



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra telekomunikační techniky**

Slučování přístupových sítí mobilních operátorů

Merging access networks of mobile operators

Diplomová práce

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika

Studijní obor: Sítě elektronických komunikací

Vedoucí práce: Ing. Pavel Troller, CSc.

Marek Miegľ

Praha 2016

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci „Slučování přístupových sítí mobilních operátorů“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci. Nemám námitky proti půjčování, zveřejnění a dalšímu využití práce nebo její části se souhlasem katedry.

V Praze dne 17. prosince 2015

Marek Miegľ

Poděkování

Zde patří poděkování především Ing. Pavlu Trollerovi, CSc. za jeho vedení této diplomové práce a cennou pomoc při jejím zpracování. Dále patří poděkování Ing. Peteru Hudákovi a Ing. Tomáši Kakáčkovi z oddělení plánování transportních sítí společnosti Česká telekomunikační infrastruktura a.s. za jejich ochotu a pomoc, kdykoliv bylo potřeba. Dále potom zaměstnancům z oddělení RF plánování, výstavby, nemovitostí a měření za jejich rady a čas, který mi byli ochotni věnovat.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra telekomunikační techniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Miegl Marek**

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika
Obor: Sítě elektronických komunikací

Název tématu: **Slučování přístupových sítí mobilních operátorů**

Pokyny pro vypracování:

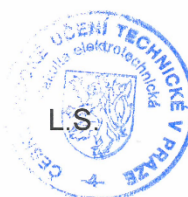
Popište v praxi používané způsoby slučování přístupových sítí různých mobilních operátorů (MORAN, MOCN...) a aplikujte je na prostředí českých národních sítí a operátorů. Zhodnoťte současný stav a výhled do budoucna. Vyprojektujte řešení sloučení přístupových sítí pro jednu vybranou lokalitu způsobem v praxi použitelným.

Seznam odborné literatury:

- [1] Mouly, M.; Pautet, M.-B.: The GSM System for Mobile Communications, Telecom Publishing, June 1992, 701 pages. ISBN: 978-0-94559-215-0.
- [2] Brand, A.; Aghvami, H.: Multiple Access Protocols for Mobile Communications, GPRS, UMTS and Beyond. John Wiley & Sons, Ltd. England, 2002. ISBN: 0-471-49877-73.
- [3] Zvonar, Z.; Jung, P.; Kammerlander, K.: GSM Evolution towards 3rd Generation System. Kluwer Academic Publishers. England, 1999. ISBN 0-792-38351-6.

Vedoucí: Ing. Pavel Troller, CSc.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016



prof. Ing. Boris Šimák, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 3. 12. 2015

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou sdílení přístupových sítí mobilních operátorů. Slučování sítí může znamenat značnou redukci nákladů při plánování, výstavbě i provozování základnových stanic.

V první části jsou popsány jednotlivé možnosti sdílení sítí včetně modelů MOBSS, MORAN a MOCN. Druhá část obsahuje podrobný popis postupu mobilních operátorů při plánování sdílení sítí v praxi a úskalí, která mohou vzniknout. V implementační části následuje návrh okresu Kutná Hora, kde byly vybrány základnové stanice vhodné pro sdílení a základnové stanice vhodné pro zrušení. Tento návrh byl porovnán se skutečným plánem českých mobilních operátorů zúčastněných v projektu sdílení sítí.

Klíčová slova: sdílení sítí, slučování sítí, MOBSS, MORAN, MOCN, národní roaming

Abstract

This diploma thesis deals with the merging of access networks of mobile operators. The merging of access networks may mean significant cost reductions through planning, construction and operation of base stations.

The first part is focused on the various possibilities of network sharing, including MOBSS, MORAN and MOCN models. The second part contains a detailed description of the process of mobile operators while planning the merging of networks in praxis as well as problems that may appear. After these parts, there is an implementation part, where the base stations suitable for sharing and the base stations suitable for cancellation in Kutná Hora district have been chosen. This result was compared with the real plan of Czech mobile operators participating in the project.

Key Terms: network sharing, network merging, MOBSS, MORAN, MOCN, national roaming

Obsah

1.	Úvod	9
2.	Způsoby sdílení sítí	10
2.1	Pasivní sdílení sítí	10
2.2	Aktivní sdílení sítí	11
2.3	Národní roaming.....	12
3.	Aktivní modely sdílení sítí	14
3.1	MORAN	14
3.2	MOCN	17
3.2.1	MOCN pro sítě čtvrté generace.....	18
3.2.2	MOCN pro sítě třetí generace	19
3.2.3	MOCN pro sítě druhé generace	20
3.2.4	Použití modelu MOCN	21
3.3	MOBSS	22
4.	Situace v České republice	23
4.1	Sdílení sítí v České republice	23
4.2	Používané kmitočty	26
4.2.1	Sítě druhé generace.....	26
4.2.2	Sítě třetí generace.....	27
4.2.3	Sítě čtvrté generace	28
4.3	Rozvojová kritéria	31
4.4	Výhled do budoucna.....	33
5.	Řešení pro vybranou lokalitu	34
5.1	Postup v praxi.....	34
5.2	Když je lokalita naplánována	35
5.3	Transportní síť	35
5.4	Okres Kutná Hora.....	36
5.4.1	Rozmístění stávajících základnových stanic	38
5.4.2	Výběr již nyní sdílených základnových stanic.....	40
5.4.3	Výběr ostatních základnových stanic	43

5.4.4	Výsledný návrh.....	47
6.	Závěr	48
7.	Literatura	49

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 – Pasivní sdílení sítí.....	11
Obrázek 2.2 – Aktivní sdílení sítí.....	12
Obrázek 2.3 – Národní roaming.....	13
Obrázek 3.1 – MORAN pro sítě třetí generace	15
Obrázek 3.2 – MORAN pro sítě čtvrté generace.....	15
Obrázek 3.3 – MOCN pro sítě čtvrté generace	19
Obrázek 3.4 – MOCN pro sítě třetí generace.....	20
Obrázek 3.5 – MOCN pro sítě druhé generace.....	21
Obrázek 3.6 – MOBSS.....	22
Obrázek 4.1 – Rozdělení České republiky	24
Obrázek 4.2 – Pokrytí dvou okresů před a po konsolidaci	26
Obrázek 5.1 – základnové stanice O2 pro GSM	38
Obrázek 5.2 – základnové stanice O2 pro UMTS	38
Obrázek 5.3 – základnové stanice T-Mobile pro GSM.....	39
Obrázek 5.4 – základnové stanice T-Mobile pro UMTS	39
Obrázek 5.5 – Výsledný návrh	47

1. Úvod

Slučování přístupových sítí mobilních operátorů je dnes velmi aktuální téma. Mobilní sítě čtvrté generace s sebou přináší nejen vyšší přenosové rychlosti a nižší odezvu, ale rovněž i vysoké investice spojené s jejich vybudováním a údržbou. Sdílení přístupových sítí slibuje nemalé úspory, a také vyšší efektivitu provozu.

V České republice se slučování netýká pouze sítí čtvrté generace, ale i druhé, a také v současné době dále příliš nerozšiřovaných sítí třetí generace. I jejich provoz ve formě sdílení mezi operátory může znamenat znatelnou redukci výdajů. Tato práce se však věnuje převážně technické části.

Investice do rozvoje mobilních sítí jsou více než nutné. Podle studie švédské společnosti Ericsson [1] dojde v roce 2020 oproti roku 2014 jen v Evropě k více než 70% nárůstu počtu uživatelů chytrých mobilních telefonů a průměrná měsíční spotřeba dat na uživatele vzroste o více než 280%. Z celkového objemu 1,2 GB v roce 2014 na 4,6 GB v roce 2020. To znamená, že celkový měsíční provoz v sítích dosáhne těžko představitelného čísla 3,1 EB, což je o 520% více.

V době psaní této diplomové práce jsem byl již více než dva roky zaměstnancem společnosti Česká telekomunikační infrastruktura a.s., dříve O2 Czech Republic a.s., na pozici Specialista plánování transportní sítě. S problematikou sdílení sítí se společností T-Mobile Czech Republic a.s. jsem se tedy dostával do styku poměrně často. Z této aktivity vznikl nápad na zpracované téma.

Práce se zaměřuje na podrobný popis jednotlivých možností sdílení přístupových sítí, přičemž speciální kapitola je věnována aktivním modelům MORAN/MOBSS a MOCN. Další část se věnuje situaci v České republice a postupu při plánování slučování sítí, včetně výhledu do budoucna. Poslední část představuje vlastní návrh řešení pro vybranou lokalitu.

2. Způsoby sdílení sítí

Podle stupně kontroly operátorů nad jejich sítěmi lze obecně vybírat ze tří základních úrovní sdílení - pasivní, aktivní a národní roaming. Zjednodušené přiblížení lze ukázat na příkladu sítí druhé a třetí generace. Obrázky jsou snadno pochopitelné. Šedě vybarvené části jsou vždy bloky, které participující operátoři sdílejí, zatímco oranžové a žluté části jsou plně ve správě operátora A, respektive operátora B.

2.1 Pasivní sdílení sítí

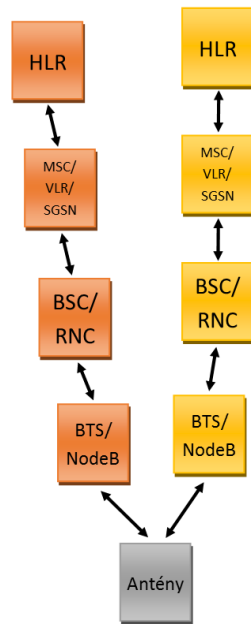
První metodu lze označit za nejjednodušší metodu sdílení sítí. Pasivní sdílení přístupových sítí se nejlépe hodí do oblastí s vysokým obchodním potenciálem. Na sídliště, do center měst, do finančních čtvrtí a dalších oblastí s velkým výskytem lidí.

Sdílení celé sítě je obvykle omezeno převážně na sdílení antény pro přístupovou síť, tedy antény ze základnové stanice. Sdílená může být také transportní síť mezi základnovou stanicí a base station controllerem (BSC), případně radio network controllerem (RNC). Není to však nutné, možné jsou obě varianty.

Sdílí se rovněž věž pro antény, případně jiná konstrukce, na které jsou antény nainstalovány, stejně jako místnost pro technologické vybavení, včetně nákladů na pronájem nebo výdajů např. za klimatizaci. V tomto ohledu je nicméně třeba brát v potaz, že přítomnost dvou operátorů na cizím pozemku může znamenat vyšší cenu za pronájem než přítomnost pouze jednoho mobilního operátora.

Technologie v tomto případě kontrolují jednotliví operátoři. Jedná se o metodu sdílení s nejvyšším stupněm kontroly, ale také nejmenší úsporou výdajů. Přestože je celková úspora nákladů nejnižší, výdaje při stavbě nových základnových stanic mohou klesnout až o 30%.

Největšími výhodami pasivního sdílení sítí tedy jsou stále vysoký stupeň kontroly vlastní sítě všech operátorů, redukce počtu míst pro základnové stanice, úspora za pronájem místností nebo pozemků a celková úspora při plánování a budování sítě, finanční i časová. [2] [3]



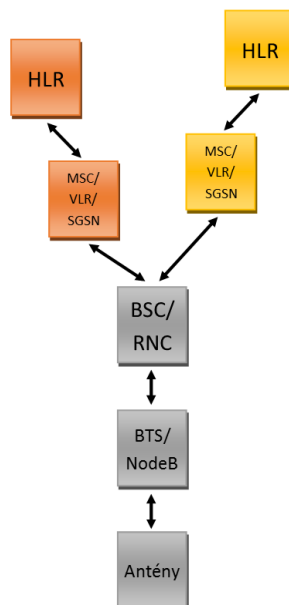
Obrázek 2.1 – Pasivní sdílení sítí

2.2 Aktivní sdílení sítí

Tato metoda se nejlépe uplatní v místech se středně vysokým obchodním potenciálem. Tedy především na předměstích nebo v menších městech.

Aktivní sdílení sítí představuje sdílení kompletní základnové stanice včetně stožáru nebo věže (stejně jako v případě pasivního sdílení), transportní sítě mezi BTS/NodeB a BSC/RNC (opět volitelně) i samotného BSC/RNC. Každý operátor však stále ještě vlastní své mobile switching centre (MSC) a samozřejmě i home location register (HLR). [2]

Mezi aktivní metody sdílení sítí patří MORAN (3.1), MOCN (3.2) a MOBSS (3.3), které jsou popsány v následujících kapitolách.



Obrázek 2.2 – Aktivní sdílení sítí

2.3 Národní roaming

Metoda národního roamingu je vhodná do míst s nízkým obchodním potenciálem, především do řídky obydlených oblastí. Pokrývání těchto oblastí bylo pro operátory ztrátové, místní regulátor však často požaduje tato území pokrýt. Jedná se tedy o levný způsob, jak tento požadavek splnit. V České republice byla podmínka o pokrývání venkovských oblastí ukotvena v aukci o kmitočty 800, 1800 a 2600 MHz v rozvojových kritériích, která jsou podrobněji popsána v kapitole 4.3.

Rovněž jde o levnou možnost pro nového operátora, který ještě nemá vlastní síť, ale chtěl by začít co nejrychleji a nejlevněji poskytovat své služby. Pro stávajícího operátora jde o možnost poskytnout své pokrytí dalším subjektům na trhu a finančně se tak s nimi podílet na provozu. Tyto subjekty se následně nepotřebují vybavovat všemi nutnými technologiemi. Někdy je národní roaming dokonce obsažen jako povinnost v podmínkách místního telekomunikačního regulátora.

Při slučování sítí formou národního roamingu se sdílí vše jako při aktivním sdílení, navíc zde však ještě přibude sdílené MSC. Všichni operátoři zde vlastní pouze své vlastní domovské lokalizační registry, tedy HLR. Důležité však je, že v národním roamingu se sdílí i spektrum. Základní myšlenkou je stejný princip jako u mezinárodního roamingu. Po podepsání příslušné dohody je pouze

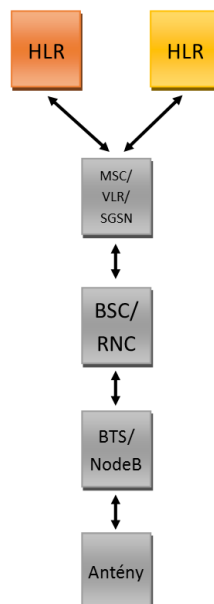
potřeba přidat PLMN identitu (public land mobile network) hostovaného operátora mezi povolené PLMN identity v síti domovského operátora.

Pro obdržení správného PLMN a následnému připojení ke správnému HLR lze použít IMSI identitu, tedy kombinaci kódu mobilní sítě (mobile network code), kódu země (mobile country code) a identifikačního čísla uživatele. Po obdržení uživatelské IMSI identity zvolí BSC/RNC následné směrování.

V případě mezinárodního roamingu se může zahraniční uživatel přihlásit k nasmlouvanému operátorovi kdekoli v celé zemi (v jeho oblasti pokrytí). V případě národního roamingu se však nemusí jednat o celé území, kde operátor působí. Území si lze rozdělit, kdy každý z participujících operátorů dostane na starost např. některé kraje nebo provincie, nebo se obě strany mohou dohodnout jednostranně na sdílení pouze do jisté míry izolované části území, např. ostrovy nebo národní parky, přičemž zbytek sítě je nezávisle vystavěn a spravován oběma operátory.

Pokud zákazník hostovaného operátora opustí sdílené území v rámci národního roamingu, jeho koncové zařízení je nuceno operovat s jiným PLMN, obvykle PLMN jeho vlastní sítě.

Tento způsob sdílení přináší nejvyšší úsporu výdajů, avšak nejnižší stupeň kontroly operátorů nad jejich sítěmi. [2] [4]



Obrázek 2.3 – Národní roaming

3. Aktivní modely sdílení sítí

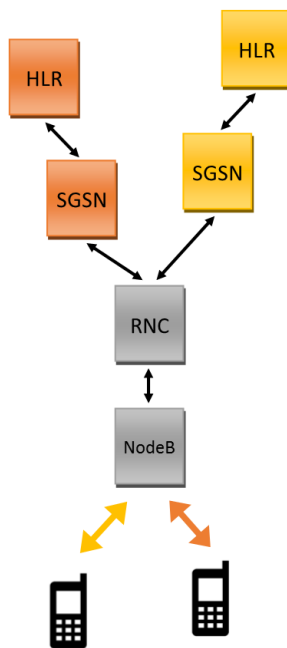
Nejpoužívanější modely plnohodnotného sdílení sítí v praxi jsou MORAN/MOBSS a MOCN. Všechny tři modely lze zařadit mezi aktivní a v obou případech může každý operátor nabízet své vlastní služby. Přestože každý model funguje na jiném principu, na displeji koncových zařízení se vždy objeví správný název operátora a kompatibilita koncových zařízení je zajištěna. Zákazník tedy žádný rozdíl nepozná.

Pro plnohodnotné sdílení sítí se jedná o velmi používané modely, zaslouží si tedy vlastní kapitolu. Šedě vyznačené části jsou opět sdílené, zatímco oranžové a žluté části spravují jednotliví participující operátoři. Barevné, respektive černé šipky u mobilních telefonů znamenají dedikované, respektive sdílené spektrum mezi těmito operátory.

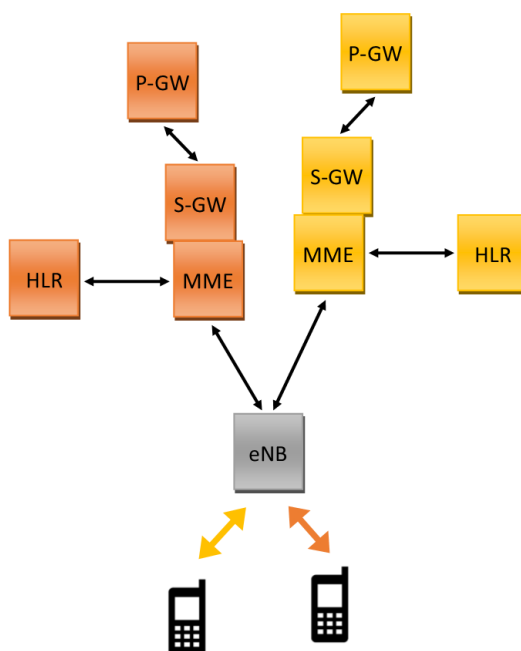
3.1 MORAN

MORAN, neboli multi-operator radio access network, odpovídá popisu aktivního sdílení sítí. MORAN počítá až se čtyřmi operátory, přičemž každý z operátorů vlastní a udržuje určité dohodnuté území. Operátor však může mít ve stejném okamžiku část sítě vlastní a část sítě sdílenou, MORAN v tomto úmyslu nikterak nebrání.

V modelu MORAN se sdílí část sítě od antén základnových stanic až po RNC v případě sítí třetí generace nebo eNodeB v případě sítí čtvrté generace. Páteřní síť se nesdílí, tu má každý operátor vlastní. Operátoři v modelu MORAN sdílejí svá fyzická zařízení, ale pokračují ve využívání svých vydražených kmitočtů.



Obrázek 3.1 – MORAN pro síť třetí generace



Obrázek 3.2 – MORAN pro síť čtvrté generace

Protože každý operátor používá své vlastní spektrum, má vlastní část sítě s vlastním PLMN kódem a Cell ID, které jsou vždy vysílané broadcastem. Zákazník tedy vždy vidí logo svého používaného operátora. Není ani potřeba žádných speciálních koncových zařízení, kompatibilita je úplná. Rovněž všechny služby operátora pro koncové zákazníky jsou k dispozici.

Zmíněné Cell ID však v případě sdílení sítě k jednoznačné identifikaci nestačí. Cell ID totiž musí být jedinečné pouze v rámci jedné oblasti sítě, označované jako LAC – location area code. Pro jednoznačnou identifikaci je potřeba použít vyjádření v CGI – cell global identity. To musí být jedinečné mezi všemi operátory.

MORAN vyžaduje koordinaci všech účastníků. To se projeví zejména v odděleních jako je plánování nebo údržba sítě či při činnostech jako např. software update. Je rovněž nutné provést výběr základnových stanic, které na sloučeném území zůstanou v provozu nebo se také domluvit na vyřešení dalších parametrů sítě, jako je například handover.

Výhody modelu MORAN jsou:

- snížení nákladů při plánování i výstavbě
- nízké provozní náklady
- rychlejší budování sítě
- nezávislá páteřní síť
- vlastní služby a PLMN kód
- dedikovaná šířka pásma
- kompatibilita koncových zařízení

Mezi nevýhody naopak patří:

- stále vysoké náklady při dražbě frekvencí
- nutná koordinace mezi operátory

Model MORAN je tedy převážně vhodný pro řídké nebo středně obydlené oblasti, to znamená oblasti s nízkým nebo středním obchodním potenciálem, kde se naplno projeví značná úspora nákladů, stejně jako rychlejší budování celé sítě a jednodušší naplnění rozvojových kritérií. V případě pozdějších nárůstů vytížení sítě, neshod mezi operátory či jiných důvodů není nemožné sdílení sítě v rámci MORAN opustit a vrátit se zpět k provozu vlastní sítě.

Tento model by byl rovněž ze stejných důvodů velmi vhodný pro nového operátora, pro něhož by vstupní investice i čas hrály ještě důležitější roli než pro stávajícího operátora. V případě použití MORAN je však nezbytné, aby každý operátor disponoval vlastním spektrem. [2] [3] [4]

3.2 MOCN

U poslední jmenované vlastnosti dochází k hlavnímu rozdílu modelu MOCN, tedy multi-operator core network, oproti modelu MORAN. V obou případech dochází ke sdílení části sítě, v případě modelu MOCN však navíc dochází ke sdílení přiděleného spektra. Sdílení spektra samozřejmě musí povolit místní regulátor, v případě České republiky by se tedy jednalo o Český telekomunikační úřad.

Pokud však přesto oba operátoři disponují vlastním spektrem, je možné spektra sloučit a zajistit tak vyšší propustnost dat. Kapacitu sítě lze v tomto případě účelněji využít. Aby však bylo možné sloučení spektra realizovat, použité frekvenční příděly spolu musí sousedit. Je tedy zřejmé, že určitou nevýhodu mají operátoři s příděly kmitočtů na okraji vymezeného spektra.

Sdílení spektra má ovšem i svoji zjevnou nevýhodu. Vyšší provozní zatížení sítě zákazníky jednoho operátora se za normálních okolností negativně projeví ve vyšším provozním zatížení sítě všech operátorů participujících na tomto sdílení. O dostupnou kapacitu se dělí zákazníci všech těchto operátorů. Jako obranu je potřeba aplikovat mechanismus pro spravedlivé rozdělení přenosové kapacity.

Podobně je potřeba správně směřovat uživatelská i služební data na správnou páteřní síť, respektive na páteřní síť správného operátora. K tomu i ke zmíněnému mechanismu pro spravedlivé sdílení přenosové kapacity je vždy třeba správně určit, kterému operátorovi právě přenášený datový provoz patří. MOCN je možné zrealizovat díky zahrnutí vícenásobného PLMN ID (multiple PLMN IDs) v broadcastu.

Výhody modelu MOCN jsou:

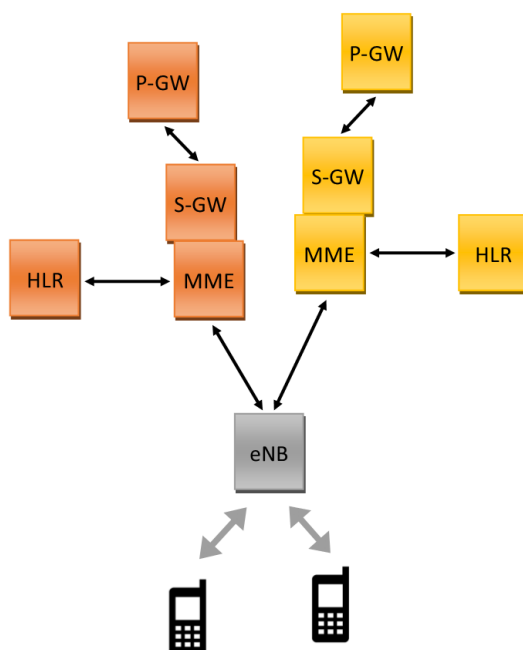
- výrazné snížení nákladů při plánování i výstavbě
- nízké provozní náklady
- rychlejší budování sítě
- nezávislá páteřní síť
- spektra obou operátorů lze spojit

Mezi nevýhody lze zařadit:

- vyšší zátěž sítě u jednoho operátora může znamenat vyšší zátěž sítě u všech operátorů
- sdílené spektrum musí povolit místní regulátor
- složitá aplikace QoS
- nutný vyšší vysílací výkon
- hardwarové nároky

3.2.1 MOCN pro sítě čtvrté generace

Sítě čtvrté generace mají od začátku tzv. PLMN identity list, který může obsahovat až šest záznamů a nachází se v SIB 1, které je vysílané jako broadcast každých 80 ms. Všechna uživatelská zařízení jsou schopna tento seznam přečíst. Okamžitě tedy dostanou informaci, že v síti dochází ke sdílení pomocí MOCN.



Obrázek 3.3 – MOCN pro síť čtvrté generace

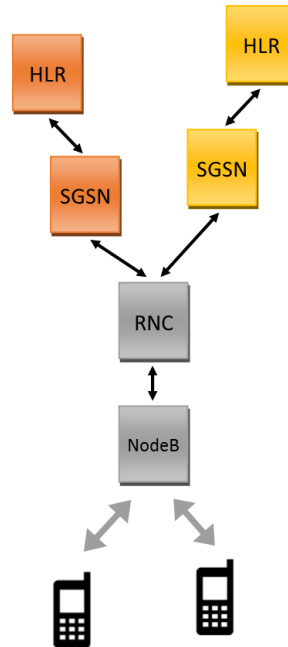
3.2.2 MOCN pro síť třetí generace

V sítích třetí generace je situace odlišná, jelikož tato funkcionální nebyla přítomná od samého počátku, ale až od Release 6. Vícenásobné PLMN ID (multiple PLMN ID list) je přidáno jako volitelná položka do MIB. Tato volitelná položka může obsahovat až pět záznamů, tedy spolu s primární PLMN identitou šest, stejně jako u sítí LTE.

Do SIB 3, 11 a 18 byly přidány další modifikace jako omezení specifického přístupu a vícenásobných PLMN sousedních buněk. S těmito vlastnostmi a se správným určením PLMN se v každém případě dokáží vypořádat koncová zařízení kompatibilní s Release 6 a novější. Tato zařízení se následně dokáží připojit na domovskou páteří síť jejich poskytovatele služeb. Starší zařízení dokáží přečíst pouze primární PLMN. Vícenásobné PLMN ID není pro tato zařízení viditelné, ta dokáží přečíst pouze primární PLMN identitu, která může být přidána do seznamu ekvivalentních PLMN.

Tento seznam je vždy zaslán koncovému zařízení po připojení k SGSN (GPRS support node) a provedení některých dalších běžných registračních procesů, jako např. location area update, routing area update nebo tracking area update. Podoba seznamu však může záviset například na lokalitě, ve které chce uživatel registrovat své koncové zařízení nebo na IMSI uživatele, které je úzce

svázané s PLMN. IMSI, neboli international mobile subscriber identity, je jednoznačná identita uživatele uložená na SIM kartě. Prvních pět číslic z IMSI je shodné s PLMN domovské sítě.

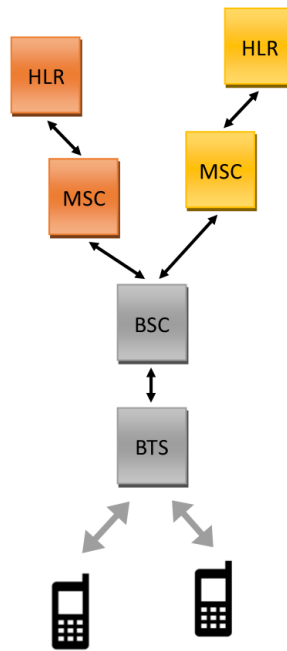


Obrázek 3.4 – MOCN pro síť třetí generace

3.2.3 MOCN pro síť druhé generace

U mobilních sítí GERAN, tedy u sítí druhé generace, platí u 3GPP Release 11 stejné principy jako u sítí třetí generace. Release 10 obsahuje částečnou podporu MOCN, avšak bez implementace vícenásobného PLMN ID. Je tedy třeba používat pouze jednoduché PLMN ID.

Správné přiřazení páteční sítě správného operátora provede BSC, které používá podobný směrovací mechanismus jako u sítí třetí generace. BSC zkouší postupně všechny páteční sítě. Aby tento proces fungoval, je zapotřebí podpora pro A-flex a Gb-flex.



Obrázek 3.5 – MOCN pro síť druhé generace

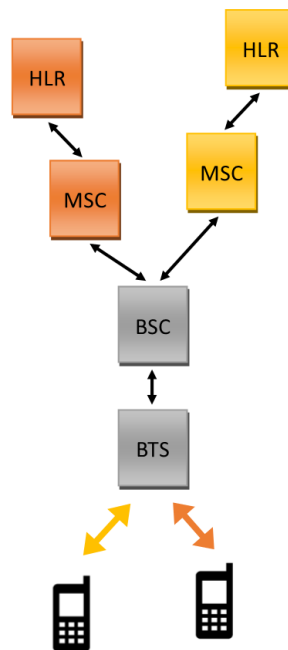
3.2.4 Použití modelu MOCN

MOCN lze plně použít pro sdílení sítí druhé generace od 3GPP Release 11 (částečně již v Release 10), sítí třetí generace od Release 6 a sítí čtvrté generace od samého počátku, tedy od Release 8. Pokud operátoři nesplňují minimální požadavky, je nutné použít jiný způsob sdílení. Přestože by název multi-operator core network mohl naznačovat jinak, páteřní síť se ani v tomto modelu nesdílí, dochází ke sdílení pouze přístupové sítě.

Z výše vyjmenovaných vlastností, výhod i nevýhod lze vyvodit, že model sdílení sítí MOCN je vhodný zejména do oblastí s nízkým a středním obchodním potenciálem. Stejně jako např. MORAN může i MOCN pomoci při naplňování místních rozvojových kritérií, pokud ovšem se sdílením spektra souhlasí místní regulátor. Dalo by se také říci, že se jedná o jeden z posledních předstupňů před virtuálním operátorem, případný začínající operátor může ušetřit nemalé prostředky nejen za vybavení, ale i za kmitočty. [2] [3] [4]

3.3 MOBSS

Existuje ještě také model sdílení sítí, patřící do stejné skupiny jako MORAN/MOCN a označený jako MOBSS, multi-operator base station subsystem. Tento model s dedikovanými kmitočty pro každého operátora je obdobou modelu MORAN (kapitola 3.1), je však určený pro sítě druhé generace. Pro MOBSS platí všechny principy, výhody i nevýhody, které platily pro model MORAN.



Obrázek 3.6 – MOBSS

4. Situace v České republice

Základní teoretické rozdělení možností sdílení sítí jsou podrobně popsány v předchozích kapitolách. Nyní je na čase vysvětlit, jak funguje toto sdílení v praxi.

4.1 Sdílení sítí v České republice

V České republice se na sdílení sítí druhé, třetí i čtvrté generace dohodly společnosti Česká telekomunikační infrastruktura a.s. (dále jen CETIN) a T-Mobile Czech Republic a.s. (dále jen T-Mobile). Jelikož jsem byl v době psaní této diplomové práce zaměstnancem společnosti O2 Czech Republic a.s. (dále jen O2) a později po rozdělení této společnosti jsem se stal zaměstnancem společnosti CETIN, přišel jsem s touto problematikou mnohokrát přímo do styku. Některé konkrétní úkoly z oblasti transportní sítě jsem měl přímo na starosti a setkával jsem se s nimi tedy relativně často.

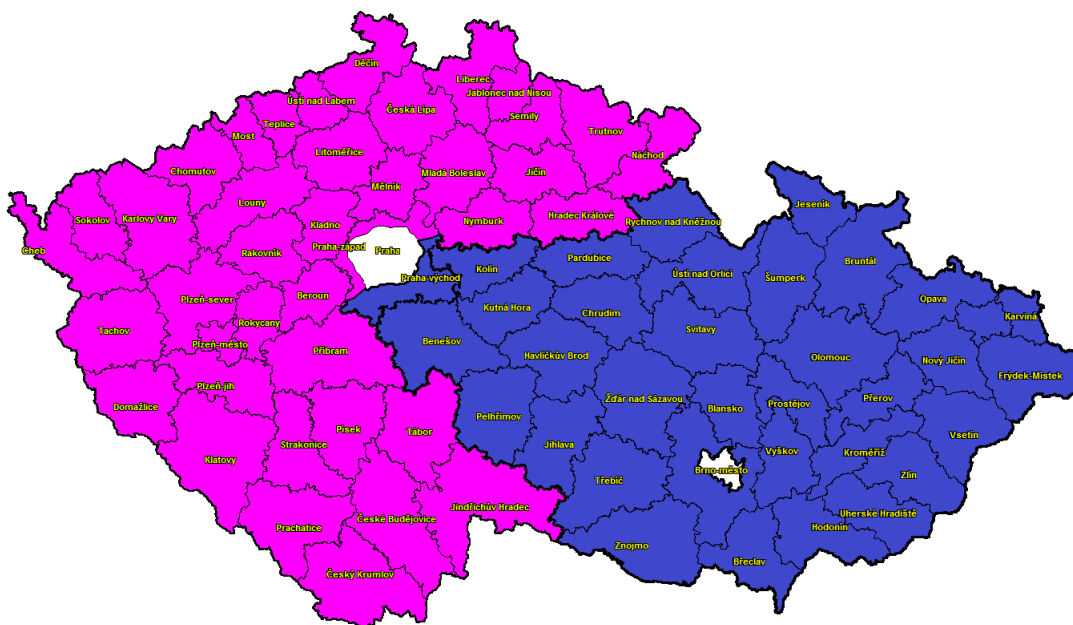
Aby bylo vše uvedeno správně, je třeba uvést, že provozovateli standardních mobilních sítí v České republice, o kterých je tato diplomová práce, jsou společnosti T-Mobile, Vodafone a CETIN. Operátor O2 mobilní infrastrukturu CETINu v rámci velkoobchodní nabídky využívá, licence pro provoz mobilních sítí však zůstala O2. V této práci tedy budu mluvit o sdílení mobilních přístupových sítí mezi operátory O2 a T-Mobile.

Jak již je napsáno v úvodu, slučování neboli sdílení přístupových sítí může přinést značnou redukci nákladů a vyšší efektivitu provozu. V České republice ale může také pomoci snadněji a rychleji naplnit rozvojová kritéria daná Českým telekomunikačním úřadem, se kterými všichni účastníci listopadové aukce roku 2013 souhlasili. Rozvojová kritéria nutí operátory neblokovat vydražené frekvence, ale naopak účelně s nimi naložit. Je v nich obsažena například povinnost pokrývat nejen velká města, ale i z finančního hlediska méně významné okresy. Blíže se budu těmto rozvojovým kritériím věnovat později v kapitole 4.3.

Pro sdílení sítí druhé, třetí a čtvrté generace používají operátoři O2 a T-Mobile aktivní model sdílení sítí typu MORAN, respektive MOBSS pro sítě druhé generace. Z principu každý operátor vlastní svoji páteřní síť, sdílí se tedy pouze přístupová síť.

Oba operátoři pokrývají vlastním signálem sítě druhé, třetí i čtvrté generace Prahu a Brno, o zbytek území České republiky se oba operátoři dělí spravedlivě rovným dílem. Zjednodušeně lze uvést, že T-Mobile má za úkol pokrývání a spravování oblasti Čech, zatímco O2 se zavázalo pokrýt a spravovat oblasti Moravy a Slezska. Ve skutečnosti se však některé okresy, které spravuje O2, nacházejí na území Čech.

Přesný přehled o tom, které okresy má na starosti který mobilní operátor, poskytne následující obrázek.



Obrázek 4.1 – Rozdělení České republiky

Jedná se o spravedlivé rozdělení, kdy O2 (modrá část mapy) má na starosti zhruba stejný počet okresů jako T-Mobile (fialová část mapy). Nesdílená část území České republiky není vybarvená.

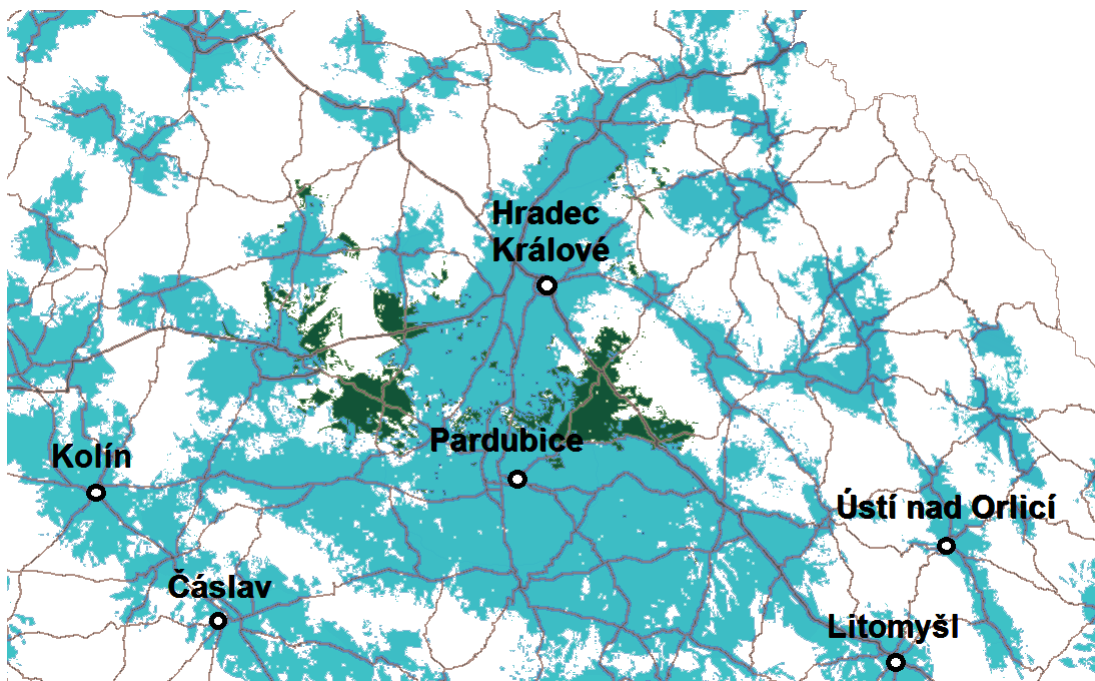
Před konsolidací jednotlivých okresů operátoři vždy sdílejí pouze sítě třetí a čtvrté generace, sítě třetí generace navíc pouze mimo okresní a krajská města či města, ve kterých žije více než 15 tisíc obyvatel. Po konsolidaci okresu vždy dojde k plnému sloučení sítí všech tří generací na celém území okresu (netýká se Prahy a Brna).

Každý operátor vlastní své spektrum. Sdílené jsou naopak technologická vybavení na základnových stanicích, nájem majitelům objektů, případné stožáry či jiné konstrukce a většinou také antény, kdy jedna anténa poslouží oběma operátorům. Na místech, které to umožňují, je snaha instalovat jednopásmové antény. Pro sítě všech generací se potom používá samostatná anténa, což poskytuje operátorům mnohem větší míru flexibility. Na ostatních místech je však nutné použít anténu vícepásmovou, která je méně prostorově náročná, avšak neposkytuje takovou flexibilitu.

Zmíněné vybavení na základnových stanicích nemusí být pouze telekomunikační technologie, patří sem například i záložní baterie pro případ výpadku elektrické energie nebo v těchto objektech také neodmyslitelná klimatizace.

Základnové stanice potom prošly velkou redukcí, kdy u obou operátorů bylo vypnuto 35-40% základnových stanic. Není to tedy celá polovina, každému operátorovi v každé oblasti zbylo 60-65% základnových stanic oproti stavu před započítáním sdílení. Po sloučení přístupových sítí tedy pro operátory zůstalo ve všech oblastech 120-130% základnových stanic oproti stavu, kdy každý provozoval svoji vlastní síť. Pokrytí mobilním signálem by se tedy teoreticky mělo po této akci mírně zlepšit, případně zůstat na podobné úrovni. Nemělo by se však zhoršit.

Prvními konsolidovanými okresy v České republice se staly okresy Hradec Králové a Pardubice. Změna pokrytí mobilním signálem v jedné lokalitě je dobře vidět v následujícím obrázku.



Obrázek 4.2 – Pokrytí dvou okresů před a po konsolidaci

Původně se jednalo o dvě mapy venkovního pokrytí v pásmu UMTS, jedna před začátkem a druhá po začátku sdílení ze dne 2. září 2014, respektive 3. listopadu 2014. Tyto mapy byly mezi sebou porovnány a vhodně upraveny v programech Matlab a Zoner Photo Studio 16. Tyrkysová barva zde představuje původní pokrytí operátora O2, tmavě zelená barva zase značí přírůstek pokrytí po sloučení. Je tedy zřejmé, že se pokrytí mobilním signálem sítě třetí generace po sloučení sítí v těchto dvou okresech rozhodně zlepšilo. Nemusí to však platit plošně pro všechny okresy.

4.2 Používané kmitočty

4.2.1 Sítě druhé generace

Operátoři sítě druhé generace, neboli GSM, provozují v pásmech 900 a 1800 MHz. Pásmu 1800 MHz, které se používá také pro sítě čtvrté generace, se budu věnovat později v kapitole 4.2.3. V pásmu 900 MHz získali operátoři T-Mobile a O2 stejný počet kanálů, nejmladší český operátor, tedy Vodafone, o 12 kanálů méně. O kolik méně kmitočtů však Vodafone získal v pásmu 900 MHz, o tolik více drží ve vyšším pásmu 1800 MHz.

V pásmu 900 MHz však operátoři na rozdíl od ostatních pásem nezískali po sobě jdoucí kanály. Odstup kanálů je 0,2 MHz a duplexní odstup činí 45 MHz. Používají se pásma E-GSM a P-GSM, která na sebe plynule navazují. E-GSM se provozuje na kmitočtech 880-890 MHz pro uplink a 925-935 MHz pro downlink, zatímco P-GSM funguje na kmitočtech 890-915 MHz pro uplink a 935-960 MHz pro downlink.

Existuje ještě pásmo GSM-R na kmitočtech 876-880 MHz pro uplink a 921-925 MHz pro downlink, které využívá telekomunikační společnost ČD - Telematika a.s. [5]

Operátor	Počet kanálů v pásmu E-GSM	Počet kanálů v pásmu P-GSM
O2	16	46
T-Mobile	15	47
Vodafone	19	31

Tabulka 1 – Přidělené kanály v pásmu 900 MHz pro síť GSM [5]

4.2.2 Síť třetí generace

Pro síť třetí generace, neboli UMTS, se používá přidělené párové spektrum 2 krát 20 MHz na kmitočtu 2100 MHz. Vyšší frekvence ve své podstatě znamená znatelně horší šíření, tedy vyšší útlum ve volném prostředí. Z tohoto důvodu je nutně potřeba hustší síť základnových stanic a tedy i podstatně vyšší náklady na vybudování i provoz sítě než u GSM na frekvenci 900 MHz či LTE na frekvenci 800 MHz. Je to jeden z důvodů, proč se v České republice sítě třetí generace příliš nerozšířily.

V každém případě v praxi využívají operátoři z přiděleného frekvenčního rozsahu pro síť třetí generace méně. Často jen jednu či dvě nosné (2 krát 5 MHz, respektive 2 krát 10 MHz). Operátoři se část vydraženého spektra rozhodli využít pro kapacitní dokrývání některých měst pro svou síť čtvrté generace na těchto kmitočtech. V některých oblastech však operátoři pro síť třetí generace využívají všechny 4 nosné (2 krát 20 MHz).

Pokrytí sítěmi třetí generace se i přes přání mnoha zákazníků nikdy příliš nerozšířilo. T-Mobile se už navíc vyjádřil, že s těmito sítěmi do budoucna příliš nepočítá. Jejich úplné vypnutí očekává v horizontu zhruba pěti let.

Operátor	Pásmo [MHz]	Šířka kanálu [MHz]
O2	2110-2130	20
Vodafone	2130-2150	20
T-Mobile	2150-2170	20

Tabulka 2 – Přidělená pásma pro síť třetí generace (downlink) [5]

Operátor	Pásmo [MHz]	Šířka kanálu [MHz]
O2	1920-1940	20
Vodafone	1940-1960	20
T-Mobile	1960-1980	20

Tabulka 3 – Přidělená pásma pro síť třetí generace (uplink) [5]

4.2.3 Síť čtvrté generace

Pro budování sítí LTE se v České republice používají především párové kmitočty o šířce kanálu 2 krát 10 MHz na frekvenci 800 MHz (LTE band 20), kdy každý operátor získal v aukci od Českého telekomunikačního úřadu z listopadu 2013 dva párové bloky po pěti MHz. Pásmo ve spektru kolem 800 MHz je nejnižší u nás používané a dá se proto dosáhnout největšího pokrytí pomocí relativně malého množství základnových stanic.

Operátor	Pásmo [MHz]	Šířka kanálu [MHz]
T-Mobile	791-801	10
O2	801-811	10
Vodafone	811-821	10

Tabulka 4 – Přidělená pásma pro LTE band 20 (downlink) [5]

Operátor	Pásmo [MHz]	Šířka kanálu [MHz]
T-Mobile	832-842	10
O2	842-852	10
Vodafone	852-862	10

Tabulka 5 – Přidělená pásma pro LTE band 20 (uplink) [5]

Některá města jsou navíc z kapacitních důvodů kromě pásma 800 MHz pokrývána rovněž signálem na kmitočtu 1800 MHz (LTE band 3). Jedná se o města, kde dochází k nadměrnému zatěžování sítě. Vzhledem k šířce kanálu, kterou operátoři pro tyto sítě využívají, až 2 krát 15 MHz lze dosáhnout vyšších přenosových rychlostí. Útlum ve volném prostoru na této frekvenci je už ovšem výrazně vyšší než u pásma 800 MHz, pokrývání větších oblastí s nižším ekonomickým potenciálem by tedy bylo nerentabilní.

Pásmo 1800 MHz se využívá již dlouhou dobu pro provoz GSM sítí, tedy sítí druhé generace. Operátoři však dosud nevyužívali plně všechny přidělené kmitočty. V rámci aukce kmitočtů z listopadu 2013 navíc operátoři vydražili další kanály v tomto pásmu. Nic jim tedy nebrání využít část těchto držených kmitočtů spolu s nově nabytými pro provoz sítí LTE.

Operátor	Pásmo [MHz]	Šířka kanálu [MHz]
O2	1805,3-1822,3	17
T-Mobile	1822,3-1842,3	20
Vodafone	1857,9-1879,9	22

Tabulka 6 – Přidělená pásma pro LTE band 3 (downlink) [6]

Operátor	Pásmo [MHz]	Šířka kanálu [MHz]
O2	1710,3-1727,3	17
T-Mobile	1727,3-1747,3	20
Vodafone	1762,9-1784,9	22

Tabulka 7 – Přídělená pásma pro LTE band 3 (uplink) [6]

Později se dostanou ke slovu také nejvyšší nově vydražené frekvence 2600 MHz (LTE band 7). V době psaní této diplomové práce však nebyla v provozu žádná základnová stanice na této frekvenci. Lze ale předpokládat, že frekvence 2600 MHz bude použita pro kapacitní dokrývání některých oblastí s hustým vytížením sítě a s vysokým obchodním potenciálem. Vzhledem k šířce kanálu 2 krát 20 MHz bude možné dosáhnout vyšších přenosových rychlostí, ovšem pro pokrytí určitého území bude samozřejmě nutná hustší síť základnových stanic.

Operátor	Pásmo [MHz]	Šířka kanálu [MHz]
O2	2620-2640	20
T-Mobile	2640-2660	20
Vodafone	2660-2680	20

Tabulka 8 – Přídělená pásma pro LTE band 7 (downlink) [6]

Operátor	Pásmo [MHz]	Šířka kanálu [MHz]
O2	2500-2520	20
T-Mobile	2520-2540	20
Vodafone	2540-2560	20

Tabulka 9 – Přídělená pásma pro LTE band 7 (uplink) [6]

Společnost Vodafone Czech Republic a.s. (dále jen Vodafone) se rozhodla vybudovat část své sítě na frekvenci 900 MHz. Tato frekvence přinesla Vodafonu konkurenční výhodu v podobě možnosti rychlejšího spuštění sítě čtvrté generace na již vlastněných kmitočtech (ještě před faktickým přidělením vydražených kmitočtů 800,1800 a 2600 MHz). Avšak z důvodu použití pouze 15 kanálů o celkové šířce pásma pouhých 2 krát 3 MHz je dosažitelná přenosová rychlost podstatně nižší než v případě nově vydražených kmitočtů s až téměř sedmkrát vyšší šířkou pásma. [5]

Vysoká přenosová rychlost je jedním z největších lákadel sítí nové generace, nicméně v tomto parametru je v případě 900 MHz srovnatelná se sítěmi předchozí generace. Další nevýhodou tohoto rozhodnutí potom byla neúplná kompatibilita koncových zařízení, protože se nejednalo o standardní kmitočty pro nové sítě čtvrté generace.

Nyní již i Vodafone pokrývá podstatnou část území České republiky standardní frekvencí 800 MHz, pokrytí na frekvenci 900 MHz tak už nadále nerozšiřuje.

Vodafone rovněž kromě 900 MHz začal používat i další z dřívější doby vlastněné spektrum, a to 2 krát 10 MHz na kmitočtu 2100 MHz. Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, tyto kmitočty se používají pro sítě třetí generace. Z kapacitních důvodů se ale Vodafone snaží pokrývat střední a menší města a jejich okolí.

Za zmínku stojí také současná snaha operátora T-Mobile nasadit technologii Single RAN. Technologii, která spojuje 2G, 3G a 4G do jednoho univerzálního řešení. Toto řešení operátorovi umožní zredukovat prostor pro technologické vybavení a snadnější proces úplného vypnutí sítí třetí generace. T-Mobile poté bude moci využít celého spektra na 2100 MHz, původně vlastněného pro účely 3G, pro sítě 4G, což samozřejmě povede ke zvýšení přenosové rychlosti.

4.3 Rozvojová kritéria

V předchozích kapitolách již bylo naznačeno, že existují také určitá rozvojová kritéria. I v plnění těchto kritérií, která jsou na první pohled poměrně přísná, může pomoci a rozhodně i pomůže dohoda o sdílení přístupových sítí. V případě neplnění rozvojových kritérií totiž hrozí udělení pokuty a v krajním případě dokonce i odebrání vydražených a přidělených kmitočtů vlastníkům licencí.

Nyní se podíváme na to, co tato kritéria přináší. Rozvojová kritéria tedy nutí operátory neblokovat vydražené frekvence (např. kvůli možným obavám z konkurence), ale naopak s nimi řádně a účelně naložit.

Podle dokumentu od ČTÚ [6] jsou pro všechny držitele nově přidělených kmitočtů platná rozvojová kritéria v následujícím rozsahu:

- do 30 měsíců povinnost pokrytí alespoň 30 ze 32 okresů ze skupiny A
- do 5 let povinnost pokrytí všech okresů ze skupiny A, alespoň 22 okresů ze skupiny B, alespoň 50 % z celkového rozsahu železničních tranzitních koridorů I. až IV. a alespoň 50 % z celkového rozsahu dálnic a rychlostních komunikací
- do 7 let pokrytí všech okresů ze skupin A i B, železničních tranzitních koridorů I. až IV., dálnic a rychlostních komunikací

Pro plnění těchto kritérií je možno použít nově nabyté kmitočty v pásmech 800, 1800 a 2600 MHz a po dobu prvních pěti let je možné započítat rovněž pokrytí sítěmi třetí generace v pásmu 2100 MHz.

Za pokrytý okres se považuje dostupnost služby pro 95% populace při 75% pravděpodobnosti příjmu uvnitř budov bez nutnosti použití externí antény. Další podmínkou je minimální přenosová rychlost. Ta je stanovena na 2 Mbit/s během prvních 7 let, po této době bude muset přenosová rychlost činit minimálně 5 Mbit/s.

Kromě toho jsou držitelé zavázáni poskytnout národní roaming na síti 2G, 3G i 4G na 8 let.

Pro pořádek je vhodné uvést obě zmíněné skupiny okresů. Do skupiny okresů A zařadil ČTÚ následující okresy: Benešov, Bruntál, Česká Lípa, Český Krumlov, Cheb, Domažlice, Havlíčkův Brod, Jeseník, Jičín, Jihlava, Jindřichův Hradec, Karlovy Vary, Klatovy, Kutná Hora, Louny, Pelhřimov, Písek, Plzeň-jih, Plzeň-sever, Prachatice, Příbram, Rakovník, Rokycany, Rychnov nad Kněžnou, Strakonice, Šumperk, Svitavy, Tábor, Tachov, Třebíč, Žďár nad Sázavou, Znojmo.

Do skupiny okresů B patří následující okresy: Beroun, Blansko, Břeclav, Brno-město, Brno-venkov, České Budějovice, Chomutov, Chrudim, Děčín, Frýdek-Místek, Hodonín, Hradec, Králové, Jablonec nad Nisou, Karviná, Kladno, Kolín, Kroměříž, Liberec, Litoměřice, Mělník, Mladá Boleslav, Most, Náchod, Nový Jičín, Nymburk, Olomouc, Opava, Ostrava-město, Pardubice, Plzeň-město, Praha-město, Praha-východ, Praha-západ, Přerov, Prostějov, Semily, Sokolov, Teplice, Trutnov, Uherské Hradiště, Ústí nad Labem, Ústí nad Orlicí, Vsetín, Vyškov, Zlín. [7]

4.4 Výhled do budoucna

Budoucnost patří zcela určitě LTE, tedy sítím čtvrté generace. Alespoň ta blížká. Všichni tři čeští operátoři, kteří vystavěli své sítě na standardních kmitočtech, již testují nadstavbu LTE-A (LTE advanced). Při té dochází k využití dvou nebo i více pásem současně. Operátoři využívají část pásma 800 MHz a část pásma 1800 MHz, Vodafone nedávno přidal dokonce třetí pásmo 2100 MHz. Při využití kompatibilních koncových zařízení lze dosáhnout skokového zvýšení přenosových rychlostí.

Co se týká dnešních sítí GSM, lze předpokládat, že tyto sítě ještě určitou dobu zůstanou v provozu. Výměna koncových zařízení probíhá i přes velký technologický vývoj poměrně pomalu, navíc dokonce i naprostá většina současných LTE zařízení (ale také operátorů) nepodporuje technologii voice over LTE – VoLTE. Zařízení přihlášená k sítím čtvrté generace se při příchozím nebo odchozím hovoru musí okamžitě přehlásit do sítí druhé nebo třetí generace, hovor odbavit a přepojit se zpět na LTE. Tato technologie, které se říká CS Fallback (circuit-switch fall back), je pro současná zařízení nezbytná. Přepojení do jiné sítě však trvá neúměrně dlouhou dobu, zejména pokud jsou do LTE sítě přihlášení oba účastníci hovoru, volající i volaný. Navíc se při tomto procesu přerušuje datová komunikace.

Sítě třetí generace mobilních sítí příliš velkým pokrytím neoplývají a již při současném pokrytí sítěmi LTE, které se budou i nadále rozšiřovat, ztrácejí trochu smysl. Mezi zákazníky je však stále velký podíl zařízení, která LTE nepodporují, ale podporu UMTS sítě, většinou i s nadstavbou HSPA+, obsahují. Např. T-Mobile počítá s úplným vypnutím sítí třetí generace v horizontu pěti let (zhruba do konce roku 2020). Uživatelé tedy mají dostatek času, aby si svá koncová zařízení modernizovali. To je samozřejmě i zájmem výrobců. U některých z nich existuje dokonce podezření na nečisté praktiky. Tito výrobci údajně své produkty záměrně navrhují nebo upravují za účelem kratší životnosti výrobku, nepřilíš překračující zákonnou záruční lhůtu. O tomto tématu však tato diplomová práce není.

Projekt sdílení sítí v České republice by měl vzhledem k časové náročnosti pokračovat podle aktuálního plánu až do roku 2017. Po tomto roce by měly být již všechny okresy konsolidovány.

5. Řešení pro vybranou lokalitu

Projekt sdílení sítí stojí i padá na penězích. Peníze, respektive nemalé úspory, byly vlastně hlavním a nejdůležitějším důvodem pro myšlenku o začátku tohoto projektu.

5.1 Postup v praxi

Postup v praxi je následující. Nejprve přijde požadavek z finančního oddělení o představě firmy, kolik je potřeba v určité lokalitě ušetřit peněz. Posléze se sejdou pověřeni zaměstnanci obou společností, aby se z hlediska pokrytí a kvality služeb dohodli, které základnové stanice v rámci okresu zařadí do tzv. gridu a které naopak nadále používat nebudou a jejich provoz ukončí. Na konci výběru zůstane obvykle zhruba 60-65% základnových stanic. Toto je zřejmě nejdůležitější krok celého procesu.

Sdílení sítí v určitém slova smyslu vlastně existovalo v České republice vždy. Jedná se o pasivně sdílené lokality. Společné věže, stožáry, komíny, budovy, vodojemy nebo jiné konstrukce, které využívalo více operátorů. Přesídlení z takové lokality by bylo velmi nákladné, tyto věže tedy téměř vždy zůstávají.

Dalším krokem je analýza okolních oblastí, samozřejmě zejména obydlených. Plánovači obou společností například zjistí, že pokrytí určité obce nebo oblasti s více obcemi má ze strany T-Mobilu na starosti věž západním směrem, zatímco ze strany O2 se jedná o základnovou stanici severním směrem. Obě základnové stanice se podrobí analýze a vybere se lepší z nich. Takto se pokračuje dále.

Mezi hlediska výběru patří:

- rádiová výhodnost
- vybavenost
- finanční náročnost

Význam prvního kritéria je zřejmý. Jedná se o umístění stanice, a také o výšku. Obecně lze říci, že vyšší poloha antén je rádiově výhodnější. Vyšší poloha

může mít výhodu ve vyšším dosahu. Vyšší polohou lze ale docílit i kvalitnějšího pokrytí. Antény lze mírně sklopit, čímž se dosáhne stejného pokrytí, jako v nižší výšce, avšak signál překoná více terénních nerovností. Toto lze aplikovat také u již zmíněných základnových stanic, kde již funguje pasivní sdílení. Pokud by tedy byly antény operátorů umístěné v různých výškách, obvykle se vybere poloha vyšší.

Mezi vybavenost lze zařadit konstrukci, prostorové možnosti nebo statiku. Mnozí se mylně domnívají, že například na věže lze instalovat neomezené množství antén. I věže však mají své statické limity. Dalšími důležitými kritérii je přítomnost optické sítě, které zajistí velkou úsporu nákladů, nebo také okamžité možnosti spuštění základnové stanice bez dalších úprav.

Finanční náročností se rozumí zejména nájem, který může v dlouhodobém horizontu znamenat vysoké náklady. S nájmem souvisí i délka trvání nájemní smlouvy. Dále se může jednat o zákazníky, připojené formou rádio-reléového spoje. Pro tyto zákazníky se musí případně najít jiné řešení nebo je třeba vypovědět smlouvu.

Všichni operátoři mají i své velké zákazníky, kterých si velice cení. Jedná se o největší firmy, jako např. automobilky nebo energetické společnosti. Operátoři kvůli nim i upravují nastavení svých základnových stanic. Tyto základnové stanice tedy patří při výběru mezi prioritní.

5.2 Když je lokalita naplánována

Po naplánování finálního stavu pro danou lokalitu je třeba naplánovat společnou schůzku zaměstnanců z více oddělení přímo na místě. Oddělení plánování, výstavby či nemovitostí společně prodiskutují představy o finálním designu základnové stanice. Následně je třeba podrobit analýze současnou smlouvu, zda tyto úpravy umožňuje. Jinak je třeba kontaktovat majitele a situaci projednat.

5.3 Transportní síť

Transportní síť je velice důležitou součástí plánování. Datová náročnost uživatelů v přístupové síti rok od roku roste a transportní síť je zodpovědná za to, aby veškerý tento provoz spolehlivě a rychle poslala dále do sítě. Dříve pro mobilní síť plně dostačoval metalický kabel či připojení po rádio-reléovém spoji.

Dnes se však firmy snaží rozvíjet především síť optickou. Zejména pro mobilní síť čtvrté generace je optická síť nejlepší řešení. Její kapacita je obrovská, přenos spolehlivý a je to rovněž investice do budoucna. Jestliže je v plánu postupné rozšiřování optické sítě, základnové stanice mohou sloužit jako vhodná lokalita, kam se optický kabel zakončí.

Optický kabel je veden samostatně v HDPE trubce, novější řešení spočívá ještě ve vytrubičkování. Do HDPE trubky se zafoukne určité množství mikrotrubiček a do jedné z nich se poté může zafouknout optický kabel. To umožňuje značnou kapacitu. Například při zafouknutí deseti mikrotrubiček do velké HDPE trubky a do každé z nich ještě čtyřadvaceti-vláknového optického kabelu se do jediné HDPE trubky vejde až 240 optických vláken.

Připojit základnovou stanici optickým kabelem lze stejně jako ostatní body. Po nalezení vhodné trasy, případně po položení nové HDPE trubky a mikrotrubiček k objektu lze druhý konec optického kabelu zakončit v RSU, TKB nebo v základnových stanicích či v jiných bodech sítě provozovatele, kde je již přítomný optický kabel, např. i v traťovém rozvaděči.

Pokud je nejbližší bod sítě příliš daleko, ale jiný optický kabel vede v blízkosti obmyšlené základnové stanice, lze ve vhodném místě nainstalovat optickou spojku a několik vláken vyvézt směrem na základnovou stanici, kterou je nutné připojit k optické síti. Samozřejmě za předpokladu, že jsou některá vlákna v tomto optickém kabelu neobsazená.

Pokud by bylo připojení k transportní síti pomocí optického kabelu neúměrně finančně náročné, základnovou stanici lze připojit i rádio-reléovým spojem. Ostatně toto se stávalo v rané fázi výstavby sítě čtvrté generace často, protože průběh přípravných prací a realizace rádio-reléového spoje je mnohem rychlejší než v případě optických kabelů. Někdy se takto jedná o dočasné řešení, aby se mohla nová technologie spustit, přestože je již zadána zadávací dokumentace na výstavbu optického kabelu.

5.4 Okres Kutná Hora

Stejný princip byl využit pro plánování okresu Kutná Hora. Proč právě Kutná Hora? Tento okres byl v době psaní této diplomové práce a především v době práce na této části jedním z pěti okresů, pro které byla v nejbližší době naplánována konsolidace. Navíc se jedná o okres, který spravuje společnost CETIN. Více oddělení ve firmě na tomto okresu soustavně pracovalo, byla to tedy vhodná příležitost.

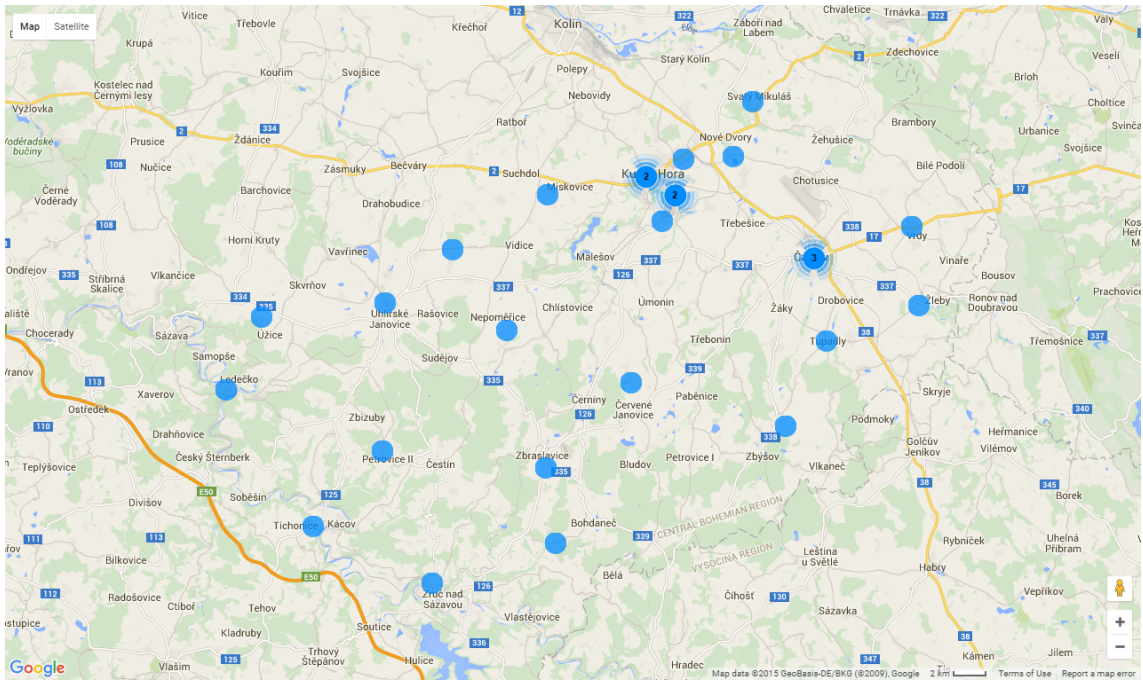
Všechny okresy byly již bohužel naplánovány, nic však nebrání tomu vybrat vlastní základnové stanice podle vlastních kritérií a výsledek poté porovnat se skutečným stavem. Oddělení nemovitostí a výstavby měla k dispozici seznam všech základnových stanic T-Mobilu i těch, které využívá O2. V případě základnových stanic z druhé skupiny i přibližnou cifru, kterou platí společnost CETIN jako provozovatel majiteli/majitelům pozemků. Ze strany T-Mobilu bohužel tato informace chybí. Z dokumentů bylo také možno vyčíst, které základnové stanice byly vybrány jako společné, bylo tedy možné porovnat oficiální řešení s řešením vzešlým z této práce.

K získání podkladových informací byl využit interní software, který poskytl úplné informace o vybavení základnové stanice, o rádiových parametrech, a také o konektivitě. Další interní software byl využit pro ověření rádiové viditelnosti. Dále byl v této práci využit server GSMweb.cz, který poskytl přesné a přehledné informace o poloze základnových stanic, včetně jejich rozdělení podle technologie a informací o sdílení.

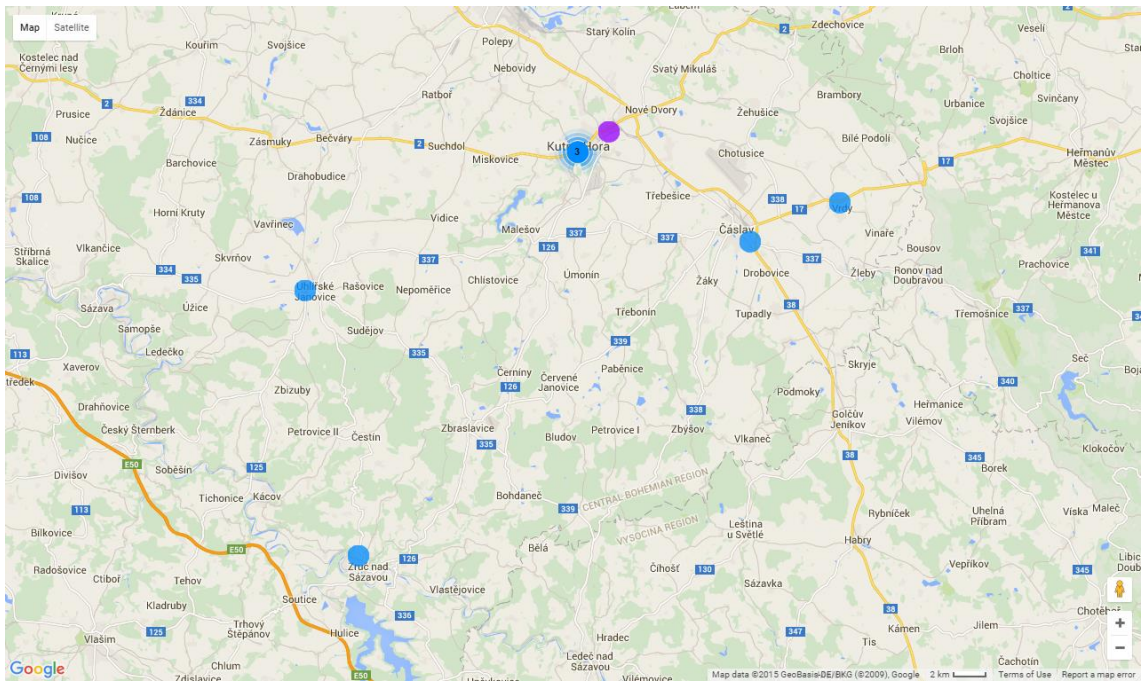
K dispozici tedy byly všechny nutné podklady pro zohlednění hledisek uvedených v kapitole 5.1. Soubory z oddělení výstavby a nemovitostí pro finanční náročnost jednotlivých lokalit, interní software pro ověření rádiové výhodnosti a další interní software pro ověření vybavenosti.

Je zřejmé, že základnové stanice, které již dnes šíří signál sítí čtvrté generace, s velkou pravděpodobností, hraničící až s jistotou, zůstanou v provozu i po konsolidaci. Tyto základnové stanice byly technologiemi LTE obsazovány až v poslední době, kdy již byl tzv. grid naplánován. Nelze tedy předpokládat, že by se operátoři rozhodli toto vybavení opět demontovat. Avšak vzhledem k zadání této diplomové práce, které počítá s vyprojektováním řešení sloučení přístupových sítí způsobem v praxi použitelným, je vhodné nebrat tyto základnové stanice v potaz a vyprojektovat vlastní řešení s využitím informací pouze o základnových stanicích šířících síť druhé a třetí generace.

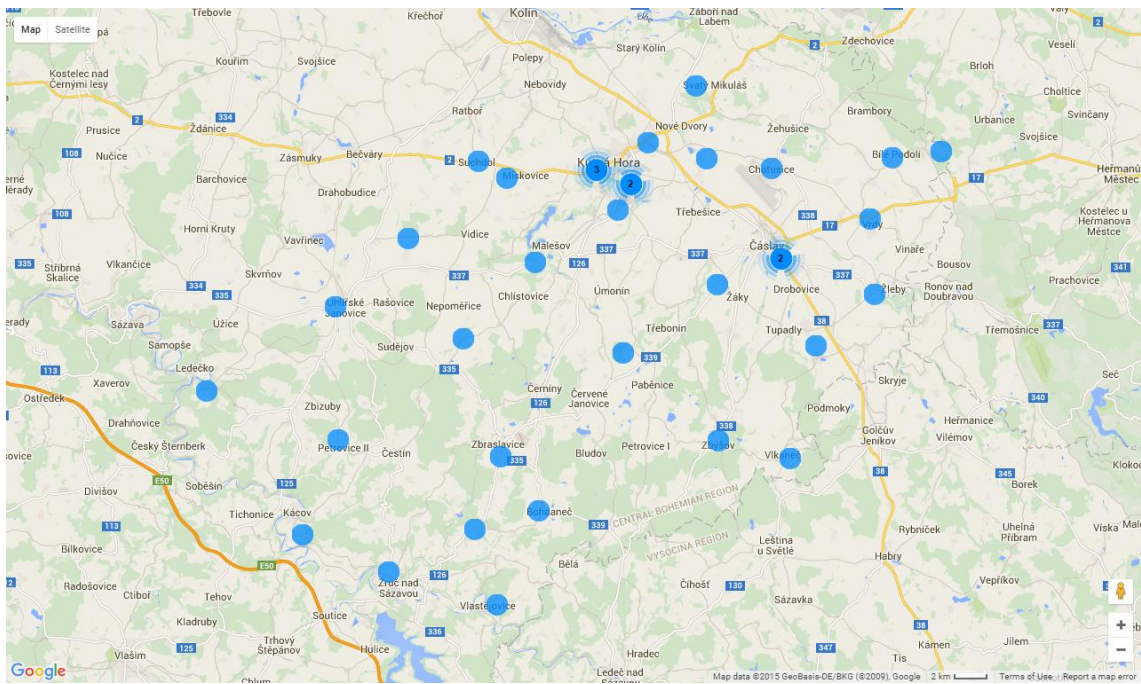
5.4.1 Rozmístění stávajících základnových stanic



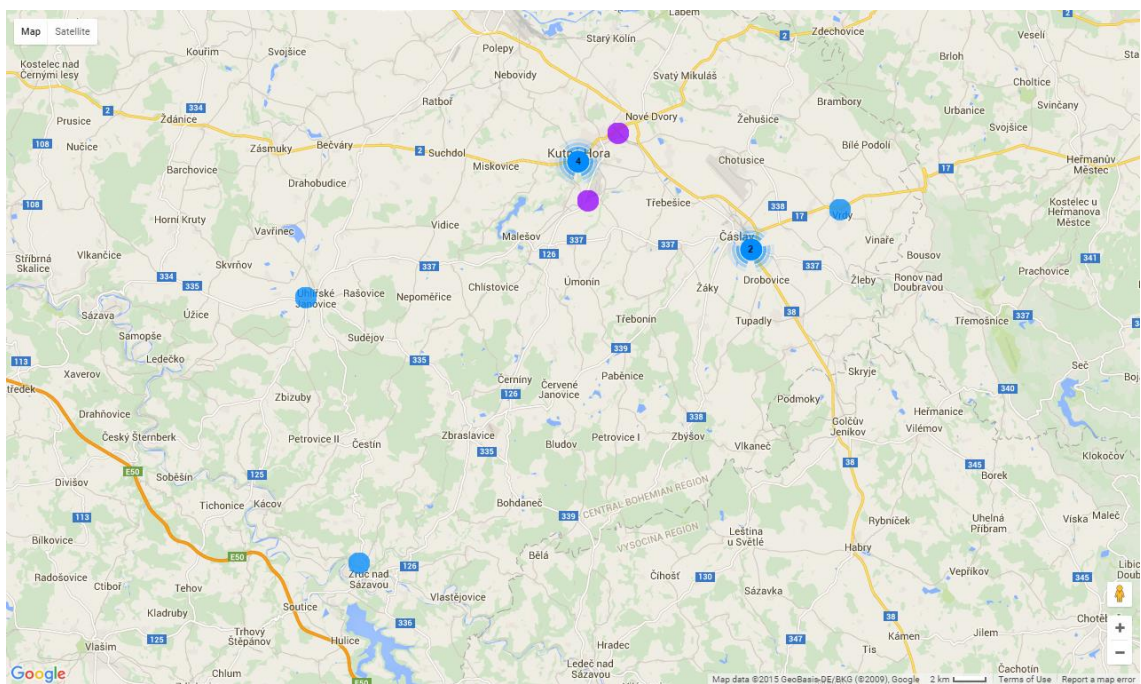
Obrázek 5.1 – základnové stanice O2 pro GSM [8]



Obrázek 5.2 – základnové stanice O2 pro UMTS [8]



Obrázek 5.3 – základnové stanice T-Mobile pro GSM [8]



Obrázek 5.4 – základnové stanice T-Mobile pro UMTS [8]

Všechny základnové stanice O2 UMTS v okrese Kutná Hora jsou umístěné na stejném místě jako BTS pro GSM od stejného operátora s výjimkou obce Vrды. Totéž lze prohlásit také o operátorovi T-Mobile s výjimkou jedné základnové stanice v centru Čáslavi, která šíří pouze síť třetí generace. Jedná se o věž kostela, která je sdílená s operátorem Vodafone.

5.4.2 Výběr již nyní sdílených základnových stanic

Nejprve byly vybrány základnové stanice, jejichž infrastruktura se sdílí již dnes. Mezi ně patří například vodojem na jihozápadním okraji obce Žleby. Není zde sice zaveden optický kabel, nicméně vodojem se nachází zhruba 1000 metrů od nejbližšího RSU a navíc jedna neobsazená HDPE trubka vede přímo okolo vodojemu. Nebudou tedy potřeba téměř žádné výkopové práce a malá vzdálenost k RSU také napovídá, že lze očekávat nízké náklady na zavedení optického kabelu. Řešením tedy bude využití neobsazené HDPE trubky, zafouknutí deseti mikrotrubiček o průměru 7/5,5 mm a nakonec zafouknutí ribbonového optického kabelu se čtyřiceti vlákny do jedné mikrotrubičky. Tento vodojem obsadili operátoři O2 a T-Mobile. T-Mobile má však své antény umístěné výše a je tedy rádiově výhodnější. Po sloučení sítí se tedy využije současná poloha T-Mobilu.

Další sdílená lokalita se nachází nedaleko a jedná se o komín v obci Vrды. Tento komín opět sdílí O2 s T-Mobilem, tentokrát však i s Vodafone. Pro umístění společných antén se opět vybere vyšší poloha a znovu je výhodnější poloha T-Mobilu. Situace s optikou je zde však o něco horší z důvodu výkopových prací. Avšak ani výkop dlouhý zhruba 300 metrů by neměl být překážkou pro realizaci optického připojení. Celková trasa k RSU totiž není o mnoho delší. Výkopové práce si však vyžádají jednání o územním rozhodnutí, které projekt zdrží. S tímto je třeba počítat. Podle interního systému je optické připojení této lokality již realizováno, avšak zadávací dokumentace byla vytvořena v srpnu 2014. Dá se tedy předpokládat, že důvodem optického připojení bylo sdílení sítí. V blízkosti se nachází BTS operátora O2, která po konsolidaci ztratí smysl. Vše se přesune na zmíněný komín.

Posuneme-li se dále na západ, severně od obce Bratčice se nachází věž, kterou sdílí dohromady T-Mobile a Vodafone. V tomto případě pochopitelně nelze zvolit, kterou výšku zvolíme, T-Mobile však opět umístil své antény na rádiově výhodnější pozici. Situace s optikou je obdobná jako v případě Vrd. Zadávací dokumentace je již vytvořena a akce realizována, nicméně důvod je zřejmý. Je tedy nutné v rámci tohoto návrhu s těmito náklady počítat. V těsné blízkosti věže je již zafouknutý optický kabel a RSU se nachází cca tisíc metrů daleko. Podle

rozpočtu tak lze situaci vyřešit buď zafouknutím mikrotrubiček a do jedné z nich i optického kabelu, případně je možné využít volná vlákna již zafouknutého optického kabelu. Stačí před věží nainstalovat optickou spojku a z ní oboustranně vyvést např. šest vláken stávajícího kabelu. Pokud se oněch šest vláken vyvede oboustranně, vznikne vlastně vláken dvanáct, které se svaří s novým kusem dvanácti-vláknového optického kabelu, který povede přímo do kontejneru s technologickým vybavením u věže. Tato věž dokáže pokrýt i území, které dnes zajišťuje BTS O2 v sousední obci Tupadly.

V Čáslavi lze najít společné základnové stanice hned dvě. Jedna z nich se nachází v areálu nemocnice na komíně, kde se nacházejí všichni tři operátoři. Optický kabel je již ze stejného důvodu opět zaveden. Jedná se o cca osmisetmetrový úsek, kde je třeba přibližně 160 metrů dlouhý výkop. Na druhé straně se nachází telekomunikační budova, tedy TKB. Opět je tedy třeba počítat se zdržením z důvodu nutnosti územního rozhodnutí. Tento komín je však významný, protože dokáže pokrýt rozsáhlé území. Lepší rádiovou výhodnost zde má opět operátor T-Mobile.

Druhá společná základnová stanice v Čáslavi je již jednou zmíněná kostelní věž, která je společná pro T-Mobile a Vodafone. V tomto případě by však bylo lepší porušit pravidlo pro výběr těchto základnových stanic a pro pokrytí města Čáslav raději vybrat lokalitu jinou. Kostel je totiž v centru města a v památkově chráněné oblasti, optický kabel zde zavedený není a není jisté, zda by město či památkáři svolili k provádění výkopových prací. Jednání by byla dlouhá a výsledek nejistý. RSU Čáslav není sice příliš daleko a v trase jsou již zafouknuté mikrotrubičky, nicméně centrum města není dobrá lokalita pro provádění potřebných výkopových prací.

V Jakubu u Kutné Hory se nachází nejen známý Kostel svatého Jakuba, ale také hydroglóbus, který sdílejí T-Mobile s Vodafone. Jejich připojení na optickou síť nepatří mezi levné akce, jedná se o nejméně 400 metrů výkopu a tři kilometry mikrotrubiček a optického kabelu. V okolí se ještě nachází jedna základnová stanice, nicméně tou bychom si příliš nepomohli. Jedná se o komín, který je sice vyšší než hydroglóbus, nicméně z hlediska nákladů na optické připojení se jedná o obdobný případ. Navíc pokud to statika hydroglóbu i smlouva s majitelem dovolí, při obsazení třemi operátory bude cena za nájem nižší než při obsazení jen dvěma operátory.

Dalším příkladem sdílené lokality je silo ve Svatém Mikuláši, které je sdílené pro O2 s Vodafone. V tomto případě není situace vůbec příznivá, neboť ve vzdáleném okolí není optický kabel k dispozici vůbec. Připojení optickou sítí by tedy bylo velice nákladné. Na tolik nákladné, že o tom nemá smysl ani uvažovat. Cenově přijatelnou alternativu tvoří připojení pomocí rádio-reléového spoje z místa s přímou viditelností. Tyto lokality je však vždy třeba osobně

navštívit a viditelnost ověřit, přestože je k dispozici specializovaný software pro tyto případy.

Severně od obce Křečovice se nachází stožár, který je sdílený všemi třemi operátory. Je tedy jednoznačným kandidátem pro začlenění do gridu. Optické připojení nebude příliš složité. RSU či TKB se nachází velmi daleko, nejlepším řešením tedy bude přerušení stávajícího optického kabelu, nainstalování optické spojky a oboustranné vyvedení šesti vláken. Navaření nového dvanácti-vláknového optického kabelu a zakončení v ODF v základnové stanici u Křečovic. Pro zvolení výšky pro antény se opět zvolí pozice operátora, který má lepší rádiovou výhodnost.

Ve Zručí nad Sázavou se nachází panelový dům, který využívají O2 s T-Mobilem. Do tohoto panelového domu nevede optický kabel, jeho zavedení by si vyžádalo cca 250 metrů výkopů a samozřejmě také územní rozhodnutí, které by celou akci zpomalilo. Zhruba 1500 metrů by potom měřila celá trasa od panelového domu až do RSU. Z pohledu nájemní smlouvy pravděpodobně není potřeba čekat komplikace, zařazení této lokality spolu s ostatními do výběru je tedy vhodné.

Další sdílená lokalita se nachází na vrcholu rozhledny v Petrovicích. Sídli zde všichni tři operátoři – O2, T-Mobile i Vodafone – byla by tedy škoda šanci nevyužít. Velkou nevýhodou je však nedostupnost optického kabelu nebo neobsazených HDPE trubek. Řešením je tedy opět radio-reléový spoj na protistranu s přímou viditelností. Protože se však jedná o rozhlednu, pravděpodobně zde žádný problém s viditelností nebude.

Silo na nádraží v Uhlířských Janovicích využívají opět všichni tři operátoři. Kromě O2 zde všichni šíří signál sítě druhé i třetí generace, O2 zde zatím šíří pouze signál sítě třetí generace. Výkop pro nový optický kabel zde není příliš dlouhý, zhruba 50-60 metrů a vzdálenost k nejbližší TKB měří cca 650 metrů. Samozřejmě jsou mikrotrubičky, tentokrát však v systému 3x 10/8mm + 4x 7/5,5mm. Cena za optické připojení kontejneru u tohoto sila tak bude rozhodně patřit mezi nižší.

Další hledaná lokalita na Kutnohorsku se nachází v Tichonicích. Jedná se o vysoký stožár sdílený mezi O2 a Vodafone. Připojení optickým kabelem však bude velice nákladné vzhledem k potřebě dlouhého výkopu. Lepší variantou bude připojení pomocí radio-reléového spoje, pokud CAPEX nedovolí vykonat jinak.

Poslední mimo-kutnohorskou lokalitou jsou Rataje nad Sázavou. Jedná se o televizní věž, o kterou se dělí T-Mobile s Vodafone. Vzhledem k výkopu okolo 200 metrů se jedná o středně drahou akci. Pokud rozpočet dovolí, bylo by zde vhodné optické připojení.

V oblasti Kutné Hory jsou sdílené lokality hned čtyři. Např. betonový stožár v ulici K Nádraží obsadili operátoři Vodafone a T-Mobile. Výhodnější by však bylo zachovat základnovou stanici v areálu Philip Morris ČR a.s., kde má již svou základnovou stanici O2. Jednalo by se o mnohem kratší výkop a tedy i mnohem levnější optické připojení.

Bezproblémové místo bude areál firmy Foxconn ve Vrchlicích. O2 s T-Mobilem zde využívají příhradový stožár, který již je připojen na optickou síť. Tato lokalita je tedy jednoznačná.

Na druhou stranu silo ve Vrchlicích rovněž sdílí O2 s T-Mobilem, nicméně připojení optickou sítí se zdá být velice nákladné. Toto silo je jednoznačným kandidátem na rádio-reléový spoj. Tato základnová stanice však dobře vykryvá okolní oblasti především jižně od Kutné Hory a je tedy velice důležité jeho zachování.

Poslední sdílenou lokalitou v okrese Kutná Hora je panelový dům v ulici Dolní v Kutné Hoře. T-Mobile s O2 zde provozují své sítě druhé a třetí generace. Zde nebude optický kabel potřeba složitě projektovat, protože dům byl na optickou síť napojen již v roce 2012. V nejhorsím případě bude potřeba vyřešit vnitřní optický kabel do kontejneru s technologickým vybavením základnové stanice.

Tolik tedy již sdílené základnové stanice. Nyní přichází na řadu redukce zbylých lokalit.

5.4.3 Výběr ostatních základnových stanic

Tyto zbývající základnové stanice byly vybrány znovu na základě rádiové výhodnosti, vybavenosti a finanční náročnosti. Velkou výhodou měly stanice, které již byly připojeny na optickou síť. Nyní je však navíc třeba brát v úvahu i překryvné pokrytí. Mimo větší města byly v rámci této části diplomové práce vybrány pokud možno základnové stanice s rozestupy 5-10 km. Jejich pokrytí lze nastavovat nasměrováním vysílací antény. Při kratších rozestupech by hrozila interference, koncová zařízení by se často přepojovala a mohlo by docházet i k přerušování hovorů.

V rámci hustěji obydlených měst, což jsou v okrese Kutná Hora především města Kutná Hora a Čáslav, je z kapacitních důvodů nutné zachování více stanic. Například v Praze je snaha umisťovat základnové stanice v rozestupech přibližně 300 metrů.

Nejvýchodnější základnovou stanicí v návrhu tvoří stanice jihovýchodně od obce Semtěš. Tato základnová stanice je velice daleko od nejbližšího přípojného bodu, zřejmě bude nutné využít rádio-reléový spoj. Dva kilometry výkopů a několik dalších kilometrů mikrotrubiček a optického kabelu k nejbližšímu bodu v Lipolticích by výstavbu optického kabelu značně prodražily. Nicméně ze dvou základnových stanic v oblasti se jedná z důvodu rádiové výhodnosti i finanční náročnosti o lepší řešení.

V obci Chotusice u letiště Čáslav se nachází kostel a v jeho věži základnová stanice patřící T-Mobilu. Připojení optickým kabelem vyžaduje zhruba 400 metrů výkopů, což je již o poznání levnější než v případě Semtěše. Bude však záležet na tom, zda obec Chotusice tyto výkopy povolí. Lze se však domnívat, že ano. Optický kabel s dostatečnou kapacitou již v obci zafouknutý je, stačí tedy nainstalovat spojku a několik vláken odklonit směrem ke kostelu a navařit na nový kabel.

Základnová stanice jihozápadním směrem od Malešova u obce Polánka je velmi vhodnou kandidátkou. Poloha je velice výhodná a navíc optický kabel s dostatečnou kapacitou vede přímo okolo tohoto bodu. Lze tedy opět nainstalovat spojku a vyvést několik vláken. O této stanici tedy nejsou žádné pochybnosti.

Velké území by měla pokrýt základnová stanice, která se nachází jižním směrem od Opatovic. Velkou výhodou je, že k této základnové stanici již vedou HDPE trubky, které byly položeny v minulosti. Zhruba 1,5 kilometru nového optického kabelu a trubiček doplní pravděpodobně pouze územní souhlas. Cena za optické připojení tedy bude velice příznivá a užitek značný.

Mezi stanice, které se zruší, bych však rozhodně nezařadil ani druhou základnovou stanicí v oblasti, která patří T-Mobilu. Celá oblast je poměrně rozlehlá, avšak má nízkou populaci. Tato základnová stanice severozápadním směrem od Opatovic je však zcela jistě připojitelná pouze přes rádio-reléový spoj. Vzhledem k jejímu významu je přesto vhodné její zachování.

Zbýšovská základnová stanice, v době psaní této diplomové práce patřící T-Mobilu, je vhodná opět z hlediska optického připojení. Zbýšov RSU se nachází zhruba 100 metrů od objektu a navíc není zřejmě potřeba ani žádného dlouhého výkopu. Antény od základnové stanice se nachází ve věži kostela, pokud tedy situace dovolí, jedná se o jednoznačný příspěvek do gridu.

Druhá základnová stanice v oblasti se nachází v obce Šebestěnice. Vysoký betonový stožár dokáže pokrýt kvalitně rozsáhlé území. Optický kabel prochází okolo, výkop nebude potřeba dlouhý a rovněž volná vláknová kapacita je dostatečná. Poloha tohoto stožáru je tedy velice výhodná a v žádném případě by nebylo vhodné tuto základnovou stanicí rušit.

Další stožár v oblasti jihovýchodním směrem je nejdále od optického kabelu ze všech tří stanic v oblasti. Navíc není třeba provozovat dva stožáry blízko sebe.

U Bohdanče se nachází základnová stanice na střeše jedné z budov. V době psaní této práce patřila T-Mobilu. Nachází se zhruba 600 metrů od nejbližšího RSU, avšak s výkopy v celé trase. Jednalo by se o kapacitní pokrytí okolí, zejména Bohdanče, vzhledem k velkým investicím by byla lepším řešením instalace rádio-reléového spoje.

Stejný způsob připojení k transportní síti bude nutný i u příhradového stožáru severovýchodně od obce Slavošov. Jedná se o vysoký stožár, který má velkou rádiovou výhodnost. Do gridu rozhodně patří a snad časem bude možnost připojení na optickou síť za rozumnou cenu. Prozatím je možné použít pouze rádio-reléový spoj.

Další základnová stanice vhodná do finálního výběru se nachází u obce Zbraslavice. Jedná se opět o příhradový stožár. Nejbližší optický kabel nebo HDPE trubka se opět nachází ve vzdálenosti blízké se 600 metrům. Optické připojení by však bylo rozhodně vhodné.

Oblast okolo hranice s okresem Havlíčkův Brod a rovněž oblast okolo vodní nádrže Švihov dobře pokrývá TV převaděč u obce Vlastějovice. Tento převaděč má vysokou rádiovou výhodnost, patří tedy mezi prioritní. Vzdálenost zhruba 1200 metrů od nejbližšího přípojného bodu a 250 metrů výkopu dodává naději na úspěšné zřízení optické konektivity.

Betonový stožár u Miletic je další z prioritních základnových stanic, neboť jeho výška dovoluje buď pokrýt rozsáhlé území, nebo pokrýt stejné území jako níže položené stanice, avšak dokáže přitom lépe kopírovat terén. Výhodou je, že se tento stožár nachází přímo u trasy HDPE trubky. Nebude tedy třeba žádného nebo téměř žádného výkopu, což celou akci značně zlevní. Na druhou stranu nejbližší přípojný bod se nachází mnoho kilometrů daleko. Je však možné délku trasy o celou polovinu zkrátit, využije-li se stávající optický kabel.

Rataje nad Sázavou mají kromě TV převaděče ještě jednu základnovou stanici. Jedná se o příhradový stožár, ze kterého šíří svůj mobilní signál společnost O2. Vysoký stožár, navíc ještě postavený na kopci ve výšce 380 metrů nad mořem, do nejužšího výběru rozhodně patří. Jeho optické připojení by bylo poněkud dražší, a to vzhledem k výkopům zhruba 300 metrů a delší trase, ale lze opět použít rádio-reléový spoj. V tomto případě se o viditelnost rozhodně není třeba obávat.

Východně od obce Vysoká u Suchdola se nachází betonový stožár. Ten je dostatečně vysoký, navíc na kopci v nadmořské výšce 471 metrů. Má tedy

ideální rádiovou výhodnost. Optická síť tam navíc byla zavedena již v roce 2010. Není tedy důvod nad touto základnovou stanicí pochybovat.

Severně od obce Rataje nad Sázavou a západně od Uhlířských Janovic se nachází obec Úžice, u které byl postaven betonový stožár. Tento stožár plní svou funkci dobře, neboť pokrývá mnoho okolních obcí. Nejvhodnější variantou konektivity je využití rádio-reléového spoje namísto optického kabelu, který by byl příliš nákladný. Na tomto místě bude levnější rádio-reléový spoj jistě dlouhou dobu stačit.

V Kutné Hoře je nutné plánovat síť hustěji než ve venkovských oblastech. Z předchozí kapitoly již jsou vybrané čtyři základnové stanice, jako další vhodná lokalita se jeví panelový dům v Masarykově ulici. Vzhledem k délce trasy 700 metrů bez výkopu k nejbližšímu RSU nebude problém realizovat optické připojení. Finanční náročnost i rádiová výhodnost tedy hovoří pro zařazení tohoto panelového domu mezi finální lokality.

V centru města Kutná Hora se jako nejvhodnější jeví základnová stanice ve věži kostela na Havlíčkově náměstí. Přestože se v podstatě na druhé straně ulice nachází HDPE trubka pro optický kabel, bude třeba provést několikametrový výkop. V centru města je vždy problematické dostat povolení. Především v Kutné Hoře, která je dokonce zapsána na seznamu světového dědictví UNESCO, je však situace značně nejistá.

Jako druhá vhodná lokalita v centru města a zároveň jako pojistka v případě negativního stanoviska u předchozí základnové stanice se jeví základnová stanice na Pirknerově náměstí. Tato lokalita by si vyžádala přibližně 100 metrů výkopů. I zde však platí, že výsledek je značně nejistý.

Bez problémů by naopak měl být realizovatelný bytový dům v ulici V Mišpulkách. Trasu je možné vést ve stávajících HDPE trubkách zhruba 950 metrů, u objektu je pouze třeba projednat územní rozhodnutí pro krátký několikametrový výkop. Pro kapacitní dokrytí Kutné Hory se jedná o vhodnou základnovou stanicí.

V Krchlebech u Čáslavi stojí příhradový stožár, který velice dobře pokrývá všechny okolní obce. Jeho optické připojení se nejeví jako nákladné. Jednalo by se pouze o poměrně krátký výkop a celá trasa z RSU ve Vodrantech měří přibližně dva kilometry. Byla by škoda tento stožár do výběru nezahrnout.

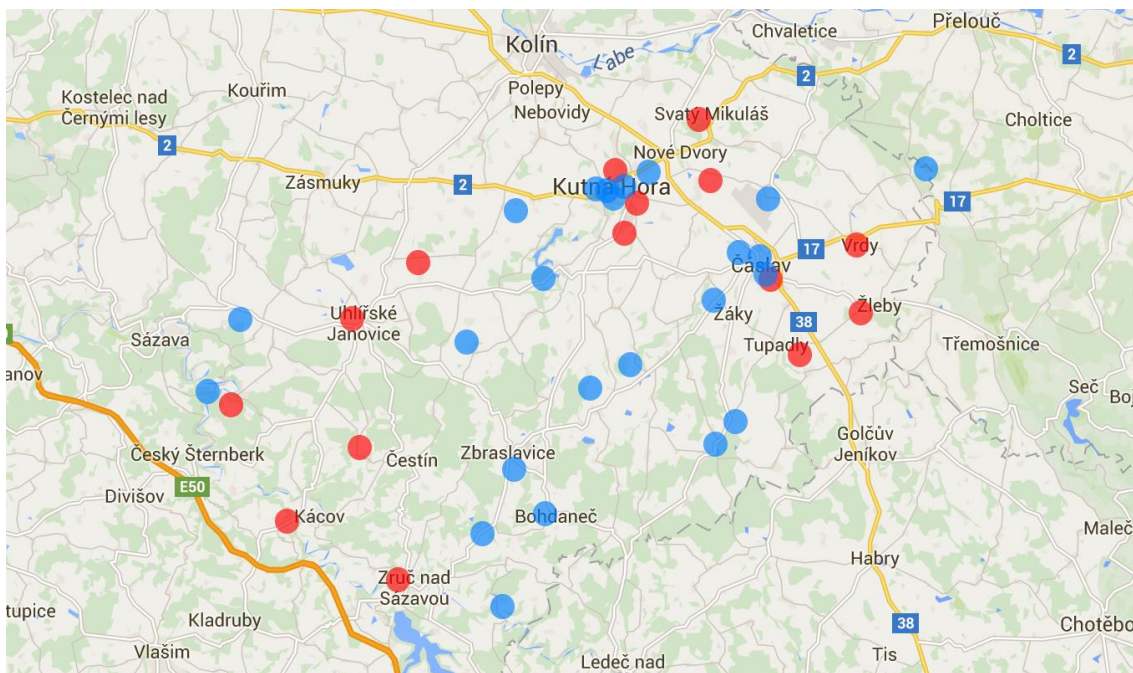
V Čáslavi se do užšího výběru dostává Střední odborné učiliště na Žižkově náměstí. Tato základnová stanice je již na optickou síť napojena, výběr je tedy snadný.

Panelový dům v ulici Bojovníků za svobodu už stojí mimo centrum města. Osmdesátimetrový výkop by pravděpodobně nebyl velkým problémem. Délka trasy z nejbližšího RSU by potom činila přibližně 1500 metrů, nutností by rovněž byl záfuk mikrotrubiček v celé trase.

V průmyslové zóně v Čáslavi lze do finálního výběru zařadit ještě také základnovou stanici na střeše jedné z firem. Tuto základnovou stanici lze chápat jako důležitou pro průmyslovou zónu, fungují zde někteří důležití zákazníci, je tedy v zájmu operátorů tuto oblast dobře pokrýt. A to i za cenu výkopu v délce přes 200 metrů. Na druhou stranu optické připojení základnové stanice znamená potenciální zákazníky i v oblasti optické konektivity, neboť se pro místní firmy mohou snížit investice nutné k zavedení kabelu do místa jejich působení.

5.4.4 Výsledný návrh

Výsledný návrh (níže) obsahuje celkem 39 základnových stanic přibližně rovnoměrně vybraných od obou participujících operátorů. V mapě jsou červeně označeny lokality, které byly omezeně sdíleny již před konsolidací, modře jsou označeny zbylé základnové stanice, které byly v tomto návrhu vybrány. Podařilo se přitom vybrat 25 původních základnových stanic, které po sloučení sítí již nebudou potřeba.



Obrázek 5.5 – Výsledný návrh

6. Závěr

V této diplomové práci byly shrnuty základní obecné způsoby sdílení sítí – pasivní, aktivní a národní roaming. V praxi se nejvíce používají aktivní modely sdílení MOCN a MORAN/MOBSS, kterým se tamto práce věnuje podrobněji. V obou případech lze dosáhnout výrazného snížení nákladů při plánování, výstavbě i provozu. V případě MOCN také při dražbě frekvencí. Provozní náklady jsou totiž ve střednědobém i dlouhodobém horizontu srovnatelné s cenou telekomunikačních technologií. Avšak platí, že čím vyšší úspora, tím menší kontrola nad vlastní sítí.

V České republice se využívá model aktivního sdílení MORAN v sítích druhé, třetí i čtvrté generace. Operátoři si spravedlivě rozdělili území rovným dílem, pouze pokrytí území Prahy a Brna si zajišťuje každý operátor samostatně. Tato diplomová práce detailně popisuje postup při plánování sdílení přístupových sítí v praxi. Využity přitom byly vlastní zkušenosti i zkušenosti mnoha zaměstnanců z několika dalších oddělení společnosti Česká telekomunikační infrastruktura a.s.

K vlastnímu vyprojektování okresu Kutná Hora byly použity nově nabyté vědomosti, firemní software a materiály, které byly získány v rámci spolupráce mezi jednotlivými odděleními. Z celkového stavu 64 základnových stanic společností O2 a T-Mobile bylo v tomto návrhu vybráno celkem 39 stanic, což představuje redukci téměř 39% a odpovídá to i dohodě operátorů, která počítá se zachováním 60-65% původních stanic.

Oproti reálnému stavu se tento návrh lišil v šesti základnových stanicích. Tento rozdíl mohl být způsobený například obchodními zájmy společnosti Vodafone, nemožností změnit smlouvy s majiteli pozemků, případně přítomností významného zákazníka jednoho z operátorů a jeho snahou o zachování konkrétní základnové stanice na úkor jiné.

7. Literatura

1. **Ericsson.** Ericsson Mobility Report Appendix. *Ericsson.* [Online] listopad 2014. [Citace: 10. červen 2015.] <http://www.ericsson.com/res/docs/2014/emr-november2014-regional-appendices-europe.pdf>.
2. **Nokia Siemens Networks.** Network sharing MORAN and MOCN for 3G. *Academia.edu.* [Online] květen 2013. [Citace: 10. červen 2015.] http://www.academia.edu/10355968/NSN_NW_Sharing_MORAN_and_MOCN_for_3G_revised.
3. **Infrastructure Sharing in Practice: Sharing Mobile Networks.** *ITU.* [Online] červenec 2010. [Citace: 10. červen 2015.] <https://www.itu.int/ITU-D/asp/CMS/ASP-CoE/2010/InfraSharing/S12.pdf>.
4. **Penttinen, Jyrki.** *The LTE/SAE Deployment Handbook 1st pub.* Chichester : Wiley, 2012. 0470977264.
5. **Bílý, Vladimír.** GSMweb.cz. *GSMweb.cz.* [Online] [Citace: 3. září 2015.] <http://www.gsmweb.cz/clanky/freq2.htm>.
6. **ČTÚ.** Správa rádiových kmitočtů v pásmech 800 MHz, 1800 MHz a 2600 MHz po výběrovém řízení. [Online] 22. říjen 2014. [Citace: 3. září 2015.] <http://www.unit.cz/files/radiokomunikace/Radiokomunikace-2014-Hanus.pdf>.
7. **Cnews.cz.** [Online] [Citace: 4. září 2015.] <http://www.cnews.cz/ctu-prideli-frekvence-pro-lte-uz-v-unoru-nadeje-na-4-operatora-jeste-jsou>.
8. **GSMweb.cz.** <http://www.gsmweb.cz/mapa/>. *GSMweb.cz.* [Online] [Citace: 28. říjen 2015.] <http://www.gsmweb.cz/mapa/>.