naprogramovat takřka jakákoli data, jako jsou hesla, PIN kódy a nejrůznější informace. Můžeme najít nejrůznější množství samolepek rozdílných tvarů a velikostí. Dále mohou funkci těchto štítků plnit také klíčenky, náramky, přívěsky apod. (Bezdrátové technologie – Co je NFC a jak ho využít). Tabulka 6 zobrazuje všechny typy aktuálně užívaných štítků, jejich režimy, kapacity a rychlosti zápisu.

Tabulka 6: Typy NFC štítků

Typ	Režim	Kapacita	Rychlost zápisu
Typ 1	čtení/zápis	96 B – 2 kB	106 Kb/s
Typ 2	čtení/zápis	48 B	106 Kb/s
Typ 3	čtení/zápis, jen čtení	až 1 MB	212 – 424 Kb/s
Typ 4	čtení/zápis, jen čtení	32 kB	106 – 424 Kb/s

Zdroj: Bezdrátové technologie – Co je NFC a jak ho využít

6 DISKUSE

6.1 Diskuse k jednotlivým otázkám dotazníku

V úvodu praktické části se popisují odpovědi na otázky z dotazníku. Ten vyplnilo 175 respondentů. Z odpovědí na první otázku se zjistilo, že se jednalo o 125 žen a 50 mužů. Větší počet žen si vysvětlují statistickým poměrem a také faktem, že ženy by tato problematika mohla více zajímat, protože jsou v otázkách hrozeb zvědavější.

V druhé otázce bylo zastoupeno nejvíce respondentů ze skupiny teenager, a to 54 %. Vyplývá to z faktu, že byli osloveni žáci středních škol. Další velké skupiny byly z řad mých kolegyň, kolegů a známých, kteří jsou ve vyšších věkových kategoriích, tedy 19 % v kategorii 34-50 let a 18 % ve více než 50 let.

Ze třetí otázky, která se dotazovala na vzdálenost k základnové stanici, je evidentní, že většina respondentů nebude vyššími hodnotami výkonu GSM signálu zasažena. 50 % respondentů udala vzdálenost větší než 500 metrů. Výkon dnešních BTS je maximálně 30 W a tato vzdálenost znamená pro signál vysoký útlum. I kratší vzdálenost, tedy škála 100-500 neznámá zasažení nadlimitních hodnot SAR. Zde dotazník eviduje 31 % respondentů. 50-100 metrů odpovědělo 14 % dotázaných a ani zde jsem měřením nepotvrdil zvýšené hodnoty signálu, protože vlastním měřením jsem na tuto vzdálenost nacytil signál s vysokým útlumem. Bohužel nedokáži říci, jakým výkonem anténa signál vysílala, ale předpokládám, že se provozovatel vysílače pohybuje v rámci předepsaných limitů a výkon nezesiluje nad povolené hodnoty. Jen 5 % dotázaných odpovědělo, že ve své blízkosti má vysílač GSM signálu (do 50 m.).

Ve čtvrté otázce potvrdilo 95 % dotázaných, že disponuje chytrým mobilním telefonem. To potvrzuje oblíbenost tohoto komunikačního zařízení mezi uživateli a myslím si, že z většího počtu respondentů by bylo poměrové číslo ještě vyšší.

Pátá otázka byla cílena na dobu hovoru a měla zmapovat, jak uživatelé svůj komunikační nástroj v síti GSM v režimu hlasových hovorů. 51 % dotázaných uvedlo, že hlasové hovory vyřizuje průměrně do 30 minut za den. Druhá velká skupina vybrala 30-60 minut, konkrétně jich bylo 22 %. 10 % respondentů připadlo do kategorie 1-2 hodiny a více než dvě hodiny připadlo na 4 % respondentů. Zde jsem očekával, že uživatelé budou provolávat více minut denně. Vliv na poměr budou mít jistě náctiletí, kteří tvořili největší skupinu respondentů. Dá se předpokládat, že nedisponují neomezenými hlasovými tarify

a snaží se komunikovat jinými způsoby. 21 dotázaných uvedlo, že nevolá vůbec. Ti své zařízení využívají jen jako komunikační nástroj bez hlasových služeb nebo vyřizují jen příchozí hovory.

Z odpovědí na šestou otázku je patrné, že 42 % respondentů využívá svůj mobilní telefon většinou k otevírání různých aplikací. To může mít souvislost s předchozí otázkou, kde je zmiňovaná skupina náctiletých. 1-2 hodiny zvolilo 20 % dotázaných, 19 % se vešlo do jedné hodiny a pod 30 minut odpovědělo 14 %. Opět se prokázal fakt, že chytré mobilní telefony jsou oblíbené pro možnost nainstalování nejrůznějších aplikací. Mobilní telefon tak může využívat i jiné komunikační kanály, než je hlasová síť GSM.

Tyto dvě otázky naráží na dva termíny, které jsou aktuálně často skloňovány. Jsou to netolismus a nomofóbie.

Termínem **netolismus** označujeme závislost (závislostní chování (behaviorální závislost) či závislost na procesu) na tzv. virtuálních drogách. Mezi ně patří zejména počítačové hry, sociální sítě, internetové služby (různé formy chatu), virální videa, televize aj. Znaky závislosti jsou:

- silná touha nebo pocit puzení užívat látku,
- potíže v kontrole užívání látky, a to pokud jde o začátek a ukončení nebo o množství látky,
- užívání látky k odstranění abstinčních příznaků,
- průkazná tolerance (vyžadování vyšších dávek látky, aby se dosáhlo účinků původně vyvolaných nižšími dávkami),
- postupné zanedbávání jiných potěšení a zájmů ve prospěch užívané psychoaktivní látky a zvýšené množství času potřebného k získání nebo užívání látky,
- pokračování v užívání přes jasný důkaz zjevně škodlivých následků.

Mezi typické příznaky netolismu patří:

- Ztráta kontroly nad časem – zvyšuje se tolerance, brzké vstávání či naopak ponocování z důvodu potřeby být online.
- Psychické projevy – pocit prázdnoty, když člověk není u počítače či mobilu, rostoucí nervozita a neklid, když člověk nepoužívá počítač delší dobu, přemýšlení

o počítači, když ho člověk zrovna nepoužívá, zatajování informací o závislosti, počítač/mobil jako únik od osobních problémů atd.

- Psychosociální projevy – narušení vztahů s rodinou, ztráta dřívějších přátel.
- Projevy spojené s prací – méně vykonané práce, zanedbávání učení, zhoršující se prospěch (www.netolismus.cz).

Nomofobie je závislost na mobilu a dala by se přirovnat k závislosti na nikotinu nebo alkoholu. Podle slovníku se konkrétně jedná o chorobný strach ze ztráty mobilního telefonu, z nedostupnosti či poruchy mobilního signálu. Závislý je ten, kdo vezme telefon do ruky vícekrát než 60krát denně. Podle průzkumů jsou na mobilu častěji závislí muži než ženy. Ti, kteří jsou nomofobií postiženi, tráví většinu času s mobilem v ruce, nevyhledávají dokonce ani kontakt se skutečnými lidmi. Závislost pak omlouvají tím, že na mobilu vyřizují pracovní záležitosti nebo že musí být neustále ve spojení s rodinou nebo přáteli.

Závislým se můžete považovat, když splňujete několik níže uvedených bodů:

- Panikaříte při vybití mobilu nebo zapomenutí nabíječky.
- V případě ztráty signálu pociťujete návaly úzkosti.
- Když si mobil zapomenete doma, nemyslíte pak na nic jiného než na to, že vás určitě někdo shání a něco vám uniká.
- Hysterčíte, pokud nemůžete telefon najít.
- Neustále kontrolujete telefon, jestli vám někdo nevolal, nepřišla sms nebo e-mail. Pokud nic nechodí, máte pocit, že telefon nefunguje nebo že pro ostatní už nejste důležití.
- Usínáte s mobilem v ruce.
- Probouzíte se s mobilem v ruce.
- Nosíte si mobil do koupelny, na záchod, prakticky všude s sebou, abyste něco neprošvihli.
- Nejste schopni si telefon vypnout ani v kině nebo divadle.
- Pálí vás oči z neustálého sledování displaye a bolí vás za krkem.
- Musíte všechno fotit a následně se tím chlubit na sociálních sítích. Všechna data si pečlivě zálohujete a představa, že byste o ně přišli, je pro vás otázkou života a smrti.
- Trpíte „fantomovou vibrací“, tedy pocitem, že stále slyšíte vibrovat telefon.

- Trhnete sebou pokaždé, když někomu jinému zazvoní mobil stejnou melodií, jakou máte vy.
- Vyhýbáte se místům, kde není signál (metro, hory, les, ...) a při jeho znovuobjevení nervózně čekáte, kdo všechno vás sháněl a o co jste přišli (www.digitalnidetox.cz/nomofobie).

Sedmá otázka byla přímo cílena na elektromagnetické záření, které mobilní telefon vyzařuje. Pod otázkou jsem respondentům přidal popis, že maximální hodnota SAR v EU je do 2 W/kg. 59 % respondentů odpovědělo, že ví o tomto faktu. Pro mě je to překvapivé číslo a jsem rád, že je mezi uživateli taková informovanost. Měl jsem pocit, že většina respondentů odpoví ne.

Osmá otázka byla zaměřená na nositelnou elektroniku, která je také zdrojem elektromagnetického záření, ale zde jsou provozní hodnoty jen v desítkách miliwattů. Nejčastěji se nosí bezdrátová sluchátka, tyto má zapsáno 45 respondentů. Dále chytré hodiny, těch má 33 dotázaných. 22 respondentů používá fitness náramek a 4 uživatelé pak bezdrátové virtuální brýle. Z odpovědí dále vyplynulo, že pro pořízení této elektroniky není ani takový počet, jako jsou současní uživatelů. Trend těchto zařízení ještě není příliš strmý a možná nás ještě čeká. Zařízení obsahují novější technologie, proto vyzařují jen setiny wattů a jejich účinky na lidský organismus je zanedbatelný i v případě, že je nosíme přímo na těle.

Devátá otázka měla zjistit, zda uživatelé mobilní telefon na noc vypínají. 7 % dotázaných ho vypínají, ostatní nikoliv. 53 % ho má na dosah své ruky, takže by při zapnutí všech bezdrátových technologií mohl mobilní telefon produkovat záření i během celé noci v blízkosti uživatele. 18 % dotázaných má mobil ve stejné místnosti, ale ne na dosah ruky. 15 % respondentů má přes noc mobilní telefon v jiné místnosti. V souvislosti s potřebou mít mobilní telefon u sebe i v noci je dobré využívat letový režim, který dokáže jedním dotykem deaktivovat všechna bezdrátová vysílání.

Desátá otázka měla spojitost s dobou hovorů a měla zjistit, zda si při vyřizování hovorů mobilní telefon přikládáme k uchu nebo nikoliv. Většina respondentů zvedne mobil až k uchu, a to 124. 31 dotázaných využije hlasitý odposlech nebo 15 sadu handsfree. Většina nevybrala možnost, že by měla mobilní telefon ve speciálním obalu, které dokáže potlačit elektromagnetické záření.

Jedenáctá otázka se zaměřila na přesuny s mobilním telefonem a 94 dotázaných odpovědělo, že má většinou mobil v kapse. 64 respondentů vybralo kabelku či tašku, což znamená delší vzdálenost od těla. V ruce přenáší mobil 21 dotázaných a 4 ho nenosí vůbec.

Dvanáctá otázka se vztahovala k routeru, kde je povolený maximální vyzařovací výkon 100mW pro 2,4 Ghz (1 W pro 5 Ghz). Jen 14 dotázaných odpovědělo, že je router vysílá wifi signál a v je v blízkosti, kde většinou spí. 161 respondentů potvrdilo, že v jejich blízkosti je více než 3 wifi sítě, což není ojedinělý výskyt.

Stanovení původní hypotézy v podobě limitní hranici 30 % ovlivnily především články, které občas vycházejí v magazínech s komunikační tematikou, a které obsahují informace o možném nebezpečí. Zejména při telefonování s přiloženým mobilem u hlavy. Některé oblíbené modely jsou zařazeny do limitních hodnot SAR, což evokuje pocit možného nebezpečí (www.mobilmania.cz/clanky/jak-se-meri-sar/sc-3-a-1107762/default.aspx). Dalším vlivem byla skutečnost, že je tu mnoho zdrojů, které elektromagnetismus produkují. Je nazýván elektrosmogem a existuje mnoho stránek, které popisují jeho údajnou škodlivost na lidský organismus. Tvůrci článků se opírají o měření a studie, které působí věrohodně. Dokonce nabízí služby, které obsahují měření a vysvětlení problematiky (www.elektrosmog-zony.cz). Posledním vlivem bylo pár jedinců v mém okolí, kteří škodlivosti veškeré elektroniky věří a jsou neotřesitelně skeptičtí.

Při tvoření teoretické části jsem postupně vytlačoval pochybnosti o škodlivosti v souvislosti s používáním komunikačních zařízení. Nové technologie produkují čím dál méně elektromagnetismu. Limitní hodnota SAR je několikrát nižší, než která by lidskému tělu znatelně ublížila. Při šíření signálů dochází k lineárnímu útlumu způsobené vzdáleností a ostatními vlivy, jako je počasí, překážky a interference.

Z odpovědí na základnové stanice vysílačů bylo na první pohled zřejmé, že možné ohrožení nebude tak vysoké, jak bylo původně očekáváno. Většina respondentů byla v takové vzdálenosti, kdy je celotělní absorpce vln minimální. V otázce na dobu volání s přiloženým mobilem u hlavy jsem očekával vyšší poměr pro vícestupňové hovory. Z dříve získaných informací o SAR, zákonných limitních hodnotách a skutečnosti, že u neionizujícího záření nedochází ke kumulativnímu efektu (jako u ionizujícího záření), nelze říci, že by současná zařízení způsobovala ohrožení při nošení na těle či při přikládání k hlavě. Ostatní odpovědi nabídly pohled na chování respondentů, který

kopíruje trend moderní doby. Ten představuje alternativní komunikační kanály ve formě aplikací, využívající sítě Internet. Postupně převládá datová komunikace nad hlasovou. Dotazník není zaměřený na detailní analýzu, někteří respondenti označili otázky za technicky náročné, proto je výsledek zatím úvodním obrazem chování uživatelů, který může být následně zaměřený na detailnější průzkum.

V poslední otázce jsem nechal prostor na individuální odpovědi, protože v předchozích otázkách jsem se snažil získat přesně definované odpovědi, především z důvodu snadného zpracování hodnocení. Z některých odpovědí vyplývá, že problematika elektromagnetického smogu všem není lhostejná, někteří s ní mají osobní negativní zkušenost nebo chtějí o ní vědět více. Pro příklad uvádím některé odpovědi:

„Vlivem záření mobilu při klasickém telefonování na uchu (v minulosti) mám nenávratně poškozený pravý zvukovod, nesmím k němu mobil ani přiblížit a ucho je náchylné na infekce a vlastně nonstop bojuju o jeho zdraví. Lidé mi to nevěří a 99 % uživatelů co se mi k tomu vyjádřilo, si vůbec nepřipouští že by mobil nebo Wi-Fi měly jakékoliv škodlivé záření.“

„Dotazník jsem snad vyplnila dobře, těm technickým věcem moc nehovím. Neměla jsem tušení o nějakém záření, budu si o tom muset něco zjistit.“

„Vyplněno. Jsem ráda, že se někdo zajímá o elektrosmog. Určitě je dobré to více odkrýt, my to cítíme negativně, že to všude tady kolem nás je.“

Na základě vyhodnocení dotazníku a výpočtu, který proběhl v kapitole 4, bylo konstatováno, že se hypotéza nepotvrdila.

6.2 Diskuse k veličině SAR

Při popisování veličiny SAR byly prostudovány elektronické zdroje a poznatky byly uvedeny v teoretické části. SAR je měřitelná hodnota vlivu elektromagnetického záření na lidský organismus. V dotazníku více než polovina respondentů odpověděla, že o této hodnotě ví. Nejsm si jistý, zda tolik respondentů mělo takové znalosti. Každopádně byli v dotazníku otázkou informováni a nyní o SAR vědí. V praktické části jsem se věnoval prozkoumání elektronické i přiložené dokumentaci několika zařízení. V obojí jsem našel zmínku o hodnotě SAR, která byla v zákonném limitu. Přední výrobci zařízení na svých stránkách vytváří informativní sekce a databáze, které se týkají elektromagnetismu. Také na stránkách WHO, FCC, IEEE či ICNIRP jsou dokumentace a studie v souvislosti

s elektromagnetismem a SAR. V tomto směru lze současný postoj těchto společností považovat za výborný. Další zmínka o SAR je v Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením (kapitola 1.4), kde jsou jasně definované normy pro ČR a dostupné všechny informace o vlivu na lidský organismus.

6.3 Diskuse k měření signálu

Až na viditelná záření jsou pro nás ostatní záření elektromagnetického spektra neviditelné. Pro důkaz výskytu vln, které jsou využívány komunikačními zařízeními, můžeme použít termokameru nebo spektrální analyzátor. Běžný uživatel může využít smartphone nebo tablet. Nabídka aplikací je široká, lze identifikovat zdroje signálů i jejich přibližnou sílu. Navíc lze sledovat, jak se signály chovají v závislosti na vzdálenosti od zdroje nebo nastavení parametrů.

Zmapování výskytu různých vln proběhlo na Sídlišti Vajgar v Jindřichově Hradci v květnu 2020. Za pomoci diagnostických aplikací byly měřeny síly signálů GSM z několika základnových stanic a porovnány v závislosti změny místa i nastavení měření. Byly zmapovány i wifi signály v panelovém domě, kde byla prokázána jejich interference a provedena náprava v podobě optimalizace nastavení routeru. Výstupy z měření a postupu nastavení byly zobrazeny v přehledných grafech a popsány.

ZÁVĚR

Diplomová práce s názvem „Skrytá hrozba elektromagnetismu komunikačních sítí“ byla rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části byla popsána problematika komunikačních sítí, vysvětlena její podstata a provázanost s neionizujícím zářením. Byly představeny technologie, které jsou dnes používané v komunikačních zařízeních.

Prvním cílem bylo zjistit, zda jsou respondenti v ohrožení vlivu elektromagnetického záření, který je vyzařovaný aktivními prvky komunikačních sítí. Dalším cílem bylo popsat veličinu SAR, jejíž hodnota je důležitá pro stanovení míry ohrožení při používání komunikačních zařízení. Posledním cílem bylo zmapování základnových stanic a poskytnutí obrazu výskytu různých vln ve zvolené lokalitě.

Ke splnění prvního cíle byla stanovena hypotéza a vypracovaný dotazník, na který odpovědělo 175 respondentů. Získaná data byla vyhodnocena a na základě množství odpovědí na otázky, které nedosáhlo původně odhadovanou hranici 30 %, bylo prohlášeno, že se stanovená hypotéza nepotvrdila. Během získávání informací o aktivních prvcích z pohledu vyzařování elektromagnetických vln a hodnotách SAR, bylo mé původní přesvědčení ovlivňované novými fakty. Je pravda, že technologie používají neionizující záření, ale pro emise vlnění jsou nastavené přísné normy, které byly při měření dodrženy.

Druhého cíle bylo dosaženo prostudováním legislativních norem, odborných zahraničních článků a oficiálních stránek klíčových společností, které spravují protokoly a standardy komunikačních zařízení. V práci bylo citováno z vyhlášky č. 291/2015 Sb., která pojednává o specifické míře absorpce ve veřejném a pracovním sektoru, dále obsahuje limity a normy pro ČR, a pojednává i o sankcích při nesplnění zákonných norem. V praktické části bylo zjištěno, že dokumentace i online podpora výrobců komunikačních zařízení splňuje informovanost uživatelů o hodnotách SAR

Poslední cíl byl splněn za pomoci diagnostických aplikací a práci v terénu, kde byly měřeny hodnoty signálů ve vyznačených lokalitách. Detailněji byla zmapovaná část sídliště, kde byly měřeny síly signálů GSM vysílačů a wifi sítí. Výstupem byly záznamy na konci praktické části, popisy naměřených hodnoty a byla provedena optimalizace sítě, která eliminovala frekvenční interference a napomohla ke kvalitnější komunikaci aktivního prvku.

SEZNAM LIRATURY

- [1.] ARPANET, *Internet history, design, advanced use, help, security, important features...* [online]. Dostupné z: https://www.livinginternet.com/i/ii_arpanet.htm
- [2.] Bezdrátové technologie – *Co je NFC a jak ho využít* | Svět Androida [online]. Copyright © 2010 [cit. 25.05.2020]. Dostupné z: <https://www.svetandroida.cz/bezdratove-technologie-nfc/>
- [3.] *Cisco ME 1200 Series Carrier Ethernet Access Devices* – Cisco. Cisco – Global Home Page [online]. Dostupné z: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/me-1200-series-carrier-ethernet-2000>
- [4.] DARMOVÁ, Vilibalda. *Ionizující a neionizující žiarenie*. 2009. Brno – Tribun EU s.r.o, 2009. 82 s. ISBN 978–807399–814–1.
- [5.] *Databáze* | Český telekomunikační úřad. Český telekomunikační úřad [online]. Copyright © 2018 [cit. 06.06.2020]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/databaze>
- [6.] Digital Radio DAB. – *Seznam vysílačů* – [online]. 2010 Dostupné z: <http://www.digitalradiodab.cz/seznam-vysilacu.html>
- [7.] *Digitalizace vzorkováním* – Aldebaran [online]. Copyright © 2008 [cit. 05.06.2020]. Dostupné z: <https://www.aldebaran.cz/onlineskola/etapy/zvuk/digitalizace-zvuku.html>
- [8.] Digitální vysílací sítě (multiplexy) v České republice DigitálníTelevize.cz – *digitální televize, digitální vysílání, dvb-t* [online]. Copyright © 1999 [cit. 19.05.2020]. Dostupné z: <https://www.digitalnitelevize.cz/informace/dvb-t/dvb-t-v-ceske-republice.html>
- [9.] *Digitální vysílání* | Český telekomunikační úřad. Český telekomunikační úřad [online]. Copyright © 2018 [cit. 06.06.2020]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/digitalni-vysilani>
- [10.] *Digitální záznam* – MEF. Fyzika – MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 05.06.2020]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1354-digitalni-zaznam>
- [11.] *Electromagnetic fields and public health*. WHO | World Health Organization [online]. Copyright © 2005 [cit. 06.06.2020]. Dostupné z: <https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs296/en/>

- [12.] *Electromagnetic fields and public health*. WHO | World Health Organization [online]. Copyright © [cit. 07.06.2020]. Dostupné z: <https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs296/en/>
- [13.] *EMF a lidské zdraví* – Časopis Elektro – Odborné časopisy. Odborné časopisy [online]. Copyright © 2014 [cit. 06.06.2020]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/emf-a-lidske-zdravi--13777>
- [14.] ETSI – Mobile Communications Technologies – GPRS, GSM & UMTS. ETSI – *Welcome to the World of Standards!* [online]. Copyright © Copyright 2020, ETSI [cit. 06.06.2020]. Dostupné z: <https://www.etsi.org/technologies/mobile>
- [15.] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2003. ISBN 80–214–1833–8
- [16.] HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. *Počítačové sítě pro začínající správce*. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3176-3.
- [17.] HOSSEIN Bidgoli. *The Internet Encyclopedia*. California – John Wiley & Sons, 2004. ISBN 978-0-471-68996-6.
- [18.] *Implementace a rozvoj sítí 5G v ČR* | Technologická agentura ČR [online]. Copyright © 2015 [cit. 17.05.2020]. Dostupné z: https://www.tacr.cz/wp-content/uploads/documents/2020/04/28/1588084690_Implementace%20a%20rozvoj%20s%C3%ADt%C3%AD%205G%20v%20C4%8CR.pdf
- [19.] *Informace NRL č. 14/2005, SZÚ*. SZÚ [online]. Copyright © 2007 [cit. 25.07.2020]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/informace-nrl-c-14-2005>
- [20.] *Informace o využívání rádiových kmitočtů*. Český telekomunikační úřad [online]. Copyright © 2018 [cit. 05.06.2020]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/informace-o-vyuzivani-radiovykh-kmitoctu>
- [21.] *Ionizující záření* –. WikiSkripta.cz [online]. Copyright © 2020 [cit. 05.06.2020] Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Ionizující_záření
- [22.] KENYON, Tony. *High-performance data network design: design techniques and tools*. Boston: Digital Press, c2002. ISBN 1–55558–207–9.
- [23.] Ministerstvo kultury České republiky – *Rada pro rozhlasové a televizní vysílání*. [online]. Dostupné z: <https://www.mkcr.cz/rada-pro-rozhlasove-a-televizni-vysilani-487.html>

- [24.] *Mobilní telekomunikační síť* | Publi.cz [online]. Copyright © 2010 [cit. 05.06.2020] Dostupné z: <https://publi.cz/books/236/02.html>
- [25.] *Národní kmitočtová tabulka* | Český telekomunikační úřad [online]. Copyright ©2017 [cit. 05.06.2020]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/stranky/539/soubory/narodnikmitocovatabulka.pdf>
- [26.] *Národní referenční laboratoř pro neionizující elektromagnetická pole a záření, SZÚ. SZÚ* [online]. Copyright © 2007 [cit. 07.06.2020]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/narodni-referencni-laborator-pro-neionizujici-elektromagneticka-pole-a-zareni>
- [27.] Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2015 [cit. 06.06.2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-291>
- [28.] NASA. | *GPS* [online]. Copyright © 2011 [cit. 27.05.2020]. Dostupné z: https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS_Future.html
- [29.] *Neionizující záření* – WikiSkripta. [online]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Neionizující_záření
- [30.] *Optická a metalická kabeláž pro síť LAN a SAN. SAMURAJ–cz.com – počítačové sítě, Cisco, Microsoft, VMware, administrace* [online]. Copyright © 2005 [cit. 24.05.2020]. Dostupné z: <https://www.samuraj-cz.com/clanek/opticka-a-metalicka-kabelaz-pro-site-lan-a-san/>
- [31.] OSN. Program OSN pro ochranu životního prostředí. *Ionizující záření: účinky a zdroje* [online]. Program OSN pro ochranu životního prostředí, 2016. ISBN: 978–92–807–3600–7. [Cit. 24.4.2019]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/Radiation_Czech_27_Dec_2016_Web.pdf.
- [32.] OSTERHAGE, Wolfgang. *Wireless Network Security: Second Edition*. CRC Press, May 2018. ISBN 978–1–1380–9379–9.
- [33.] *Parametry optických vláken*. [online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/185/06.html> Optické sítě – www.telefonni.cz [online]. Copyright © 2020 [cit. 24.05.2020]. Dostupné z: <http://www.telefonni.cz/x/>

- [34.] *Pasivní síťové prvky*. | Internet a jeho služby [online]. Copyright © 2017 [cit. 05.06.2020]. Dostupné z: http://ijs2.8u.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=124
- [35.] PEKÁREK, Luděk, Pavel ŠÍSTEK a Lukáš JELÍNEK. *Neionizující záření: expozice a zdravotní rizika*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2006. ISBN 80–7071–276–7.
- [36.] PEKÁREK, Luděk; ING. ŠÍSTEK, Pavel; ING. JELÍNEK, Lukáš. *Neionizující záření – expozice a zdravotní rizika*. 2006. Praha – Státní zdravotní ústav, 2006. 95 s. ISBN 80–7071–276–7.
- [37.] *Provozovatelé české satelitní televize* | DigitálníTelevize.cz . DigitálníTelevize.cz – digitální televize, digitální vysílání, dvb-t [online]. Copyright © 1999 [cit. 19.05.2020]. Dostupné z: <https://www.digitalnitemtelevize.cz/informace/dvb-s/dvb-s-v-ceske-republice.html>
- [38.] *Přehled rozhlasových vysílačů* | Český telekomunikační úřad. Český telekomunikační úřad [online]. Copyright © 2018 [cit. 18.05.2020]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/vyhledavaci-databaze/prehled-rozhlasovych-vysilacu/vyhledavani>
- [39.] PUŽMANOVÁ, Rita. *Bezpečnost bezdrátové komunikace: jak zabezpečit wi-fi, bluetooth, GPRS či 3G*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2005, 179 s. ISBN 80–251–0791–4
- [40.] PUŽMANOVÁ, Rita. *Moderní komunikační sítě od A do Z*. Brno: Computer Press, 1998. Sítě & komunikace. ISBN 80–7226–098–7.
- [41.] *Satelitní vysílání DVB-S, DVB-S2* — Technika — Vše o ČT — Česká televize. Česká televize [online]. Copyright © 1996 [cit. 06.06.2020]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/vse-o-ct/technika/digitalni-satelitni-vysilani-dvb-s/>
- [42.] SOSINSKY, Barrie A. *Mistrovství – počítačové sítě*: [vše, co potřebujete vědět o správě sítí]. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978–80–251–3363–7.
- [43.] *Specifická míra absorpce* – Wikipedie. [online]. 2010 Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Specifická_míra_absorpce
- [44.] SPURNÁ, Ivona. *Počítačové sítě: praktická příručka správce sítě*. Kralice na Hané: Computer Media, 2010. ISBN 978-80-7402-036-0.

- [45.] ŠEBESTA, Roman a Marek DVORSKÝ. *Rádiové sítě I pro integrovanou výuku VUT a VŠB-TUO*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978–80–248–3612–6.
- [46.] *TCP/IP a ethernet – cesta v síti, aktivní síťové prvky* | SAMURAJ-cz.com. SAMURAJ-cz.com - počítačové sítě, Cisco, Microsoft, VMware, administrace [online]. Copyright © 2005 [cit. 06.06.2020]. Dostupné z: <https://www.samuraj-cz.com/clanek/tcpip-a-ethernet-cesta-v-siti-aktivni-sitove-prvky/>
- [47.] *V počítači jsou jen jedničky a nuly* - Root.cz. Root.cz - informace nejen ze světa Linuxu [online]. Copyright © 1998 [cit. 05.06.2020]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/v-pocitaci-jsou-jen-jednickyy-a-nuly/>
- [48.] VYMĚTAL, Jan. *Průvodce úspěšnou komunikací: efektivní komunikace v praxi*. Praha: Grada, 2008. Manažer. ISBN 978–80–247–2614–4.
- [49.] *What Are Gamma Rays?* – Definition & Examples – Video & Lesson Transcript | Study.com. Study.com | Take Online Courses. Earn College Credit. Research Schools, Degrees & Careers [online]. Copyright © copyright 2003 [cit. 26.05.2020]. Dostupné z: <https://study.com/academy/lesson/what-are-gamma-rays-definition-examples-quiz.html>
- [50.] *Zdraví a mobilní telefony*, SZÚ. SZÚ [online]. Copyright © 2007 [cit. 27.07.2020]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/zdravi-a-mobilni-telefony>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vlnová délka (zdroj: cs.wikipedia.org/wiki/vlnová_délka)	10
Obrázek 2: Elektromagnetické spektrum (zdroj: https://www.gizmodo.com.au/science)	11
Obrázek 3: Základní rozdělení pásem (zdroj: www.ctu.cz/narodni-kmitoctova-tabulka)	16
Obrázek 4: Signál analogový a diskrétní (zdroj: cs.qwe.wiki/wiki/digital_signal)	18
Obrázek 5: Switch (zdroj: www.cisco.com/c/cs_cz/products/switches)	21
Obrázek 6: Wi-Fi router Cisco (zdroj: www.cisco.com/c/cs_cz/products/routers)	22
Obrázek 7: Základnová stanice EGSM (zdroj: www.motorolasolutions.com)	23
Obrázek 8: Základnové stanice v systému GSM (zdroj: www.elektrorevue.cz)	24
Obrázek 9: Optický a ethernetový kabel (zdroj: wefe.in/the-cable-war-ethernet-vs-fiber)	28
Obrázek 10: GSM – buňkový systém (zdroj: www.technicest.com/mobilni_site.php)	31
Obrázek 11: GSM generace (zdroj: www.etsi.org/technologies/mobile)	33
Obrázek 12: Pohlaví (zdroj: vlastní výzkum)	58
Obrázek 13: Věk (zdroj: vlastní výzkum)	59
Obrázek 14: Základnové stanice GSM (BTS) (zdroj: vlastní výzkum)	60
Obrázek 15: Chytrý telefon (zdroj: vlastní výzkum)	60
Obrázek 16: Délka hovorů (zdroj: vlastní výzkum)	61
Obrázek 17: Doba aktivit mimo volání (zdroj: vlastní výzkum)	62
Obrázek 18: Odpovědi na hodnotu SAR (zdroj: vlastní výzkum)	62
Obrázek 19: Nositelná elektronika (zdroj: vlastní výzkum)	63
Obrázek 20: Co uděláte s mobilem, když jdete spát? (zdroj: vlastní výzkum)	63
Obrázek 21: Způsob vyřizování hovorů (zdroj: vlastní výzkum)	64
Obrázek 22: Způsob přenášení mobilu (zdroj: vlastní výzkum)	65
Obrázek 23: Otázka č. 12 – Router (zdroj: vlastní výzkum)	65
Obrázek 24: Polygon absolutních četností (zdroj: vlastní výzkum)	67
Obrázek 25: Polygon kumulativních četností (zdroj: vlastní výzkum)	68
Obrázek 26: Gaussova křivka – expozice BTS (zdroj: vlastní výzkum)	69
Obrázek 27: Huawei P30 Lite – SAR (zdroj: Dokumentace Huawei P30 Lite)	70
Obrázek 28: Samsung – SAR online (zdroj: https://www.samsung.com/sar/sarMain) ..	71
Obrázek 27: BTS v Jindřichově Hradci (zdroj: vlastní výzkum)	72

Obrázek 28: Měření signálu (zdroj: vlastní výzkum)	74
Obrázek 29: Datové služby – změna režimu sítě (zdroj: vlastní výzkum)	74
Obrázek 30: Měření signálu 3G (zdroj: vlastní výzkum)	75
Obrázek 31: BTS 13177 JH Jindřichův Hradec, sídliště Vajgar 551, panelák (zdroj: vlastní výzkum).....	76
Obrázek 32: Měření signálu (zdroj: vlastní výzkum)	76
Obrázek 33: Měření signálu (zdroj: vlastní výzkum)	77
Obrázek 34: BTS 44574 JH J. Hradec – Otín, komín Jitka (zdroj: vlastní výzkum)	78
Obrázek 35: Měření signálu (zdroj: vlastní výzkum)	79
Obrázek 36: BTS 18144 JH Jindřichův Hradec, Kosmonautů 40, panelák (zdroj: vlastní výzkum)	80
Obrázek 37: Seznam wi-fi sítí v panelovém domě (zdroj: vlastní výzkum)	82
Obrázek 38: Seznam wifi kanálů na routeru (zdroj: vlastní výzkum)	83
Obrázek 39: Optimalizace wifi signálu (zdroj: vlastní výzkum)	84
Obrázek 40: Router – deklaráce o dodržení norem (zdroj: Dokumentace Asus RT-AC56U Dual Band).....	85
Obrázek 41: Komunikační přenosy mobilního telefonu (zdroj: vlastní výzkum)	86

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Kmitočtová tabulka – komunikační spektrum.....	14
Tabulka 2: Wi-Fi standardy	34
Tabulka 3: Expozice BTS – tabulkové porovnání	66
Tabulka 4: Expozice BTS – statistické šetření	67
Tabulka 5: Intervalové rozdělení četností – expozice BTS	69
Tabulka 8: Typy NFC štítků	87

SEZNAM PŘÍLOH

Měření_BTS_WIFI_SAR.ZIP

Implementace a rozvoj sítě 5G v ČR.pdf

narodnikmitoctovatabulka.pdf

SEZNAM ZKRATEK A VÝRAZŮ

Backbone	Pátevní síť
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
ETSI	European Telecommunication Standard Institute
FCC	Federal Communications Commission
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
IEEE	Electrical and Electronics Engineers
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
LTE	Long Term Evolution
MS	Mobile Station
RFC	Request For Comments
SAR	Specific Absorption Rate
Topologie	Tvar či struktura dané sítě
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WHO	World Health Organization

PŘÍLOHY

Dotazník:

Skrytá hrozba elektromagnetismu komunikačních sítí

Anonymní dotazník pro statistické šetření za účelem dokončení mé diplomové práce.

1. Pohlaví:

- a) Žena
- b) Muž

2. Věk:

- a) Méně než 13 let
- b) 13–18 let
- c) 19–33 let
- d) 34–50 let
- e) Více než 50 let

3. Jak daleko ve Vaší blízkosti se nachází nějaký vysílač mobilního operátora?

Nevíte-li, můžete použít mapu na této adrese: <https://www.gsmweb.cz/mapa/> Sledujte měřítko mapy pro určení vzdálenosti.

- a) Do 50 metrů
- b) Do 100 metrů
- c) Do 500 metrů
- d) Víc než 500 metrů

4. Máte chytrý mobilní telefon?

Nazývaný také smartphone, většinou bývá dotykový.

- a) ANO
- b) NE

5. Kolik času průměrně denně provoláte z mobilního telefonu?

Jakýkoliv audio či video hovor.

- a) Do 30 minut
- b) Až jednu hodinu
- c) Klidně i dvě hodiny
- d) Přes dvě hodiny
- e) Nevolám vůbec

6. Kolik času průměrně denně věnujete hraní her, surfování na internetu či používání aplikací?

Vše, co děláte na mobilním telefonu mimo audio či video hovory.

- a) Do 30 minut
- b) Až jednu hodinu
- c) Klidně i dvě hodiny
- d) Přes dvě hodiny
- e) Žádné aktivity na mobilu

7. Víte, že mobilní telefony vytváří elektromagnetické záření, které nesmí překročit povolený limit?

SAR (Specifická míra absorpce) - v EU do 2 W/kg

- a) ANO
- b) NE

8. Používáte bezdrátovou nositelnou elektroniku?

ANO BUDU POUŽÍVAT NE

- a) Chytré hodinky
- b) Fitness náramek
- c) Bezdrátová sluchátka
- d) VR / aktivní brýle
- e) Něco jiného

9. Co uděláte s mobilem, když jdete spát?

- a) Vypnu ho
- b) Nechám ho zapnutý na dosah mé ruky
- c) Nechám ho zapnutý ve stejné místnosti mimo můj dosah
- d) Nechám ho zapnutý v jiné místnosti

10. Jak většinu hovorů vyřizujete?

- a) Mobil nemám ve speciálním obale Mobil mám ve speciálním obale
- b) Mobil mám u ucha
- c) Používám handsfree
- d) Využívám hlasitý odposlech
- e) Nevolám

11. Jakým způsobem přenášíte mobil z místa na místo?

Mobil nemám ve speciálním obale Mobil mám ve speciálním obale

- a) Mobil nosím v kapse
- b) Mobil nosím v ruce
- c) Mobil nosím v kabelce, tašce, ledvince, apod.
- d) Nenosím ho

12. ROUTER je nezbytný pro připojení do sítě Internet. Jestli ho DOMA máte, vyberte možnosti, které jsou nejbližší pravdě.

- a) Na routeru je zapnutá funkce Wi-Fi (většinou to poznáte tak, že svítí dioda se znakem vlnky)
- b) Router nebo funkci Wi-Fi vypínám na noc
- c) Když jsem doma, jsem většinu času v místnosti, kde je router
- d) Na router je připojeno 3 a více zařízení přes Wi-Fi
- e) V okolí mého domova jsou dostupné 3 a více Wi-Fi sítí
- f) Router mám v místnosti, kde většinou spím
- g) Nemám doma router

13. Chcete mi k dotazníku něco připsat?