

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Využitelnost a efektivita mobilního internetu v ČR  
Jan Čučiak

Bakalářská práce  
2018

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Čučiak**  
Osobní číslo: **I15065**  
Studijní program: **B2646 Informační technologie**  
Studijní obor: **Informační technologie**  
Název tématu: **Využitelnost a efektivita mobilního Internetu v ČR**  
Zadávací katedra: **Katedra informačních technologií**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem této bakalářské práce v teoretické části bude zmapování současného stavu mobilního Internetu v České republice a řešení problému využitelnosti mobilního Internetu pro komerční (či neziskové) subjekty a jejich aktivity. Zmapování stavu mobilního Internetu bude zahrnovat všechny v ČR dostupné mobilní datové technologie (Generace 2,5 a vyšší, tj. GPRS, EDGE, CDMA, UMTS, HSPA(+), LTE) jejichž vlastnosti budou v této práci s ohledem na jejich využití popsány. Bakalářská práce se bude zabývat i konkrétním nasazením mobilního Internetu ve zvoleném podniku (či neziskové organizaci) u kterého realizujete analýzu s přínosy a nedostatky využití zvolených mobilních datových technologií. V praktické části bakalářské práce jako druhý cíl bude změřeni kvality (přenosové rychlosti pro downlink i uplink, latenci) poskytovaných služeb základních třech (O2, T-Mobile, Vodafone) mobilních operátorů a vybraných (alespoň dvou) mobilních datových technologií (minimálně 2,5G a vyšších) v několika referenčních místech a vyhodnocení tohoto srovnání. Součástí praktické části bude i webová aplikace, která dle uživatelem zadaných vstupů (poloha, případné požadavky na parametry rychlosti atd.) vyhodnotí na základě získaných podkladů nejvhodnějšího poskytovatele mobilního internetového připojení.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **min. 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

KYSELA, Jiří, ZELENKA, Josef. Informační a komunikační technologie v cestovním ruchu. Hradec Králové: Gaudeamus, 2013. ISBN 978-80-7435-242-3.  
SEDLÁČEK, Jiří. E-komerce, internetový a mobil marketing od A do Z. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 8073001950.  
WEERAWARDANE, Thushara. Optimization and Performance Analysis of High Speed Mobile Access Network. Wiesbaden: Vieweg & Teubner, 2012. ISBN 9783834817099.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kysela, Ph.D.**

Katedra informačních technologií

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **12. května 2018**



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
děkan



Ing. Lukáš Čegab, Ph.D.  
pověřený vedením katedry

V Pardubicích dne 20. března 2018



Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 4. 2018

Jan Čučiak

## **PODĚKOVÁNÍ**

Velké poděkování patří mému vedoucímu práce panu Ing. Jiřímu Kyselovi, Ph.D. za rady a připomínky, které mi výrazně pomohly s tvorbou a kvalitou mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a kamarádům, kteří mě v průběhu studia podporovali a byli mi oporou.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou mobilního Internetu v České republice. V teoretické práci jsou popsány současně používané mobilní datové technologie, vlastnosti a parametry mobilního internetového připojení. V další části byly prakticky otestovány parametry mobilního internetového připojení (rychlost stahování, rychlost nahrávání a ping) na území Pardubického kraje. Měření zahrnuje tři vybrané mobilní datové technologie generace 2.5G a vyšší, přičemž byly testováni všichni tři hlavní mobilní operátoři, kteří v České republice působí.

V praktické části bakalářské práce byla vytvořena webová aplikace, která umožňuje zobrazit a filtrovat naměřené hodnoty mobilního Internetu v daných lokalitách. Na základě těchto informací je možné určit, který mobilní operátor je z hlediska mobilního Internetu pro danou lokalitu nejvhodnější.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

EDGE, UMTS, HSPA, HSPA+, LTE, LTE-Advanced, 2G, 3G, 4G, mobilní Internet, mobilní operátor, download, upload, ping

## **TITLE**

Usability and Efficiency of Mobile Internet Connection in Czech Republic

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis deals with the analysis of mobile Internet in the Czech Republic. The theoretical work describes simultaneously the mobile data technologies, properties and parameters of the mobile Internet connection. In the next part, the parameters of mobile internet connection (download speed and ping) were practically tested in the Pardubice Region. The measurement includes three selected 2.5G and higher mobile Internet technologies that have been tested by all three major mobile operators operating in the Czech Republic.

In the practical part of the bachelor thesis, a web application was created which allows the display and filtering of the measured values of the mobile Internet in given localities. On the basis of this information, it is possible to determine which mobile operator is best suited to the location from the point of view of the mobile Internet.

## **KEYWORDS**

EDGE, UMTS, HSPA, HSPA+, LTE, LTE-Advanced, 2G, 3G, 4G, mobile internet, mobile operator, download, upload, ping

# OBSAH

<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>10</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>11</b>
<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>12</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Technologie mobilního internetového připojení</b> .....	<b>14</b>
1.1 GPRS.....	15
1.2 EDGE.....	15
1.3 UMTS.....	15
1.4 HSDPA, HSUPA, HSDPA+, HDUPA+.....	16
1.5 LTE.....	16
1.6 LTE Advanced.....	16
<b>2 Aktuální situace v ČR</b> .....	<b>18</b>
2.1 Mobilní operátoři.....	18
2.2 Virtuální mobilní operátoři.....	18
2.3 Mapy pokrytí pro vybrané technologie.....	19
2.3.1 T-Mobile.....	19
2.3.2 Vodafone.....	22
2.3.3 O2.....	24
<b>3 Analýza mobilního internetu v ČR</b> .....	<b>27</b>
3.1 Mobilní Internet.....	27
3.2 Základní parametry mobilního internetu.....	27
3.2.1 Download.....	27
3.2.2 Upload.....	28
3.2.3 Latence.....	28
3.2.4 Jitter.....	29
3.2.5 Stabilita připojení.....	29
3.3 Fair Use Policy.....	29
3.4 Postup měření.....	29



3.4.1	Mobilní telefon Xiaomi Redmi 4A LTE.....	30
3.4.2	Aplikace speedtest .....	30
3.4.3	Vybrané lokality pro měření rychlosti mobilního Internetu .....	31
3.5	Výsledky měření .....	32
3.5.1	Zhodnocení mobilního internetu - 2G .....	32
3.5.2	Zhodnocení mobilního internetu - 3G .....	33
3.5.3	Zhodnocení mobilního Internetu - LTE.....	34
3.5.4	Souhrnné zhodnocení mobilního Internetu.....	35
<b>4</b>	<b>Nasazení mobilního internetu v podniku.....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>Aplikace pro vyhodnocení nejlepšího operátora ve zvolené lokalitě .....</b>	<b>41</b>
5.1	Použité technologie.....	41
5.1.1	PHP .....	41
5.1.2	MySQL .....	41
5.1.3	EasyPHP DevServer .....	42
5.1.4	HTML .....	42
5.1.5	HTML Validátor .....	42
5.1.6	CSS .....	42
5.1.7	JavaScript.....	43
5.1.8	Vývojové prostředí NetBeans IDE .....	43
5.1.9	PhpMyAdmin.....	43
5.1.10	Google Maps API .....	44
5.1.11	Bootstrap.....	44
5.2	Databáze.....	44
5.3	Úvodní stránka.....	46
5.4	Měření.....	46
	<b>Závěr .....</b>	<b>47</b>
	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>48</b>
	<b>Přílohy.....</b>	<b>50</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Mapa pokrytí T-Mobile, GPRS a EDGE .....	19
Obrázek 2: Mapa pokrytí T-Mobile, 3G/HSPA (žlutá) a HSPA+ (červená) .....	20
Obrázek 3: Mapa pokrytí T-Mobile, LTE a LTE Advanced (zelená) .....	20
Obrázek 4: Mapa pokrytí T-Mobile, LTE Advanced .....	21
Obrázek 5: Mapa pokrytí Vodafone, GPRS a EDGE .....	22
Obrázek 6: Mapa pokrytí Vodafone, HSPA+ .....	23
Obrázek 7: Mapa pokrytí Vodafone, LTE 800MHz, 900 MHz, 1800 MHz a 2100 MHz ..	23
Obrázek 8: Mapa pokrytí Vodafone, LTE Advanced .....	24
Obrázek 9: Mapa pokrytí O2, "Mobilní internet" 2G, 3G a 4G technologie .....	25
Obrázek 10: Mapa pokrytí O2, "Rychlý mobilní internet" 3G a 4G technologie .....	25
Obrázek 11: Mapa pokrytí O2, LTE - všechny frekvence .....	26
Obrázek 12: Ukázka výsledku měření .....	28
Obrázek 13: Ukázka aplikace Speedtest .....	31
Obrázek 14: Porovnání průměrných rychlostí stahování (download).....	36
Obrázek 15: Porovnání průměrných rychlostí nahrávání (upload).....	37
Obrázek 16: Porovnání průměrných rychlostí odezvy (ping).....	38
Obrázek 17: Ukázka aplikace Flightradar24.....	39
Obrázek 18: Struktura tabulky "measurement" .....	45

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Generace mobilního internetu .....	14
Tabulka 2: Roky uvedení technologií do provozu a jejich teoretické rychlosti.....	14
Tabulka 3: Vybrané lokality a měřené mobilní datové technologie .....	32
Tabulka 4: Nejnižší a nejlepší naměřené hodnoty pro jednotlivé parametry, EDGE .....	32
Tabulka 5: Průměr naměřených hodnot pro jednotlivé parametry, EDGE .....	33
Tabulka 6: Nejnižší a nejlepší naměřené hodnoty pro jednotlivé parametry, HSPA a HSPA+ .....	33
Tabulka 7: Průměr naměřených hodnot pro jednotlivé parametry, HSPA a HSPA+ .....	33
Tabulka 8: Nejnižší a nejlepší naměřené hodnoty pro jednotlivé parametry, LTE .....	34
Tabulka 9: Průměr naměřených hodnot pro jednotlivé parametry, HSPA a HSPA+ .....	35
Tabulka 10: Procentuální pokrytí LTE signálem u jednotlivých mobilních operátorů .....	35

## **SEZNAM ZKRATEK**

GPRS	General packet radio service
EDGE	Enhanced data rates for GSM evolution
UMTS	Universal mobile telecommunications system
HSDPA	High speed downlink packet access
HSUPA	High speed uplink packet access
LTE	Long term evolution
LTE-A	Long term evolution - Advanced
FUP	Fair user policy
ČTU	Český telekomunikační úřad
VoLTE	Voice over LTE

# ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá analýzou využití a efektivitou mobilního internetového připojení v České republice.

V teoretické části je cílem popsat všechny současně používané mobilní datové technologie. Popsány budou všechny mobilní datové technologie od GPRS po LTE-Advanced. Dalším cílem teoretické části je popsat současný stav mobilních a virtuálních operátorů v České republice. Dále bude provedena analýza pokrytí signálem pro dané mobilní datové technologie jednotlivých mobilních operátorů.

Dále budou popsány parametry mobilního internetového připojení a bude provedena analýza rychlosti mobilního internetového připojení na několika místech na území Pardubického kraje. Měření bude provedeno minimálně pro dvě vybrané mobilní datové technologie, přičemž v každé lokalitě budou otestováni všichni tři mobilní operátoři.

Na závěr teoretické části bakalářské práce budou popsány možnosti využití mobilního internetového připojení ve vybrané firmě, přičemž budou popsány výhody a nevýhody.

V praktické části bude vytvořena webová aplikace, která bude zobrazovat výsledky jednotlivých měření mobilního internetového připojení. Na základě těchto informací se bude moci uživatel rozhodnout, který mobilní operátor je pro danou měřenou lokalitu z hlediska mobilního internetového připojení nejvhodnější.

Shrnutí stanovených cílů:

- analýza všech aktuálně používaných mobilních datových technologií,
- analýza stavu mobilních a virtuálních mobilních operátorů v České republice,
- analýza pokrytí signálem pro jednotlivé mobilní datové technologie,
- měření rychlosti minimálně dvou vybraných mobilních datových technologií pod třemi mobilními operátory,
- analyzovat možnosti využití (výhody a nevýhody) mobilního internetového připojení ve vybrané společnosti,
- vytvoření webové aplikace, která bude zobrazovat jednotlivé výsledky mobilního internetového připojení.

# 1 TECHNOLOGIE MOBILNÍHO INTERNETOVÉHO PŘIPOJENÍ

V dnešní době existuje několik typů technologií mobilního internetového připojení. Aktuálně nejnovější, avšak ne příliš rozšířenou technologií, je LTE Advanced. Nejčastěji se setkáváme s dělením technologií mobilního Internetu na tzv. generace: 2G, 3G a 4G. Toto dělení však není zcela přesné, jelikož mezi jednotlivými technologiemi v rámci jedné generace jsou značné rozdíly (např. mezi UMTS a LTE je značný rychlostní a technologický rozdíl). [3]

Tabulka 1: Generace mobilního internetu [3]

Název technologie	Generace
GPRS	2G
EDGE	2.5G
UMTS	3G
HSDPA, HSUPA	3.5G
HSDPA+, HSUPA+	3.75G
LTE	3.9G
LTE-Advanced	4G

Nejstarší mobilní datová technologie je tu s námi již více než dvacet let, zatím co nejnovější technologie LTE Advanced je teprve na počátku svého využití. Jednotlivé mobilní technologie se od sebe velmi výrazně liší v rychlostech stahování a rychlostech nahrávání, stabilitou a odezvou. [3]

Tabulka 2: Roky uvedení technologií do provozu a jejich teoretické rychlosti [3]

Název technologie	Rok uvedení	Download	Upload
GPRS	1997	80 kb/s	40 kb/s
EDGE	2004	218 kb/s	134 kb/s
UMTS	2001	2048 kb/s	2048 kb/s
HSDPA, HSUPA	2006	14,4 Mb/s	5,76 Mb/s
HSDPA+, HSUPA+	2008	42 Mb/s	7,2 Mb/s
LTE	2009	172,8 Mb/s	57,6 Mb/s
LTE-Advanced	2010	1 Gb/s	100 Mb/s

## 1.1 GPRS

Mobilní datová technologie GPRS (General Packet Radio Service) je nejstarší a zároveň nejpomalejší mobilní technologie, která umožňuje přenos dat a připojení k Internetu. Tato technologie se objevila již v druhé polovině devadesátých let. Technologie GPRS je označována za 2G síť. Běžná rychlost přenosu dat se pohybuje pouze okolo 80 kbps / 40 kbps (download / upload), což dnes není dostatečné pro běžné využívání Internetu.

Technologicky se jedná o nadstavbu GSM sítě, která se v dnešní době využívá již pouze pro hlasové služby. K GSM technologii přidává technologie GPRS tzv. „princip přepojování okruhů“, který je již určen také pro přenos dat. Pokrytí GPRS je všude, kde je k dispozici pokrytí GSM. [3]

Zařízení, která podporují technologii GPRS, dělíme na 3 třídy: A, B, C. Třída A umožňuje použití hlasových služeb a přenosu dat současně. Třída B umožňuje využití pouze hlasových služeb nebo pouze přenosu dat v jeden okamžik. Třída C pak umožňuje pouze přenos dat, hlasové služby nejsou podporovány. [3]

## 1.2 EDGE

EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) je mobilní datová technologie, která se poprvé objevila v roce 2004. Jedná se o vylepšení GPRS technologie. Mobilní datová technologie EDGE je označována za 2.5G síť. [3]

Běžná rychlost přenosu dat se pohybuje okolo 150 kbps / 90 kbps (download / upload). Tato rychlost dostačuje pouze pro základní využití Internetu (přenos textových zpráv, nenáročné prohlížení webu - prohlížení jízdních řádů apod.). Na druhou stranu mezi výhody této technologie patří dostupnost, technologie EDGE pokrývá 99% území České republiky.

## 1.3 UMTS

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) je mobilní technologie, která byla navržena pro využití hlasových služeb a přenosu dat současně. Mobilní datová technologie UMTS je označována za 3G. Maximální teoretická rychlost se pohybuje okolo 2 Mbps, což již dostačuje pro většinu běžných věcí. [1], [3]

Technologie UMTS využívá pro přenos dat technologii FDD nebo TDD. Technologie FDD (Frequency Division Duplex) umožňuje použití hlasových služeb a mobilních dat současně. Maximální teoretická rychlost přenosu dat se pohybuje okolo 350 kbps. [\[1\]](#), [\[3\]](#)

Technologie TDD (Time Division Duplex) umožňuje pouze datový přenos, hlasové služby nejsou podporovány. Teoretická rychlost přenosu je oproti technologii FDD přibližně dvojnásobná (přibližně 800 kbps). Mezi další výhody technologie TDD patří lepší odezva a stabilita připojení. [\[1\]](#), [\[3\]](#)

#### **1.4 HSDPA, HSUPA, HSDPA+, HDUPA+**

Jedná se o vylepšení mobilní datové technologie UMTS. Cílem bylo zvýšit rychlost na tolik, aby byla vhodná pro sledování a sdílení fotografií a videí z mobilních zařízení. Technologie HSDPA (HSDPA+) je určena pro download a technologie HSUPA (HSUPA+) pro upload. Maximální teoretická rychlost u HSDPA je 14.4 Mbps a u HSUPA 5.76 Mbps. [\[1\]](#), [\[3\]](#)

Další rychlostní zvýšení přinesly technologie HSDPA+ a HSUPA+. Maximální teoretická rychlost pro HSDPA+ činí 42 Mbps, v případě HSUPA+ pak 7.2 Mbps. [\[3\]](#)

#### **1.5 LTE**

Technologie LTE (Long Term Evolution) bývá mnohdy mylně označována českými mobilními operátory za 4G. Mezinárodní telekomunikační unie (ITU) stanovila, že za 4G síť lze plně považovat síť, která bude umožňovat rychlost stahování 100 Mb/s za pohybu a 1 Gb/s v klidu. Za 4G síť lze plně považovat až mobilní datovou technologii LTE Advanced. [\[1\]](#), [\[3\]](#)

U technologie LTE se již nepočítá se speciálními technologiemi pro hlasové služby. Hlas se přenáší přes datové spojení – tzv. VoLTE (Voice over LTE). Mobilní telefon, který nepodporuje technologii VoLTE, se pro uskutečnění hlasového spojení přepne na 2G nebo 3G technologii. [\[1\]](#)

Maximální teoretické rychlosti pro LTE jsou 172,8 Mbps a 57,6 Mbps (download / upload). [\[1\]](#)

#### **1.6 LTE Advanced**

Mobilní technologie LTE Advanced je v současné době nejpokročilejší a nejrychlejší mobilní datová technologie. LTE Advanced dosahuje oproti LTE ještě vyšších rychlostí. Technologie



LTE Advanced je v České republice stále relativně novou technologií. Mobilní datovou technologii LTE Advanced jsou aktuálně pokryta pouze některá větší města.

Čeští mobilní operátoři udávají maximální teoretickou rychlost pro download okolo 400 Mbps a pro upload pak 50 Mbps.

## **2 AKTUÁLNÍ SITUACE V ČR**

### **2.1 Mobilní operátoři**

V současné době působí na území České republiky tři hlavní mobilní operátoři: O2, T-Mobile a Vodafone. Nabízené služby a cenová politika je u všech tří mobilních operátorů více méně totožná. Přijde-li jeden z operátorů s „revoluční“ nabídkou, ať už datových nebo hlasových služeb, tak ostatní mobilní operátoři reagují s obdobnou nabídkou a trh se opět vyrovná.

Pokrytí mobilním signálem a mobilními datovými technologiemi je taktéž velice podobné. Výjimku tvoří pouze nejnovější mobilní datová technologie LTE Advanced, kde se pokrytí u jednotlivých mobilních operátorů liší.

### **2.2 Virtuální mobilní operátoři**

Kromě klasických mobilních operátorů existuje také velké množství tzv. virtuálních mobilních operátorů. Trh je doslova „přesycen“ virtuálními mobilními operátory, aktuálně jich existuje okolo šedesáti. První virtuální operátoři vznikli na přelomu let 2012 a 2013. [\[6\]](#)

Virtuální mobilní operátor nedisponuje svou vlastní mobilní sítí, nýbrž ke svému provozu využívá mobilní síť „klasických“ mobilních operátorů (O2, T-Mobile nebo Vodafone). Aby mohl virtuální mobilní operátor existovat, tak musí mít povolení od Českého telekomunikačního úřadu a musí být zařazen mezi seznam poskytovatelů mobilních služeb.

Virtuální mobilní operátoři nabízí svým zákazníkům jak klasické předplacené karty, tak také paušální tarify. Virtuální mobilní operátor nabízí svým zákazníkům vlastní SIM kartu, internetovou samoobsluhu a náležitou technickou podporu, podobně jako je tomu v případě klasického mobilního operátora. Pouze s „kamennými“ pobočkami nelze počítat, veškerá komunikace se v případě potřeby řeší elektronicky.

Mezi hlavní výhody virtuálních mobilních operátorů patří především nabídky předplacených karet a paušálních tarifů, které bývají mnohdy výhodnější, avšak v porovnání s „klasickými“ operátory bývá jejich nabídka menší.

Mezi nevýhody můžeme řadit (ne) dostupnost technické podpory, která bývá často pouze telefonicky nebo přes Internet. Infolinka v případě virtuálních mobilních operátorů bývá navíc mnohdy zpoplatněná. Kredit na předplacených kartách mívá většinou kratší platnost oproti „klasickým“ mobilním operátorům.

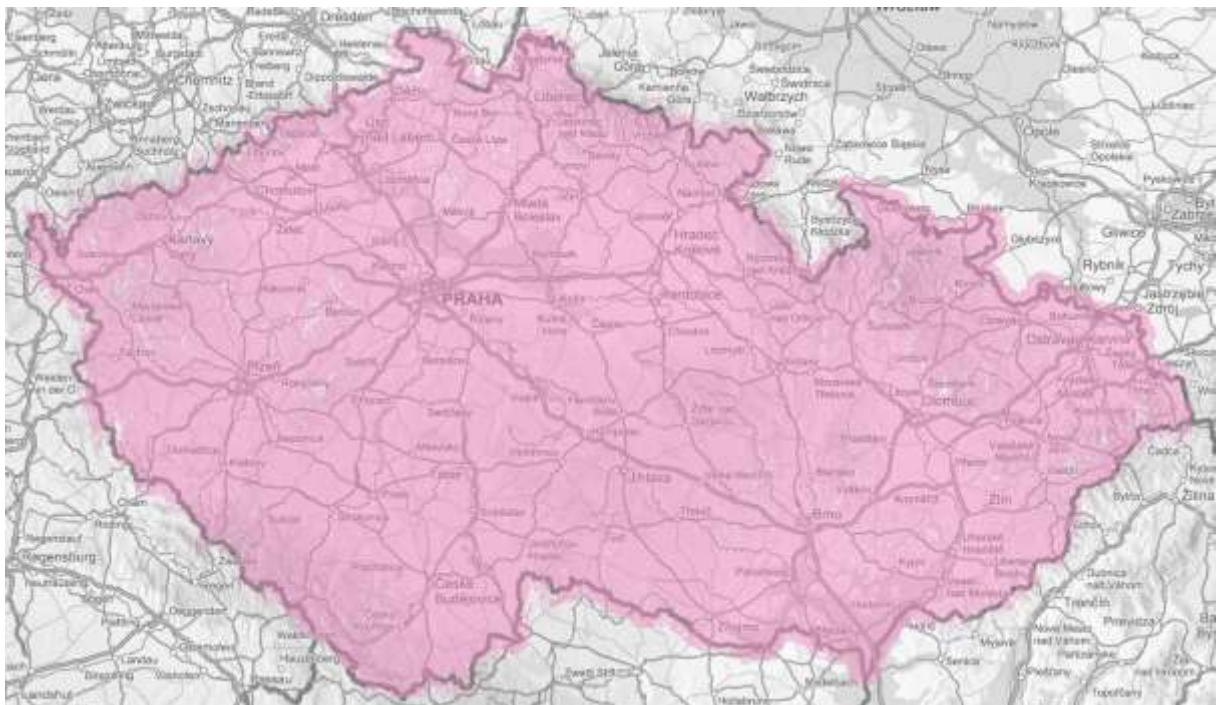
## 2.3 Mapy pokrytí pro vybrané technologie

Mobilní operátoři nabízí na svých webových stránkách mapy pokrytí pro hlasové služby a mobilní datové technologie. Tyto mapy poskytují přehled, jaké služby jsou dostupné pro danou konkrétní lokalitu. Avšak je nutné brát v úvahu, že pokrytí je pouze teoretické a ve skutečnosti se může lišit.

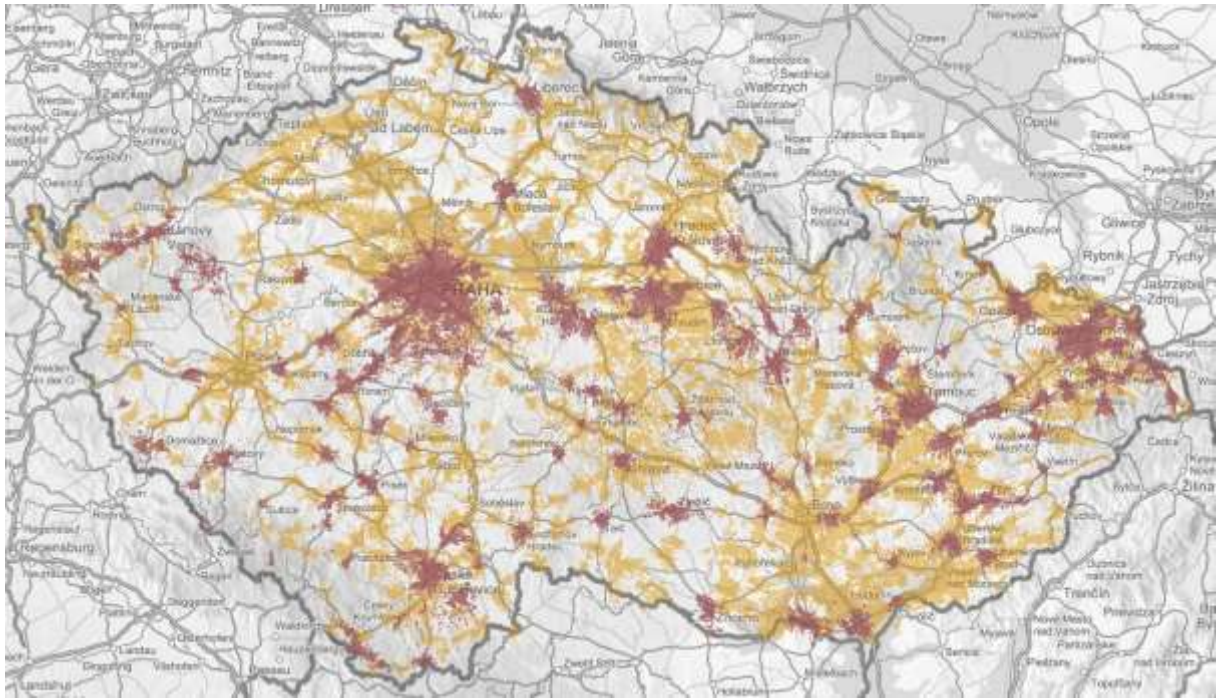
### 2.3.1 T-Mobile

Mobilní operátor T-Mobile udává na svých stránkách mapy pokrytí pro jednotlivé technologie mobilního Internetu. 2G sítí (GPRS a EDGE) pokrývá téměř celé území České republiky s výjimkou několika málo míst. [\[7\]](#)

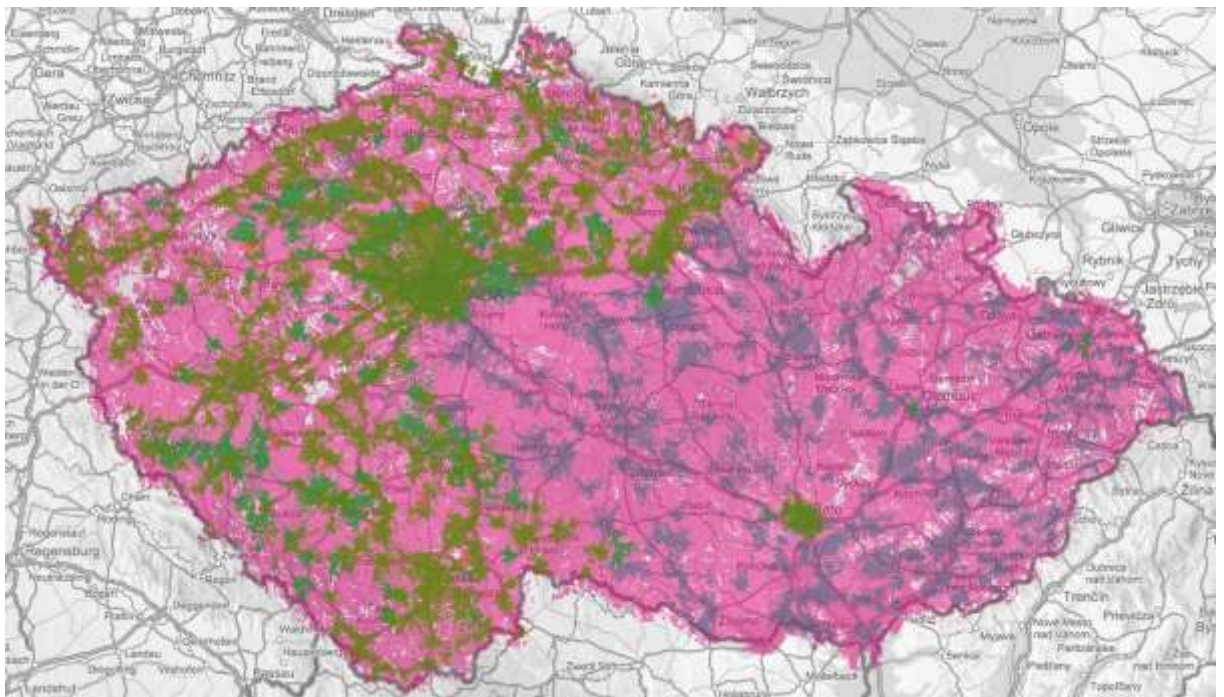
Pokrytí UMTS a HSPA se týká především středních a větších měst. LTE na frekvencích 800 MHz, 2100 MHz a 1800 MHz pokrývá větší část České republiky. LTE Advanced pokrývá především střední a velká města na území Pardubického, Královehradeckého, Libereckého, Ústeckého, Karlovarského, Plzeňského, Jihočeského a Středočeského kraje. Na území ostatních krajů je pokryté pouze město Brno, část města Olomouc a menší část Ostravy. [\[7\]](#)



Obrázek 1: Mapa pokrytí T-Mobile, GPRS a EDGE [\[7\]](#)



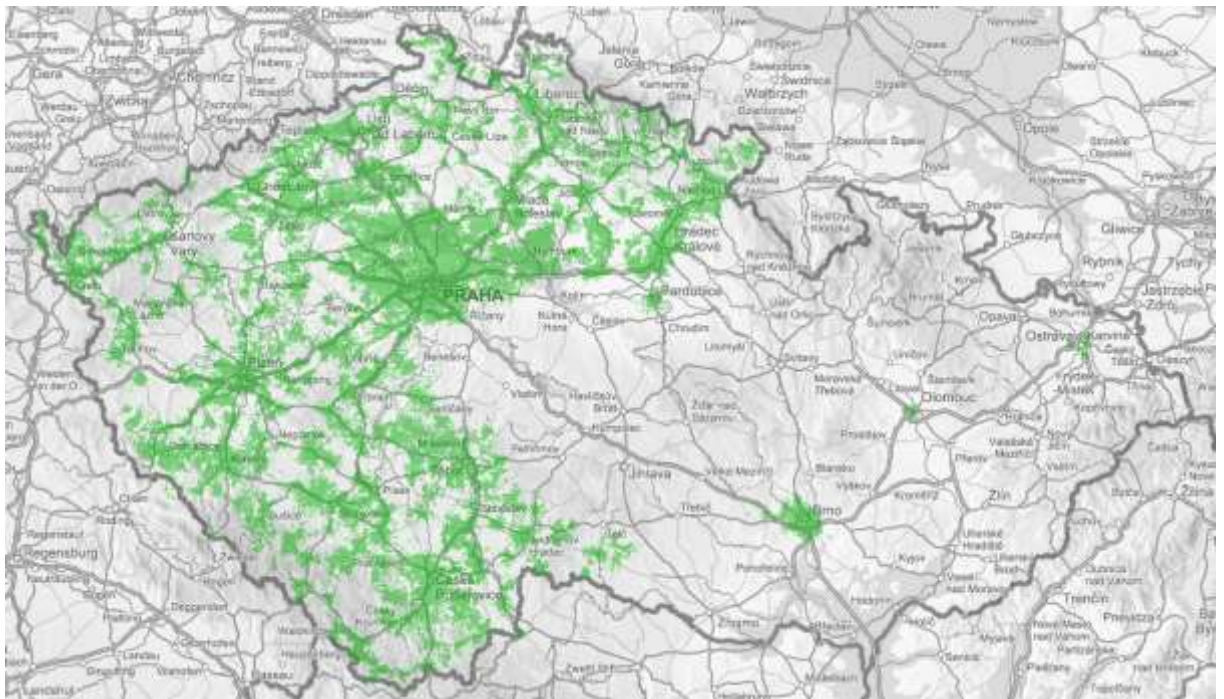
Obrázek 2: Mapa pokrytí T-Mobile, 3G/HSPA (žlutá) a HSPA+ (červená) [7]



Obrázek 3: Mapa pokrytí T-Mobile, LTE a LTE Advanced (zelená) [7]



U mobilního operátora T-Mobile je signálem LTE (na všech frekvencích) pokryto konkrétně **82%** území České republiky. Toto číslo je založeno na analýze mapy, která je k dispozici na webových stránkách mobilního operátora T-Mobile. Ve vyšším programovacím jazyku Java jsem napsal pomocnou aplikaci, která provede analýzu obrázku mapy pixel po pixelu. Aplikace analyzuje, zda je daný pixel v odstínech šedé, nebo zda je barevný (v případě mobilního operátora T-Mobile růžová barva). Po analýze je znám počet pixelů v odstínech šedi, počet barevných pixelů a celkový počet všech pixelů. Na základě těchto hodnot jsem vypočítal procento pokrytí LTE signálem.



Obrázek 4: Mapa pokrytí T-Mobile, LTE Advanced [\[7\]](#)

### 2.3.2 Vodafone

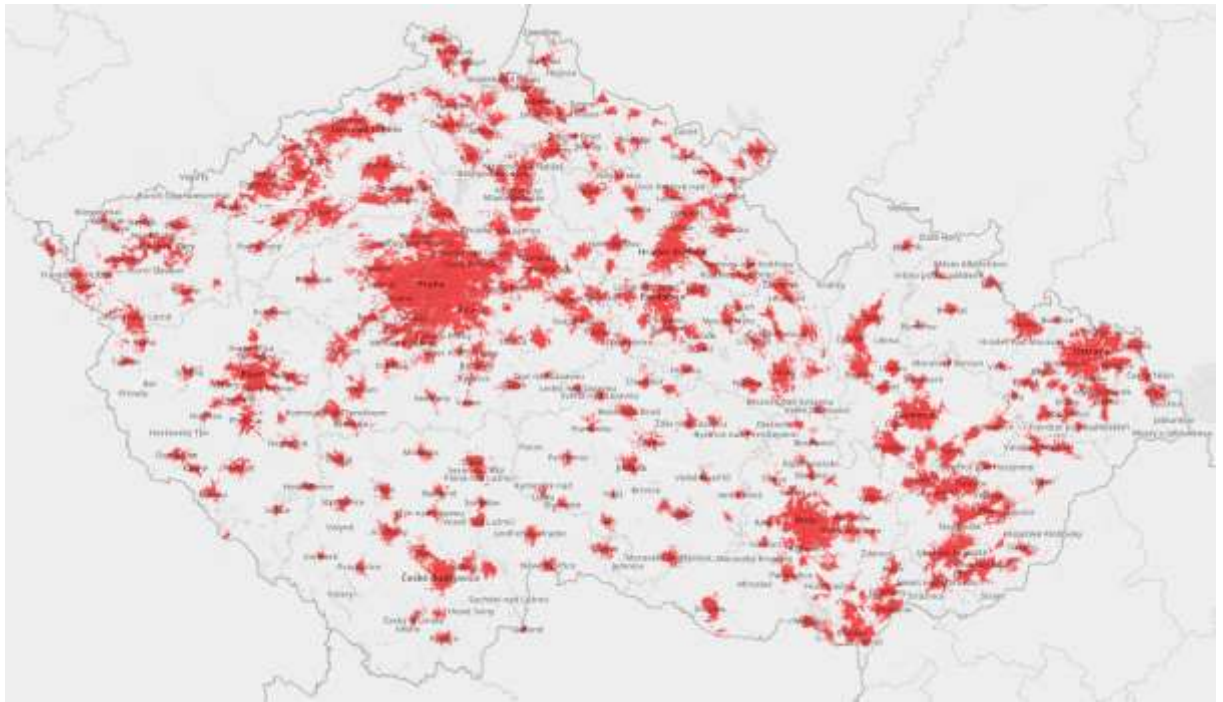
Mobilní operátor Vodafone nabízí taktéž na svých internetových stránkách mapu pokrytí, kde je možné vybrat konkrétní technologie. 2G síť (GPRS a EDGE) pokrývá, stejně jako v případě mobilního operátora T-Mobile, téměř celé území České republiky. [8]

Technologie HSPA+ pokrývá větší a střední města. Technologii LTE na frekvencích 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz a 2100 MHz je pokryta větší část území České republiky. Na základě podrobné analýzy mapy (podobně jako v [případě](#) mobilního operátora T-Mobile) jsem zjistil, že mobilní operátor Vodafone pokrývá LTE signálem (na všech frekvencích) konkrétně **89 %** území České republiky.[8]

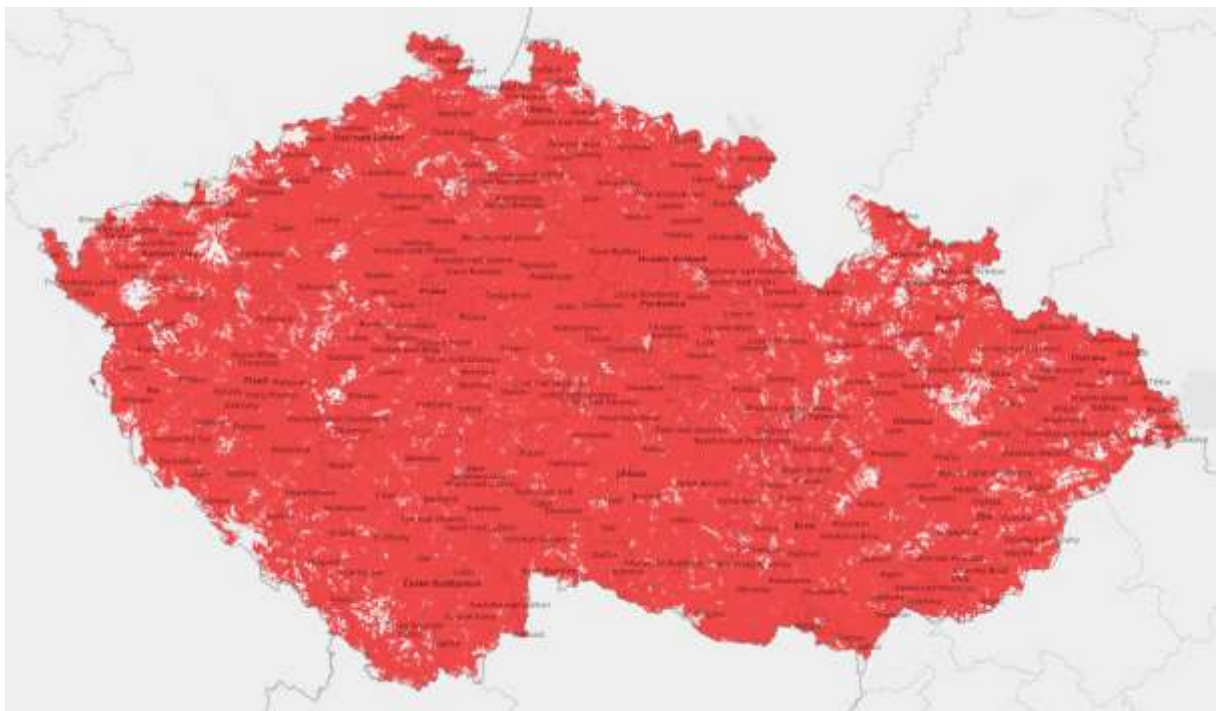
LTE Advanced v případě mobilního operátora pokrývá velká a střední města po celém území České republiky. Mobilní operátor Vodafone nabízí aktuálně nejlepší pokrytí nejrychlejší a nejnovější mobilní datovou technologií LTE Advanced. [8]



Obrázek 5: Mapa pokrytí Vodafone, GPRS a EDGE [8]



Obrázek 6: Mapa pokrytí Vodafone, HSPA+ [\[8\]](#)



Obrázek 7: Mapa pokrytí Vodafone, LTE 800MHz, 900 MHz, 1800 MHz a 2100 MHz [\[8\]](#)





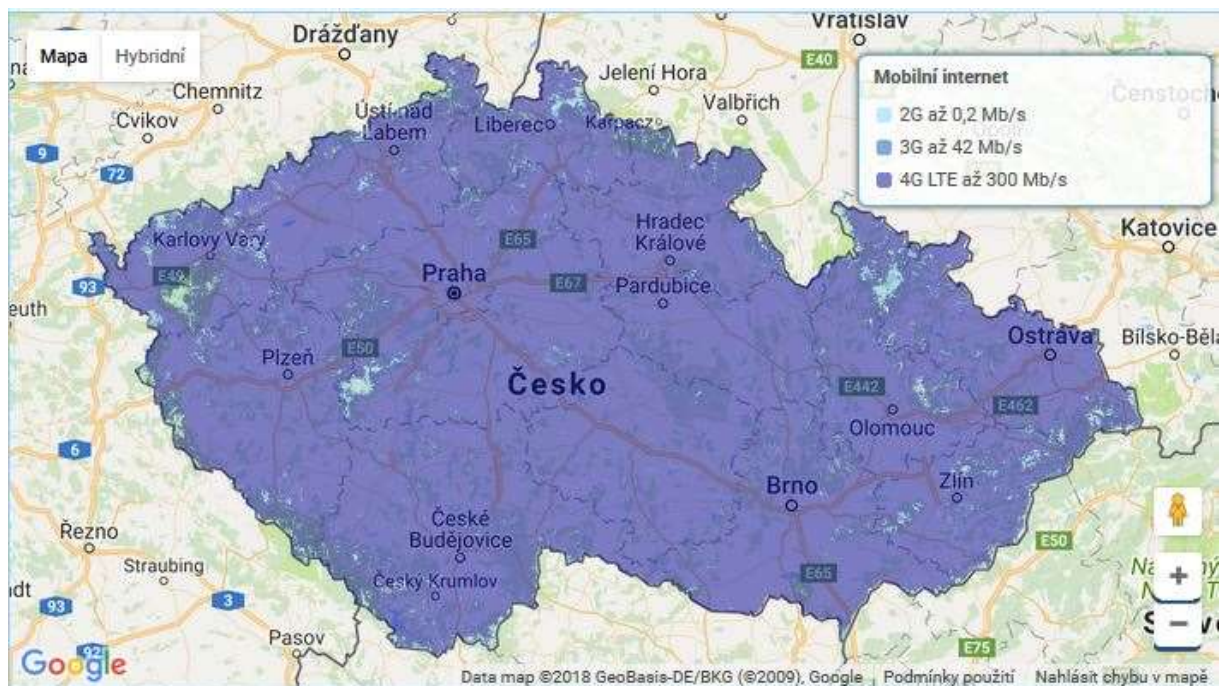
Obrázek 8: Mapa pokrytí Vodafone, LTE Advanced [8]

### 2.3.3 O2

Mobilní operátor O2 jako jediný nenabízí mapy pokrytí pro jednotlivé technologie mobilního Internetu. K dispozici jsou pouze mapy pokrytí pro „Mobilní internet“ (2G, 3G a 4G technologie) a „Rychlý mobilní internet“ (3G a 4G technologie). [9]

Dle informací Českého telekomunikačního úřadu pokrývá mobilní operátor O2 LTE signálem (na frekvencích 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz a 2600 MHz) větší část České republiky, konkrétně **73 %**. Tato hodnota byla určena na základě podrobné analýzy mapy pokrytí (stejně jako v případě mobilního operátora [T-Mobile](#) a [Vodafone](#)). [4]

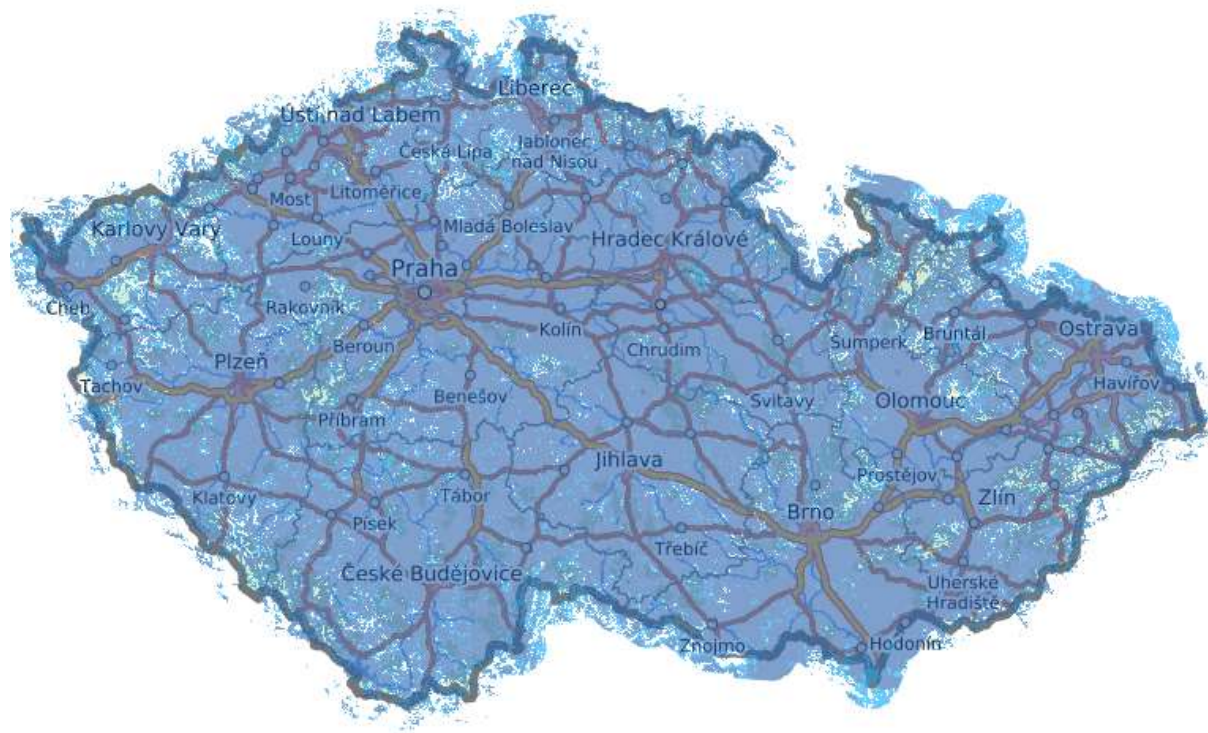




Obrázek 9: Mapa pokrytí O2, "Mobilní internet" 2G, 3G a 4G technologie [9]



Obrázek 10: Mapa pokrytí O2, "Rychlý mobilní internet" 3G a 4G technologie [9]



Obrázek 11: Mapa pokrytí O2, LTE - všechny frekvence [4]

## 3 ANALÝZA MOBILNÍHO INTERNETU V ČR

### 3.1 Mobilní Internet

Pod pojmem „mobilní Internet“ se rozumí připojení určitého zařízení k Internetu skrze mobilní bezdrátovou síť, kterou provozují mobilní operátoři. K mobilnímu Internetu se nejčastěji připojují mobilní zařízení, jako jsou například mobilní telefony, tablety, navigace, apod. Nicméně si k mobilnímu Internetu můžeme připojit také notebooky a stolní počítače. [2]

Mobilní Internet by měl rovněž zaručovat „mobilitu“. To znamená, že mobilní internetové připojení by mělo být dostupné a stabilní za všech okolností, nezávisle na lokalitě, kde se uživatel s mobilním zařízením nachází. [2]

Současné moderní mobilní technologie generace 3G a vyšší se v dnešní době mohou využívat k téměř všem věcem, stejně tak jako jsme zvyklí u běžného připojení k Internetu, například skrze ADSL. Mobilní Internet můžeme využívat k prohlížení sociálních sítí, správě emailových účtů, hledání informací, navigaci apod. [2]

### 3.2 Základní parametry mobilního internetu

Kvalitu mobilního Internetu určuje několik základních parametrů: download, upload, latence, jitter a stabilita internetového připojení. Na základě změření těchto parametrů jsem prováděl výslednou analýzu kvality mobilního internetu. [10]

#### 3.2.1 Download

Download, neboli rychlost stahování, udává, jakou rychlostí putují informace ze serveru do našeho zařízení. Rychlost stahování se nejčastěji udává v kilobitech za jednu sekundu (kbps) nebo megabitech za jednu sekundu (Mbps). [10]

Měření této hodnoty probíhá tak, že se z testovacího serveru stáhne testovací soubor o určité velikosti za určitý čas. Při měření rychlosti stahování mobilního internetu v aplikaci „speedtest“ se na 3G a 4G technologii nejčastěji stahoval soubor o velikosti 15 – 25 MB. Vydělením velikosti souboru celkovým časem stahování souboru v sekundách, získáme rychlost stahování.



### 3.2.2 Upload

Upload, neboli rychlost nahrávání, udává, jakou rychlostí putují informace z našeho zařízení na server. Rychlost nahrávání se nejčastěji udává, stejně jako u rychlosti stahování, v kilobitech za jednu sekundu (kbps) nebo megabitech za jednu sekundu (Mbps). [10]

Měření rychlosti stahování probíhá tak, že se na testovací server nahraje soubor o určité velikosti a měří se čas, za který je tento soubor na server přenesen. Při měření rychlosti nahrávání mobilního internetu v aplikaci „speedtest“ se na 3G a 4G technologii nejčastěji nahrával soubor o velikosti 4 – 10 MB. Vydělíme-li velikost souboru celkovým časem nahrávání v sekundách, získáme rychlost nahrávání.

### 3.2.3 Latence

Latence nebo anglicky „ping“ je pojem, který označuje, za jak velký časový úsek dostaneme od serveru odpověď na naši žádost, kterou jsme odeslali. Latence internetového připojení se udává nejčastěji v milisekundách. [10]

Měření odezvy probíhá tak, že se na testovací server odešle několik paketů a výsledkem je průměr časů, za které pakety urazily cestu.



Obrázek 12: Ukázka výsledku měření

### 3.2.4 Jitter

Jitter je časová změna odezvy internetového připojení, která se měří v průběhu času komunikace. Zjednodušeně, jitter udává nestabilitu (kolísání) odezvy internetového připojení, jedná se o časový rozdíl mezi odeslanými pakety. Jitter se měří v jednotkách milisekund. [10]

### 3.2.5 Stabilita připojení

Stabilitu připojení nelze jednoznačně vyčíslit. Stabilitu internetového připojení nám pomáhá určovat několik parametrů. Prvním z nich je poměr ztracených a doručených paketů. Tento údaj je udáván v procentech (%) a v ideálním případě je roven 100%. Další parametrem je kolísání odezvy internetového připojení. V ideálním případě by měla být odezva internetového připojení stabilní a neměla by se v čase příliš měnit. [10]

Stabilitu dále určuje kolísání rychlosti nahrávání a rychlosti stahování. Rychlost nahrávání a stahování se u mobilního internetového připojení může měnit například v důsledku změny lokality nebo změny počtu připojených uživatelů (zařízení). V ideálním případě by měla být rychlost stahování i nahrávání v čase stejná a neměla by se výrazně měnit.

## 3.3 Fair Use Policy

Fair Use Policy (FUP), v českém překladu „pravidla férového používání“, je skupina pravidel, za pomoci kterých se snaží mobilní operátoři zamezit, aby jeden uživatel neomezoval ostatní uživatele nadměrným využíváním internetového připojení. V dřívější době bylo FUP aplikováno i na běžná internetová připojení (ADSL apod.), v dnešní době se s ním setkáme nejčastěji u mobilního internetového připojení. [7]

Nejčastější aplikace FUP spočívá v určení přesného objemu dat, která lze za určité období stáhnout bez rychlostního omezení (například 1.5 GB / 30 dní, 400 MB / týden). Po překročení objemu dat je internetové připojení výrazně zpomaleno (mnohdy až na desítky kbps), což velice omezuje využívání Internetu, nebo je uživateli připojení zcela vypnuto a uživatel si musí dokoupit další objem dat.

## 3.4 Postup měření

V každé z vybraných lokalit jsem provedl celkem 5 měření pro každou technologii pod každým mobilním operátorem. Z pěti naměřených výsledků pro jednotlivé parametry (download,

upload, ping) jsem vypustil nejhorší a nejlepší hodnotu. Ze zbylých třech naměřených hodnot jsem vypočítal aritmetický průměr.

### **3.4.1 Mobilní telefon Xiaomi Redmi 4A LTE**

K analýze mobilního Internetu jsem využíval mobilní telefon Xiaomi Redmi 4A LTE. Mobilní telefon je vybaven operačním systémem Android ve verzi 6.0.1. Mobilní telefon nabízí podporu pro následující mobilní datové technologie: GPRS, EDGE, UMTS/CDMA, HSDPA, HSUPA, HSDPA+, HSUPA+ a LTE.

### **3.4.2 Aplikace speedtest**

Pro analýzu rychlosti mobilního Internetu jsem zvolil bezplatnou mobilní aplikaci Speedtest ve verzi pro operační systém Android. Aplikace je také dostupná pro mobilní zařízení vybavené operačním systémem Windows Phone a iOS. K dispozici je také webová verze této aplikace určená pro měření rychlosti Internetu přímo ve webovém prohlížeči. Webová verze nabízí podporu HTML5.

Aplikace umožňuje změřit základní parametry připojení jako je rychlost stahování, rychlost nahrávání a odezva. Aplikace automaticky vyhledá nejvhodnější server pro měření, přičemž server je také možné vybrat manuálně.



Obrázek 13: Ukázka aplikace Speedtest

### 3.4.3 Vybrané lokality pro měření rychlosti mobilního Internetu

Pro testování kvality mobilního internetového připojení (rychlost stahování, rychlost nahrávání a odezva) jsem zvolil několik míst na území Pardubického kraje. Měření jsem prováděl jak v centru vybraných měst, tak i na okrajích těchto měst.

K měření jsem zvolil celkem sedm vybraných lokalit v Pardubickém kraji. Měření jsem prováděl u tří dominantních mobilních operátorů: O2, T-Mobile a Vodafone. V rámci měření jsem testoval postupně tři vybrané mobilní technologie. Pro testování kvality mobilního internetového připojení jsem zvolil v dané lokalitě jednu technologii z druhé generace, jednu ze třetí generace a LTE technologii.

Tabulka 3: Vybrané lokality a měřené mobilní datové technologie

Lokalita	Měřené technologie	GPS souřadnice
Chrudim, centrum	EDGE, HSPA, LTE	49.951204 / 15.794825
Chrudim, okraj města (aeroklub)	EDGE, HSPA, LTE	49.936913 / 15.787291
Pardubice, okraj města (letišťe)	EDGE, HSPA+, LTE	50.017442 / 15.724615
Pardubice, centrum (Atrium palác)	EDGE, HSPA+, LTE	50.037799 / 15.768751
Pardubice, vlakové nádraží	EDGE, HSPA+, LTE	50.032405 / 15.756298
Holice, okraj města	EDGE, HSPA, LTE	50.072200 / 15.998886
Holice, centrum města	EDGE, HSPA, LTE	50.067930 / 15.987275

### 3.5 Výsledky měření

Cílem měření bylo zhodnotit a zanalyzovat kvalitu mobilního internetového připojení u třech dominantních mobilních operátorů (O2, T-Mobile a Vodafone). V rámci analýzy bylo provedeno postupně celkem 315 měření v celkem sedmi vybraných lokalitách na území Pardubického kraje.

#### 3.5.1 Zhodnocení mobilního internetu - 2G

Výsledky měření parametrů mobilní technologie EDGE se ve vybraných lokalitách mezi jednotlivými mobilními operátory příliš neliší.

Mobilní technologie EDGE je svou rychlostí v dnešní době zcela nedostatečná pro běžné prohlížení webových stránek. EDGE dostačuje pouze na základní („nouzové“) prohlížení webových stránek nebo práci s mobilními aplikacemi, které nepotřebují rychlý download, upload a dobrou odezvu. Typickým zástupcem je mobilní verze jízdních řádů a mobilní aplikace Facebook messenger.

Tabulka 4: Nejnižší a nejlepší naměřené hodnoty pro jednotlivé parametry, EDGE

Operátor	Download (min. / max.)	Upload (min. / max.)	Ping (min. / max.)
T-Mobile	0.08 Mbps / 0.19 Mbps	0.03 Mbps / 0.09 Mbps	135 ms / 883 ms
O2	0.07 Mbps / 0.14 Mbps	0.04 Mbps / 0.08 Mbps	150 ms / 502 ms
Vodafone	0.09 Mbps / 0.16 Mbps	0.05 Mbps / 0.1 Mbps	147 ms / 460 ms



Nejlepší rychlost stahování (download) nabízí ve vybraných lokalitách mobilní operátor T-Mobile, který má naopak nejhorší průměrnou odezvu mezi všemi mobilními operátory. Nejlepší rychlost nahrávání (upload) pak nabízí mobilní operátor Vodafone.

Tabulka 5: Průměr naměřených hodnot pro jednotlivé parametry, EDGE

<b>Operátor</b>	<b>Download (průměr)</b>	<b>Upload (průměr)</b>	<b>Ping (průměr)</b>
T-Mobile	0.14 Mbps	0.07 Mbps	346 ms
O2	0.10 Mbps	0.065 Mbps	292 ms
Vodafone	0.13 Mbps	0.07 Mbps	264 ms

### 3.5.2 Zhodnocení mobilního internetu - 3G

Následující výsledky měření zahrnují mobilní datové technologie HSPA a HSPA+. Průměrné hodnoty jednotlivých parametrů se zde opět v rámci mobilních operátorů příliš neliší.

Tabulka 6: Nejnížší a nejlepší naměřené hodnoty pro jednotlivé parametry, HSPA a HSPA+

<b>Operátor</b>	<b>Download (min. / max.)</b>	<b>Upload (min. / max.)</b>	<b>Ping (min. / max.)</b>
T-Mobile	4.49 Mbps / 12.52 Mbps	2.55 Mbps / 4.92 Mbps	21 ms / 28 ms
O2	5.01 Mbps / 9.18 Mbps	2.96 Mbps / 5.95 Mbps	23 ms / 27 ms
Vodafone	4.64 Mbps / 10.78 Mbps	3.02 Mbps / 5.74 Mbps	23 ms / 31 ms

Naměřené hodnoty jsou u všech tří měřených mobilních operátorů dobré a zcela dostatečné. Technologie HSPA a HSPA+ lze již považovat za plně dostatečné technologie pro běžnou práci s Internetem. Jednotlivé parametry (upload, download a ping) byly při měření stabilní a příliš se v průběhu měření nelišily.

Tabulka 7: Průměr naměřených hodnot pro jednotlivé parametry, HSPA a HSPA+

<b>Operátor</b>	<b>Download (průměr)</b>	<b>Upload (průměr)</b>	<b>Ping (průměr)</b>
T-Mobile	8.41 Mbps	4.26 Mbps	25 ms
O2	8.04 Mbps	4.23 Mbps	25 ms
Vodafone	8.60 Mbps	4.49 Mbps	25 ms

Průměrná rychlost stahování, která je přibližně 8 Mbps u všech tří mobilních operátorů, je plně dostatečná pro běžné prohlížení webu, včetně poslouchání hudby, či sledování videí ve standardní kvalitě. Problém může nastat u stahování objemnějších souborů z Internetu nebo sledování videí ve vysokém rozlišení, kdy tato rychlost dostatečná být nemusí.

Průměrná rychlost odesílání, která se pohybuje ve všech třech případech okolo 4 Mbps, pak rovněž dostačuje na běžnou práci (přenos hlasu, odesílání emailů s přílohami apod.). Tato rychlost nás může omezovat v případě nahrávání větších souborů. Průměrná odezva 25 milisekund je dostatečná také například pro uskutečnění kvalitního (video) hovoru přes mobilní Internet.

### 3.5.3 Zhodnocení mobilního Internetu - LTE

Naměřené hodnoty se v případě mobilní datové technologie LTE příliš nelišily. Výjimku tvoří pouze rychlost nahrávání u mobilního operátora Vodafone, která byla v průměru přibližně o 4 Mbps horší v porovnání s ostatními mobilními operátory.

Tabulka 8: Nejnižší a nejlepší naměřené hodnoty pro jednotlivé parametry, LTE

<b>Operátor</b>	<b>Download (min. / max.)</b>	<b>Upload (min. / max.)</b>	<b>Ping (min. / max.)</b>
T-Mobile	15.6 Mbps / 22.08 Mbps	2.5 Mbps / 6.22 Mbps	18 ms / 22 ms
O2	13.11 Mbps / 21.07 Mbps	3.85 Mbps / 6.12 Mbps	18 ms / 23 ms
Vodafone	8.71 Mbps / 20.17 Mbps	3.11 Mbps / 7.22 Mbps	19 ms / 26 ms

Průměrná rychlost u mobilního operátora T-Mobile a O2 se pohybovala okolo 18 Mbps, respektive 19 Mbps. U mobilního operátora Vodafone byla situace mírně horší. Průměrná rychlost se v tomto případě pohybovala „pouze“ okolo 14 Mbps. Nicméně i přesto by měla být rychlost stahování u všech tří mobilních operátorů plně dostatečná na běžné použití Internetu, stahování souborů (ne objemných), či sledování videa ve vysokém rozlišení.

Průměrná rychlost nahrávání byla ve všech třech případech přibližně stejná a pohybovala se lehce pod 5 Mbps. Stejně jako v případě HSPA a HSPA+ tato rychlost dostačuje na běžnou práci, přičemž tato rychlost nás bude omezovat při nahrávání větších souborů či „streamování“ videa apod.

Průměrná doba odezvy, která se pohybovala v rozmezí 19 až 22 milisekund nás nikterak nebude omezovat při využívání mobilního Internetu na technologii LTE.

Tabulka 9: Průměr naměřených hodnot pro jednotlivé parametry, HSPA a HSPA+

<b>Operátor</b>	<b>Download (průměr)</b>	<b>Upload (průměr)</b>	<b>Ping (průměr)</b>
T-Mobile	19.14 Mbps	4.86 Mbps	19 ms
O2	17.95 Mbps	4.63 Mbps	20 ms
Vodafone	13.93 Mbps	4.82 Mbps	22 ms

Na základě podrobné analýzy map pokrytí LTE signálem (viz. kapitola [2.3](#)) u všech tří mobilních operátorů bylo zjištěno, že procentuálně nejlepší pokrytí území České republiky má mobilní operátor Vodafone (**89 %**), na druhém místě skončil mobilní operátor T-Mobile (**82 %**) a třetí skončil mobilní operátor O2, který má aktuálně procentuálně nejhorší pokrytí LTE signálem na území České republiky (**73 %**).

Tabulka 10: Procentuální pokrytí LTE signálem u jednotlivých mobilních operátorů

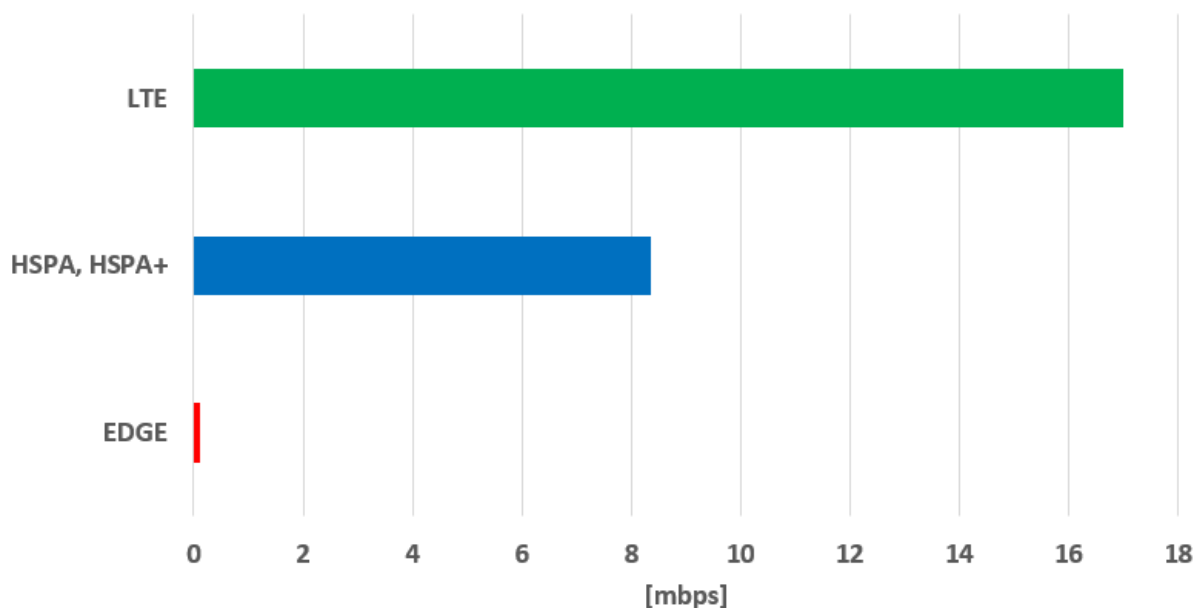
<b>Operátor</b>	<b>Pokrytí</b>
T-Mobile	82 %
O2	73 %
Vodafone	89 %

### 3.5.4 Souhrnné zhodnocení mobilního Internetu

Průměrná naměřená hodnota rychlosti stahování (download) u technologie LTE se pohybovala okolo 17 Mbps. Tato rychlost je plně dostatečná na běžné použití Internetu, včetně stahování větších souborů.

Naměřená průměrná rychlost nahrávání u technologií HSPA a HSPA+ byla zhruba poloviční v porovnání s mobilní datovou technologií LTE. Tato rychlost ale taktéž plně dostačuje na běžné použití Internetu s výjimkou stahování objemnějších souborů a sledování videí ve vyšším rozlišení a kvalitě.

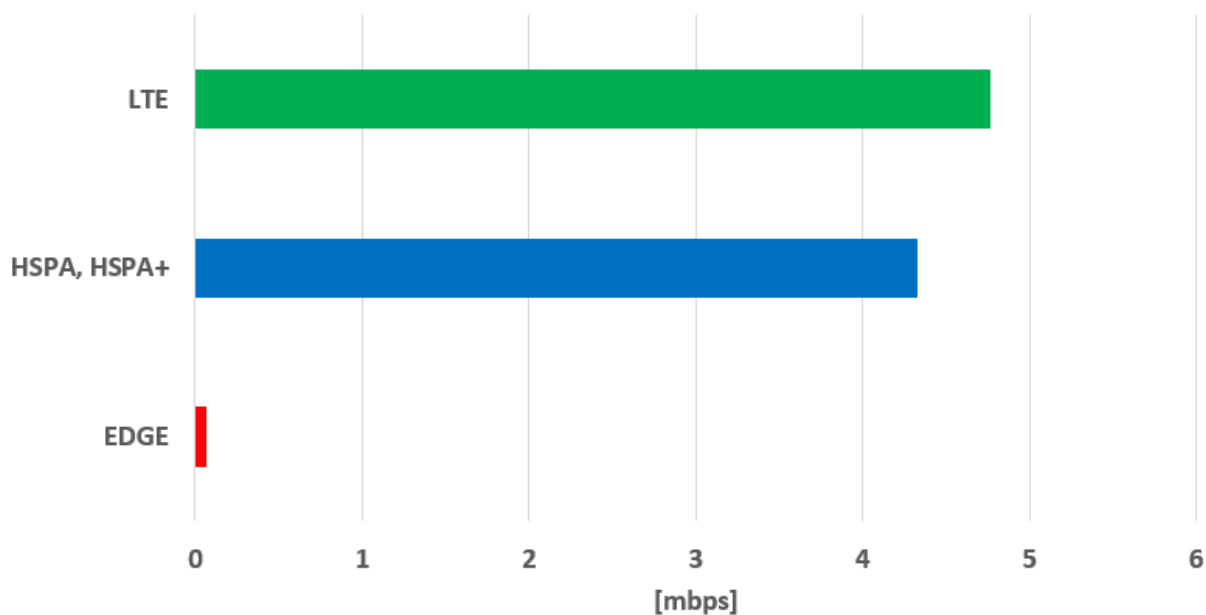
U mobilní datové technologie EDGE se průměrná rychlost stahování pohybovala pouze okolo 0.12 Mbps. Tato rychlost je zcela nedostatečná pro běžné prohlížení Internetu a zcela nás omezuje v jeho využívání.



Obrázek 14: Porovnání průměrných rychlostí stahování (download)

Rychlost nahrávání (upload) se v případě mobilních datových technologií HSPA, HSPA+ a LTE pohybovala okolo 4.5 Mbps, což je pro běžné využívání Internetu dostatečné. Tato rychlost nás bude omezovat pouze v případě nahrávání (sdílení) objemnějších souborů, či „streamování“ videa.

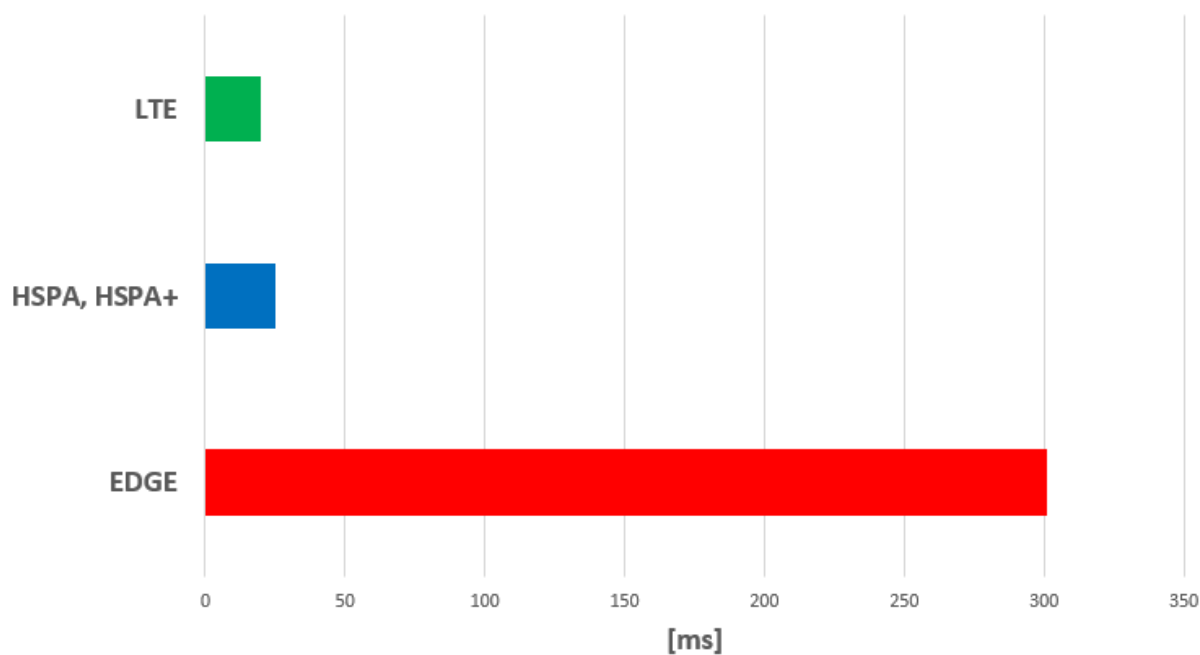
Problém nastává u datové technologie EDGE, kde se rychlost nahrávání pohybovala v průměru pouze okolo hodnoty 0.07 Mbps. Tato rychlost nás zcela omezuje při využívání Internetu a problémy nastávají již při odesílání emailu s menší přílohou. Přenos hlasu skrze Internet, či nahrávání větších souborů, je skrze tuto technologii neuskutečnitelné. Technologie EDGE se hodí pouze na „nouzové“ prohlížení Internetu, či odesílání textových zpráv skrze mobilní aplikace (Facebook messenger, WhatsUp, apod.).



Obrázek 15: Porovnání průměrných rychlostí nahrávání (upload)

Naměřená rychlost odezvy (ping) byla u technologií HSPA, HSPA+ a LTE zcela dostatečná u všech tří testovaných mobilních operátorů a pohybovala se v rozmezí 18 až 31 milisekund. Tato doba odezvy by nás měla ovlivňovat při využívání mobilního (prohlížení webu, video hovory, hraní online her, apod.) Internetu zcela minimálně.

Výjimku pak tvoří pouze technologie EDGE, kde se rychlost odezvy ve většině případů pohybovala nad hodnotou 200 milisekund, což je nedostatečné a může to negativně ovlivnit vlastnosti mobilního Internetu, zejména pak rychlost načítání webových stránek.



Obrázek 16: Porovnání průměrných rychlostí odezvy (ping)

Obecně lze říci, že mobilní datová technologie EDGE (a GPRS) je v dnešní době velice zastaralá a již nestačí na současné požadavky, které jsou na internetové připojení často kladeny. Oproti tomu technologie HSPA a HSPA+ poskytují mnohem lepší rychlosti, které jsou i v dnešní době stále plně dostatečné. Mobilní datová technologie LTE pak nabízí ještě lepší rychlosti, které jsou mnohdy srovnatelné například s pevným kabelovým připojením typu ADSL nebo VDSL. [\[1\]](#)

## 4 NASAZENÍ MOBILNÍHO INTERNETU V PODNIKU

Pro analýzu využití mobilního Internetu ve vybrané společnosti jsem zvolil společnost EBA, která provozuje civilní část Pardubického letiště. V této společnosti nachází mobilní Internet značné uplatnění při každodenní práci. Mobilní internetové připojení je využíváno všude tam, kde není k dispozici připojení k Internetu pomocí Wi-Fi. Mobilní internetové připojení je ve společnosti využíváno především na mobilních telefonech s operačním systémem Android.

Mobilní internetové připojení nachází uplatnění především při odbavování letů. Využívána je především mobilní aplikace „Flightradar24“, díky které lze snadno zjistit aktuální polohu letadla, typ letadla, registraci, časy pohybů (plán odletu a přílet, skutečný čas odletu a předpoklad příletu), apod. Vždy jsou tak k dispozici všechny potřebné informace, které značně přispívají k bezproblémovému odbavení letadla.



Obrázek 17: Ukázka aplikace Flightradar24

Dále zaměstnanci využívají mobilní internetové připojení k vyřizování elektronické pošty, mohou neprodleně reagovat na emaily, události v kalendáři, pozvánky, apod.

Silné stránky (výhody):

- dostupnost všude tam, kde není k dispozici Wi-Fi,
- snadné použití (při ztrátě Wi-Fi je automaticky v mobilním zařízení aktivováno mobilní datové připojení),
- dostupnost mobilní datové technologie LTE.

Slabé stránky (nevýhody):

- horší parametry (download, upload, ping) v porovnání s Wi-Fi připojením (parametry mobilního internetového připojení jsou však plně dostatečné),
- mobilní tarif musí obsahovat dostatečný objem dat.



## **5 APLIKACE PRO VYHODNOCENÍ NEJLEPŠÍHO OPERÁTORA VE ZVOLENÉ LOKALITĚ**

Cílem praktické části bakalářské práce bylo vytvořit webovou aplikaci, která umožní zobrazit výsledky měření mobilního Internetu pro jednotlivé mobilní datové technologie a pro konkrétního operátora. Uživatel se pak na základě těchto výsledků může rozhodnout, kterého mobilního operátora zvolí. Webová aplikace je vzhledem k použitým technologiím plně responsivní a je optimalizována jak pro zobrazování na mobilních zařízeních, tak také na počítačích.

### **5.1 Použité technologie**

#### **5.1.1 PHP**

PHP (Hypertext Preprocessor) je serverový skriptovací jazyk. PHP umožňuje vytvářet dynamické a interaktivní webové stránky. PHP je bezplatný a celosvětově široce používaný jazyk.

Základní princip PHP spočívá v tom, že skripty jsou prováděny na straně serveru a k uživateli (koncovému zařízení) je přenášén až výsledek, např. ve formě HTML kódu. Největší výhodou PHP je, že veškeré skripty probíhají na straně serveru. To znamená, že uživatel vyšle požadavek na server, server zpracuje data, která uživatel odeslal a uživateli přijde zpět HTML kód, který prohlížeč zobrazí. Výhodou tedy je, že uživatel nemůže zobrazit zdrojový kód programu, podle kterého se zpracovávají data.

Další velkou výhodou PHP je jednoduchá komunikace s databázemi. PHP podporuje mnoho knihoven pro různé účely - např. zpracování textu, grafiky, práci se soubory a přístup k většině databázových systémů (MySQL, Oracle, ODBC, MSSQL, apod.).

#### **5.1.2 MySQL**

MySQL je relační databázový systém, který vychází z programovacího jazyka SQL. MySQL je malý, rychlý a relativně jednoduchý databázový systém, který je distribuován pod GPL licencí. Díky těmto vlastnostem je MySQL velice oblíbenou a rozšířenou databází.

S MySQL databází lze pracovat v mnoha programovacích jazycích, např.: PHP, Java, C++, C#, Python, apod.

### 5.1.3 EasyPHP DevServer

EasyPHP DevServer je balík, který obsahuje PHP, MySQL, Apache a PHPMyAdmin. Tento balík umožňuje snadnou instalaci PHP na operační systém Windows.

Do EasyPHP DevServer lze také velice jednoduše doinstalovat moduly, které přidávají podporu dalších systémů, např.: WordPress, Joomla, apod. Mezi další výhody EasyPHP DevServer patří velice jednoduchá přenositelnost mezi počítači, kdy stačí pouze překopírovat složku, kde se nachází všechny potřebné soubory aplikace a naše projekty.

### 5.1.4 HTML

HTML (HyperText Markup Language) je značkovací jazyk, který slouží k popisu webových stránek. Části textu jsou v jazyce HTML uzavřeny do tzv. „tagů“, které jsou poté detekovány webovým prohlížečem a korektně zobrazeny.

Aktuálně je k dispozici verze HTML5, která již nabízí podporu pro moderní webové technologie. Jazyk HTML se často využívá v kombinaci s CSS a JavaScript.

### 5.1.5 HTML Validátor

Validátor HTML je bezplatná služba umožňující ověřit validitu webových stránek. Validování webových stránek je důležitý krok, který může pomoci při zlepšování kvality webových stránek. W3C validátor W3C Markup Validation Service (<http://validator.w3.org>) umožňuje zkontrolovat HTML a XHTML dokumenty. Pokud je náš dokument validní, můžeme si být jisti, že webová stránka se bude zobrazovat správně na všech aktuálních internetových prohlížečích.

### 5.1.6 CSS

CSS (Cascading Style Sheets, v českém překladu kaskádové styly) je jazyk, pomocí kterého můžeme definovat způsob zobrazení jednotlivých elementů (odstavec, nadpis, apod.) definovaných v jazyce HTML.

Hlavním principem CSS je izolovat HTML dokument od kaskádových stylů, kdy se v praxi pro definici kaskádových stylů používá samostatný soubor, který se připojí k HTML dokumentu. CSS 3 se pojí se standardem HTML5, které je plně využívá. CSS 3 přináší možnosti, jako

například tvorbu animací, průhlednost, vlastnosti pro drag'n'drop, 2D a 3D, transformace a uživatelsky definované vlastnosti.

Hlavní nevýhodou JavaScriptu, je možnost jeho vypnutí na straně uživatele. Po vypnutí JavaScriptu se mohou některé webové stránky přestat zobrazovat či fungovat korektně.

### **5.1.7 JavaScript**

JavaScript (JS) je objektově orientovaný jazyk, který se používá především při tvorbě webových stránek. Na rozdíl od jazyka PHP JavaScript běží na straně uživatele, přičemž obvykle se spouští až po kompletním načtení webové stránky.

Využití JavaScriptu je primárně při vytváření interaktivních dynamických webových stránek. Příkladem použití JavaScriptu mohou být například různá rozbalovací menu, kontrola vyplnění formulářů, různé akce po kliknutí myši apod.

### **5.1.8 Vývojové prostředí NetBeans IDE**

NetBeans IDE je vývojové prostředí psané v jazyce Java, které podporuje mnoho jazyků (např.: HTML, CSS, PHP, JavaScript, C++, Java, apod.). Umožňuje správu projektů (také v rámci sítě), manipulaci s více soubory najednou a zvýraznění syntaxe.

Samozřejmostí NetBeans je interaktivní podpora nápovědy (jak v online, tak i v off-line režimu), nápověda syntaxe a pokročilá nápověda k jednotlivým funkcím.

### **5.1.9 PhpMyAdmin**

PhpMyAdmin je správce MySQL databáze prostřednictvím přehledného webového rozhraní. Aplikace je napsaná v jazyce PHP a je šířena pod licencí GPL.

Aplikace umožňuje vytváření/mazání databází, vytváření/editaci/mazání jednotlivých tabulek. PhpMyAdmin dále umožňuje provádět SQL dotazy a jejich výsledky zobrazovat v přehledné formě. Aplikace také umožňuje generovat SQL dotazy přímo pro potřeby programovacího nástroje PHP.

### **5.1.10 Google Maps API**

Google Maps API slouží k integraci Google map na vlastní webové stránky (popřípadě do programu). Google Maps API je napsáno v jazyce JavaScript a umožňuje využívat velké množství již připravených funkcionalit. Mezi hlavní výhody patří velmi snadná integrace do vlastní (webové) aplikace.

Pomocí Google Maps API můžeme snadno zakreslovat do mapy vlastní objekty (body zájmu, „markery“) nebo vizualizovat plošná data.

### **5.1.11 Bootstrap**

Bootstrap je pokročilá sada nástrojů, jejímž hlavním cílem je zjednodušit a zefektivnit tvorbu webových aplikací. Obsahuje již předpřipravené HTML a CSS šablony, pomocí kterých lze velmi jednoduše vytvářet moderní responsivní webové stránky.


## **5.2 Databáze**

V internetové aplikaci pro zobrazování výsledků měření mobilního internetu jsem použil databázi MySQL. Tuto databázi jsem si vybral kvůli její rychlosti, snadné správě a snadné integraci do jazyka PHP.

Použita je tabulka „measurement“ do které jsou ukládány jednotlivé výsledky měření mobilního Internetu. Tabulka obsahuje celkem 10 atributů (sloupců), přičemž každý atribut musí být při vkládání do databáze vyplněn.

Tabulka 11: Atributy a jejich popis

Atribut	Popis
id	Jedinečný klíč každého měření.
date	Datum, kdy bylo provedeno měření.
download	Naměřená rychlost stahování.
upload	Naměřená rychlost nahrávání.
ping	Změřená rychlost odezvy.
lat	GPS souřadnice (lat), kde bylo provedeno měření.
lon	GPS souřadnice (lon), kde bylo provedeno měření.
operátor	Mobilní operátor, pod kterým bylo měření uskutečněno.
technology	Mobilní datová technologie, která byla měřena.
location	Lokace (obec, město), kde bylo měření provedeno.

#	Name	Type	Collation	Null	Default	Extra
1	<b>id</b> 	int(11)		No	None	AUTO_INCREMENT
2	<b>date</b>	datetime		No	None	
3	<b>download</b>	float		No	None	
4	<b>upload</b>	float		No	None	
5	<b>ping</b>	int(11)		No	None	
6	<b>lat</b>	float		No	None	
7	<b>lon</b>	float		No	None	
8	<b>operator</b>	varchar(20)	utf8_czech_ci	No	None	
9	<b>technology</b>	varchar(7)	utf8_czech_ci	No	None	
10	<b>location</b>	varchar(50)	utf8_czech_ci	No	None	

Obrázek 18: Struktura tabulky "measurement"

### **5.3 Úvodní stránka**

Na úvodní stránce se nachází mapa, která zobrazuje výsledky posledních tří měření mobilního Internetu. Je zde použita technologie Google Maps API, pomocí které jsou zobrazovány na mapě lokality (markery), ve kterých bylo měření prováděno. Po kliknutí na daný marker se zobrazí detaily daného měření (rychlost stahování, rychlost nahrávání, ping, technologie a mobilní operátor). Pod mapou je ještě zobrazena tabulka, která obsahuje všechny potřebné informace o posledních třech provedených měřeních.

### **5.4 Měření**

Webová stránka měření zobrazuje ve výchozím stavu všechny měření mobilního Internetu, které jsou v databázi uloženy. Tyto výsledky jsou zobrazeny v přehledné tabulce a jsou seřazeny od nejnovějšího měření po nejstarší.

V horní části stránky se nachází formulář, pomocí kterého lze výsledky měření filtrovat. Lze tak snadno zobrazit například pouze určitou technologii v určité lokalitě.

## ZÁVĚR

Teoretická část bakalářské práce se zabývala detailním popisem současně používaných mobilních datových technologií. Popsány byly všechny mobilní datové technologie od druhé po čtvrtou generaci (GPRS, EDGE, UMTS, HSPA, HSPA+, LTE a LTE-Advanced). V další části byla provedena analýza současné situace mobilních operátorů v České republice, kteří poskytují datové služby. Popsány byly rozdíly mezi klasickými a virtuálními mobilními operátory.

Podrobně zanalyzovány byly také mapy pokrytí současně používaných mobilních datových technologií, přičemž předmětem analýzy byly všichni tři mobilní operátoři, kteří v České republice působí. Velmi detailně byla pak provedena analýza pokrytí technologie LTE za pomoci napsané aplikace, která analyzovala dostupné mapy pokrytí jednotlivých mobilních operátorů.

V další části byly úspěšně změřeny parametry mobilního internetového připojení (rychlost stahování, rychlost nahrávání a odezva) v několika vybraných lokalitách. Vybráno bylo celkem sedm míst na území pardubického kraje. Testování byli všichni tři čeští mobilní operátoři a tři vybrané mobilní datové technologie, které byly v dané lokalitě dostupné. Pro každou vybranou technologii bylo pod každým mobilním operátorem v dané lokalitě provedeno celkem pět měření. Nejhorší a nejlepší výsledek byl vypuštěn, a ze zbylých měření byl vypočítán aritmetický průměr. Celkem bylo provedeno 315 měření.

Na závěr teoretické části bakalářské práce byly zhodnoceny výhody a nevýhody využití mobilního Internetu ve společnosti EBA. Hlavním přínosem mobilních datových služeb ve společnosti je dostupnost (k dispozici je mobilní datová technologie LTE), rychlost a univerzálnost použití.

V praktické části byla vytvořena webová aplikace v jazyce PHP s využití MySQL databáze, která zobrazuje jednotlivé výsledky měření. Výsledky měření je možné různě filtrovat (dle technologie, lokality, mobilního operátora apod.). Na základě těchto výsledků se může uživatel rozhodnout, kterého mobilního operátora v dané lokalitě zvolit.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] WEERAWARDANE, Thushara. Optimization and Performance Analysis of High Speed Mobile Access Network. Wiesbaden: Vieweg & Teubner, 2012. ISBN 9783834817099.
- [2] ZELENKA, Josef a Jiří KYSELA. *Informační a komunikační technologie v cestovním ruchu*. Vyd. 4., přeprac. a dopl. Hradec Králové: Gaudeamus, 2013. ISBN 978-80-7435-242-3.
- [3] Technologie mobilního internetu – od CSD po LTE Advanced (vědecké okénko). *Mobilizujeme.cz* [online]. 2012, 12. února 2012 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://mobilizujeme.cz/clanky/technologie-mobilniho-internetu-od-csd-po-lte-advanced-vedecke-okenko>
- [4] ČTÚ, Český telekomunikační úřad. Veřejné širokopásmové mobilní sítě LTE. *Pokrytí / Veřejné širokopásmové mobilní sítě LTE* [online]. Praha: ČTÚ, 2018 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://lte.ctu.cz/pokryti/>
- [5] Seznam poskytovatelů mobilních služeb. *Asociace provozovatelů mobilních sítí* [online]. Praha: APMS, 2018 [cit. 2018-04-06]. Dostupné z: [www.apms.cz/pro-spotrebitele/seznam-poskytovatelu-mobilnich-sluzeb](http://www.apms.cz/pro-spotrebitele/seznam-poskytovatelu-mobilnich-sluzeb)
- [6] What is the meaning of FUP?. *Quora: A place to share knowledge and better understand the world* [online]. 2017, 28 Oct 17 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-is-the-meaning-of-FUP>
- [7] Mapa pokrytí - T-Mobile.cz. *T-Mobile* [online]. 2018 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <https://www.t-mobile.cz/podpora/mapa-pokryti>
- [8] Mapa pokrytí - Vodafone.cz. *Vodafone* [online]. 2018 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <https://www.vodafone.cz/mapa-pokryti/>



- [9] O2 Mapa pokrytí. O2 [online]. 2018 [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: [https://www.o2.cz/osobni/199436-mapa\\_pokryti\\_a\\_prodejen](https://www.o2.cz/osobni/199436-mapa_pokryti_a_prodejen)
- [10] DEBATTISTA, Martin. New internet broadband quality parameters issued. *Times Malta* [online]. 2013, 21 Feb 2013 [cit. 2018-04-06]. Dostupné z: <https://www.timesofmalta.com/articles/view/20130221/technology/New-internet-broadband-quality-parameters-issued.458625>

## **PŘÍLOHY**

Příloha A – Ukázka webové aplikace .....	51
--	----

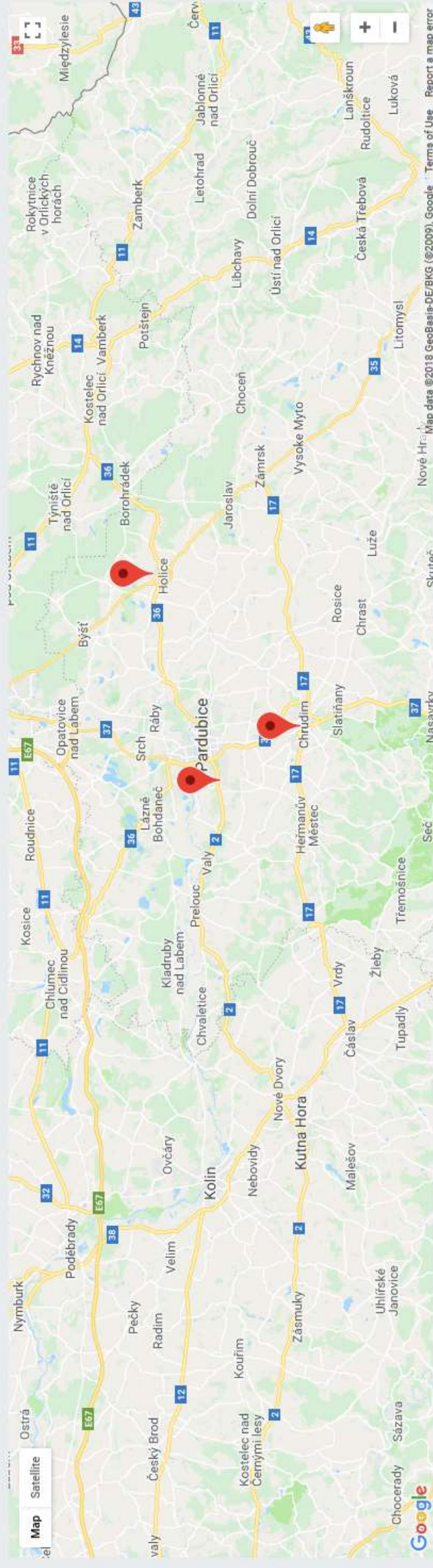
## **PŘÍLOHA A – UKÁZKA WEBOVÉ APLIKACE**

Ukázka úvodní stránky webové aplikace, která zobrazuje na mapě a v tabulce poslední tři provedená měření mobilního Internetu.

Ukázka webové stránky, na které jsou zobrazena detailně jednotlivá měření mobilního Internetu.



# Analýza mobilního internetu v ČR



## Poslední 3 měření

Datum	Download	Upload	Ping	Operátor	Technologie	Lokace
10. 04. 2018, 17:21	19.17 Mb/s	5.03 Mb/s	23 s	O2	LTE	Pardubice (okraj, LKPD)
09. 04. 2018, 19:54	5.01 Mb/s	3.54 Mb/s	23 s	O2	HSPA	Holice (centrum)
07. 04. 2018, 10:57	0.14 Mb/s	0.1 Mb/s	460 s	Vodafone	EDGE	Chrudim (centrum)

Pořadí	Datum	Download	Upload	Ping	Operátor	Technologie	Lokace
1	10. 04. 2018, 17:21	19.17 Mb/s	5.03 Mb/s	23 s	O2	LTE	Pardubice (okraj, LKPD)
2	09. 04. 2018, 19:54	5.01 Mb/s	3.54 Mb/s	23 s	O2	HSPA	Holice (centrum)
3	07. 04. 2018, 10:57	0.14 Mb/s	0.1 Mb/s	460 s	Vodafone	EDGE	Chrudim (centrum)
4	07. 04. 2018, 10:52	8.77 Mb/s	4 Mb/s	24 s	Vodafone	HSPA+	Chrudim (centrum)
5	07. 04. 2018, 10:48	15.63 Mb/s	4.22 Mb/s	23 s	Vodafone	LTE	Chrudim (centrum)
6	07. 04. 2018, 10:26	0.13 Mb/s	0.08 Mb/s	409 s	Vodafone	EDGE	Chrudim (okraj, LKCR)
7	07. 04. 2018, 10:24	6.93 Mb/s	5.74 Mb/s	25 s	Vodafone	HSPA+	Chrudim (okraj, LKCR)
8	07. 04. 2018, 10:23	12.57 Mb/s	3.11 Mb/s	22 s	Vodafone	LTE	Chrudim (okraj, LKCR)
9	31. 03. 2018, 14:07	0.09 Mb/s	0.05 Mb/s	278 s	Vodafone	EDGE	Pardubice (okraj, LKPD)
10	31. 03. 2018, 14:04	8.55 Mb/s	4.73 Mb/s	24 s	Vodafone	HSPA+	Pardubice (okraj, LKPD)