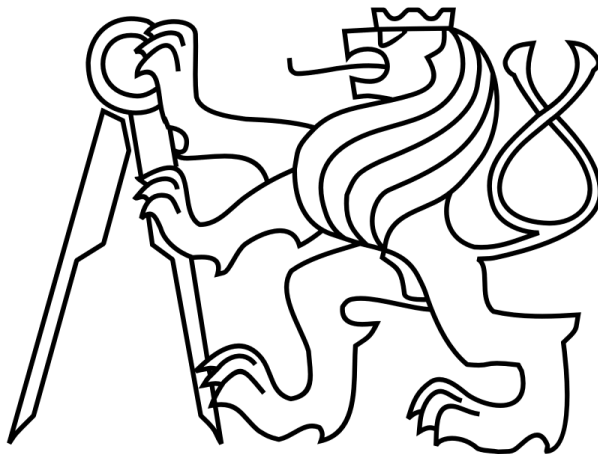


České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra telekomunikační techniky



**Návrh a optimalizace topologie pro přístupové sítě
nové generace**

2017

Bakalant: Jan Moravec
Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vodrážka, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a konzultanta a používal jsem pouze literaturu v práci uvedenou. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé bakalářské práce nebo její části se souhlasem katedry.

V Praze dne:

.....

podpis bakalanta

Poděkování

Chtěl bych poděkovat zejména doc. Ing. Jiří Vodrážka, Ph.D. za vedení této práce a jeho hodnotné připomínky. Poděkování patří také mojí rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia i při psaní této bakalářské práce.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Moravec** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **440940**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra telekomunikační techniky**
Studijní program: **Komunikace, multimédia a elektronika**
Studijní obor: **Sít'ové a informační technologie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh a optimalizace topologie pro přístupové sítě nové generace

Název bakalářské práce anglicky:

Design and optimization of the topology for next generation access networks

Pokyny pro vypracování:

Analýzujte současné technologické možnosti budování sítí NGA, zejména v kombinaci optického a metalického přenosového média (FTTx). Sumarizujte fyzikální limity z hlediska vzdálenosti a typu topologie. Uveďte typické topologie podle typu lokality (sídlíště, město, venkov, soustředěná a rozptýlená zástavba). Vyjděte přitom z volně dostupných mapových podkladů ČR. Navrhněte vhodné metody separace mapových podkladů s možností návrhu připojení adresních bodů k obslužnému uzlu (CO). Cílovou aplikací pro zpracování topologických podkladů je prostředí Matlab. Diskutujte případné jiné vhodné alternativy. V rámci zpracování postupu pro optimalizaci topologie, výběru tras pro budování optické infrastruktury NGA (primární a sekundární úroveň, resp. přípojná a distribuční úroveň) uvažte i využití synergie s budováním optické infrastruktury pro inteligentní energetické sítě (Smart Grid), tj. pokládku optických kabelů v souběhu s energetickými vedeními VN a NN.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Lafata, P.; Vodrážka, J.: Optické přístupové sítě a přípojky FTTx.. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, Praha 2014. ISBN 978-80-01-05463-5.
[2] Vodrážka, J.; Havlan, M.: Přenosové systémy. Sítě a zařízení SDH, OTH, jejich návrh a měření. Vydavatelství ČVUT, Praha 2008.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Vodrážka Ph.D., katedra telekomunikační techniky FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.02.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Anotace:

Cílem bakalářské práce „Návrh a optimalizace topologie pro přístupové sítě nové generace“ je rozbor možností při budování přístupových sítí nové generace v kontextu se současným rozvojem datových sítí v České Republice. První kapitola se zabývá definicí přístupových sítí nové generace a obecné topologii přístupové sítě. Dále jsou zde rozepsány konkrétní body Národní plánu pro rozvoj přístupových sítí a jeho dotování ze strany státu.

Další tři kapitoly pojednávají o optických přístupových sítích v teoretické rovině s nádechem praktických poznatků v rámci akademické analýzy. Druhá kapitola analyzuje obecnou koncepci sítí FTTx a demarkační body mezi jednotlivými částmi přístupové sítě. Třetí tematická kapitola specifikuje jednotlivé technologie a topologie realizované v optických přístupových sítích FTTH, jejich výhody a nevýhody s ohledem na současnou a budoucí přenosovou kapacitu a ekonomicko-konkurenční potenciál sítě.

Zvláštní pozornost je věnována pasivní a aktivní infrastruktuře optických přístupových sítí, neboť ta se od páteřních výrazně liší z důvodu individuálních realizací projektů daných lokálním členěním terénu, počtem koncových zákazníků i poskytovanými službami. Především však s ohledem na konkurenčně-ekonomický potenciál těchto projektů. Ve čtvrté kapitole jsou rozebrány technologie výstavby používané v minulých desetiletích ale i nejmodernější technologii používané v současnosti. V páté kapitole je v teoretické ale hlavně v praktické rovině rozebrán geografický informační systém QGIS a jeho vlastnosti které se využívají při plánování telekomunikačních sítí.

V další kapitole je detailně rozpracována případová studie pro rozvoj přístupové sítě ve městě Opočno. V případové studii jsou zahrnuty jak technická realizace celé stavby ale taky její ekonomická rozvaha.

Závěr práce tvoří zhodnocení všech získaných poznatků s odrazem na současný a předpokládaný budoucí vývoj v oblasti optických přístupových sítí.

Klíčová slova:

Přístupová síť, PON, AON, FTTx, Topologie, GIS, Smart Grid,

Summary:

The aim of Bachelor thesis "Design and Optimisation of Topology for Next-Generation Access Networks" is an analysis of the options for building NGA networks in the context of the current development of data networks positioned in the Czech Republic.

The first chapter of this article deals with the definition of Next Generation Access(NGA) networks and the general topology of NGA networks. And a further detailed description of the National plan with specific points for the development of NGA and its subsidisation by the State.

Following three chapters are about optical access networks in theory level with a few academically analysed practical examples and analyses the general concept of the traditional and the demarcation points between the individual parts of the access network. The third chapter specifies each of the technologies and topologies in optical access FTTH networks, their advantages and disadvantages concerning the current and future transmission capacity and economic-competitive potential of the network.

Particular attention is paid to the passive and active optical access networks infrastructure, as it is the backbone vary significantly because of the personal realisation of the projects of the local terrain, broken down by the number of end customers and the services provided. Above all, however, the economic potential of these competitively-projects. In the fourth chapter dealt with the construction technology used in recent decades but also the latest technology employed in the present. In the fifth chapter is theoretical but especially in practical plane disassembled QGIS geographic information system and its properties, which are used in the planning of telecommunication networks.

The detailed elaborated case study of one of the chapters is for the development of the access network in Opočno. The case of study includes both the technical implementation of the whole of the building and also its economic balance sheet.

The conclusion of the work is constructed on all of the lessons learned with a reflection on the current and expected future developments in the field of optical access networks.

Index Terms:

Access Network, PON, AON, Topology, GIS, Smart Grid

Obsah

Úvod	1
1. Přístupové sítě	2
1.1 Přístupové sítě nové generace.....	2
1.2 Dotační podpora	3
1.2 Sdílení technologie	4
2. Struktura přístupové sítě	5
2.1 Přípojná část (Feeder).....	5
2.2 Distribuční část sítě	6
2.2.1 FTTH.....	7
2.2.2 FTTO.....	7
2.2.3 FTTP.....	7
2.2.4 FTTB	7
2.2.5 FTTC	7
2.2.6 FTTN.....	8
2.2.7 FTTE _x	8
2.3 Uživatelská část sítě.....	8
2.4 Předávací rozhraní v centrální stanici.....	8
2.5 Předávací rozhraní v distribučním bodě	8
2.6 Předávací rozhraní v zákaznickém objektu	9
3. Aktivní a pasivní optické sítě	10
3.1 Aktivní optická síť	10
3.1.1 Ethernet in the First Mile	10
3.1.2 10G Ethernet	10
3.1.3 100G Ethernet	10
3.3 Pasivní optická síť	11
3.3.1 APON.....	11
3.3.2 BPON	11
3.3.3 GPON.....	12
3.3.4 EPON	13
3.3.5 10GEAPON.....	14
3.3.6 XG-PON.....	14
3.3.7 NG-PON2.....	14
3.4 Prvky pasivní optické sítě.....	14
3.4.1 Optické linkové zakončení	14

3.4.2	ONT/ONU	14
4.6.3	Optický rozbočovač.....	15
4.	Prvky a realizace přístupových sítí.....	16
4.1	Optická vlákna.....	16
4.2	Kabely a jejich instalace	16
4.2.1	Přípojný kabel	16
4.2.2	Distribuční kabel	17
4.2.3	Drop kabel	17
4.3	Spojování optických vláken.....	17
4.3.1	Konektory.....	18
4.4	Technologie instalace kabelu.....	18
4.4.1	HDPE trubky	18
4.4.2	Mikrotrubičky.....	18
4.4.3	System multiduct.....	19
4.4.4	Mikrokabelážní systém	20
4.4.5	Závěsné kabely	20
4.6	Smart Grids.....	20
5.	Plánování telekomunikačních sítí	22
5.1.	Geografické informační systémy	22
5.1	Geografická data.....	23
5.1.1	Zdroje geografických dat	23
5.2	Kartografické prvky.....	25
5.3	QGIS.....	25
5.3.1	Atributová tabulka.....	25
5.3.2	Filtrace požadovaných vrstev.....	26
5.3.2	Přidání nových vrstev	27
5.4	Formát dat.....	27
6.	Případová studie.....	29
6.1	Přípojná síť pro základnové stanice mobilní sítě.....	29
6.2	Centrum města.....	33
6.3	Samota – Cihelna.....	36
6.4	Sídliště	38
6.5	Vybudování centrální stanice	40
6.4	Finanční rozvaha projektu	41
7.	Závěr.....	43

8. Literatura	45
8.1 Seznam použité literatury	45
8.2 Seznam obrázků a tabulek	48
8.3 Seznam tabulek.....	48
8.4 Seznam obrázků.....	48
8.4 Seznam použitých zkratk	48

Úvod

V době digitálního věku, jak je občas nazýváno 21. století, dochází k výraznému zvýšení poptávky koncových uživatelů na zvýšení rychlosti přístupu k internetu.

Páteří sítě internetu jsou často dostatečně naddimenzované, ale rychlost připojení je vždy ovlivněna nejslabším článkem po cestě a tím až doposud bývala přístupová síť. Protože přenosová kapacita metalického vedení a prvků metalického vedení je omezena, přechází se postupně na nová technologická řešení. Aby bylo možné vyhovět současným trendům, a také do budoucna bez problémů navyšovat přenosovou rychlost u koncových zákazníků, realizují se nové výstavby pomocí optických vláken. Optická vlákna nabízí mnohem vyšší přenosové rychlosti a možnost nasazení nových technologií. Oproti metalickému vedení mají optická vlákna řadu výhod jako například malý útlum vedení, větší šířka přenosového pásma, odolnost vůči indukovanému napětí, menší rozměry, nemožnost odposlechu vedení a další.

Vzhledem k tomu, že výstavba optických sítí je značně nákladná, je potřeba dobře zvažovat a plánovat všechny aspekty při výstavbě. Existuje řada možností architektur sítí (GPON, EPON, AON,...) a variant topologií podle ukončení (FTTB, FTTH,...), jak lze napojení na optická vlákna realizovat. Je nutné pro daný projekt vybrat tu nejvhodnější variantu – pro připojení sídliště bude potřeba zřejmě zvolit jinou architekturu než pro připojení jednoho domu. Důležitou součástí návrhu musí být i analýza nákladů jednotlivých variant topologií a architektur, protože cenové rozdíly na výstavbu při nevhodné volbě mohou být až několikanásobně vyšší.

1. Přístupové sítě

Samotná telekomunikační síť je tvořena souborem technických prostředků sloužících ke komunikaci mezi dvěma zařízeními. Tato komunikace je rozdělena na vysílání, přenos, přeměnu, příjem a zpracování přijatého signálu. Telekomunikační sítě jsou dělené na několik částí, a to hlavně z důvodu různorodého geografického rozložení připojených uživatelů sítě.

Dnes se je již běžnou praxí, překryv různých částí sítě z důvodu technologického pokroku převážně v optice a zpracování optického signálu.

Pod pojmem přístupová síť je míněna část sítě, která se nachází mezi zákazníkem a přístupovým bodem poskytovatele telekomunikačních služeb. Označuje se také anglickým termínem „last mile,” který se překládá jako poslední míle.

1.1 Přístupové sítě nové generace

Jedná se o technologii a soubor principů, které umožňují značné navýšení přenosových rychlostí na fyzické vrstvě a dále i na vrstvách vyšších pro všechny zákazníky, kteří tuto síť používají s využitím páteřní optické sítě.

Vláda České Republiky dne 20. března 2013 svým usnesením č. 203 schválila materiál aktualizované Státní politiky v elektronických komunikacích – Digitální Česko v. 2.0, Cesta k digitální ekonomice. Evropská unie definovala tento koncept již v roce 2010 a dále aktualizovala v roce 2013, kdy rovněž schválila financování na období 2014 až 2020. Ovšem základ tohoto rozvoje byl již položen v roce 2005 v Lisabonské strategii v jedné z podmínek hospodářského rozvoje Evropské unie. Tento koncept tvoří tři základní pilíře tj., podpora budování infrastruktury pro elektronickou komunikaci, rozvoj digitálních služeb a v neposlední řadě také zvyšování digitální gramotnosti v široké veřejnosti.

Vláda tento koncept přijala z důvodu rozvoje digitální ekonomiky a také držení kroku v oblasti ICT technologií spolu s Evropskou unií. Koncept byl nazván jako Národní plán rozvoje sítí nové generace (NPRSNG) a byl schválen 9/2016 jako klíčový dokument navazující na Digitální Česko v 2.0. [13] V oblasti přístupových sítí tento plán počítá dosažení přenosové rychlosti na fyzické vrstvě alespoň 30 Mbit/s pro 100 % přípojek a 100 Mbit/s pro alespoň 50 % přípojek, tento cíl má být dosažen do roku 2020. Dále nesmí deklarovaná rychlost v žádném časovém období klesnout na méně než 8 Mbit/s u přípojek 30Mbit/s a 16 Mbit/s u přípojky 100 Mbit/s. Je zde ovšem jedna výjimka a to, že tento pokles nebude delší než 1 % časového úseku, během kterého dochází ke kontinuálnímu přenosu dat. [10]

Proto poslanecká sněmovna schválila dne 7.4.2017 návrh zákona týkající se snížení nákladů na výstavbu sítí elektronické komunikace. Tento návrh zákona je přizpůsobená směrnice EU do podmínek České republiky. [12]

Cílem tohoto zákona je převážně snížení nákladů na výstavbu, ale také zvýšení efektivity při plánování a výstavbě nových kabelových rozvodů, a to díky využití stávající infrastruktury. Tento zákon byl přijat také s ohledem na zachování principů hospodářské soutěže, který je

stěžejním prvkem nově vznikajících NGA sítí. Vyváženost konkurentů na trhu je hojně podporována z obavy vzniku vlády monopolního subjektu jako již na našem trhu v minulosti měla společnost SPT Telecom.

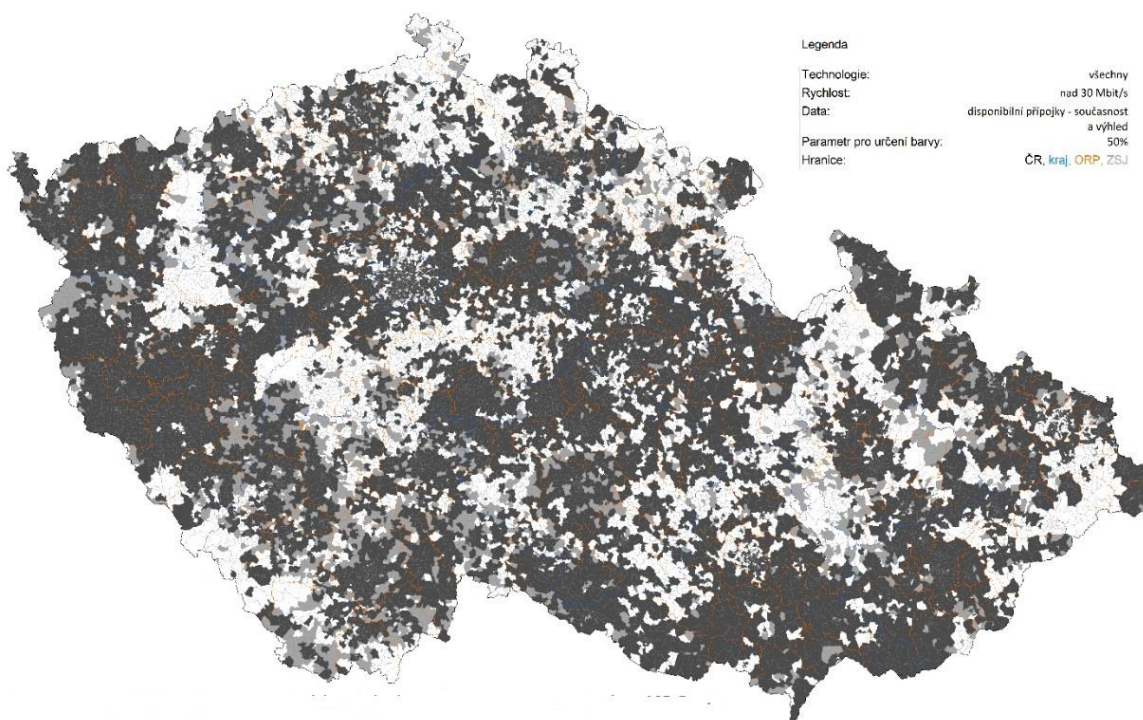
Ze zákona také vyplývá, že příslušným orgánem, který bude mít na starosti řešení případných sporů je Český telekomunikační úřad.

1.2 Dotační podpora

Národní plán rozvoje sítí nové generace (NPRSN), na jehož základě se provádí výzvy pro podporu z veřejných prostředků. Počítá s pokrytím bílých míst na mapě. Bílým místem je myšlena oblast, kde je méně než 40 % adresních míst obytných budov pokryto NGA přípojkou a také méně než 50 % obytných budov které jsou pokryté NGA přípojkou pouze od jednoho poskytovatele. [22]

V rámci tohoto plánu chce stát podpořit pomocí cílených investic z veřejného rozpočtu rozvoj přístupových sítí. Tyto investice mají však směřovat pouze do lokalit ve kterých, selhávají tržní mechanismy, ale zároveň tak, aby nedošlo k vytěsnění soukromých investic jak již uskutečněných, tak plánovaných.

Důležitým aspektem Národního plánu je tudíž i tzv. mapa pokrytí infrastruktury, ze které vyplývá, v jakých lokalitách neexistují přístupové sítě nové generace a ani se zde na základě tržních mechanismů nehodlají budovat. Tyto lokality, tzv. bílá místa, pak mohou být předmětem podpory z veřejných prostředků podle specifického cíle OPPIK [22]



Obrázek 1 – Mapa pokrytí [22]

Na obrázku je zobrazena mapa pokrytí území ČR sítěmi, elektronických komunikací pro služby přístupu k internetu ke dni 25.května2016 (současnost s plánem operátorů na 3leté období).

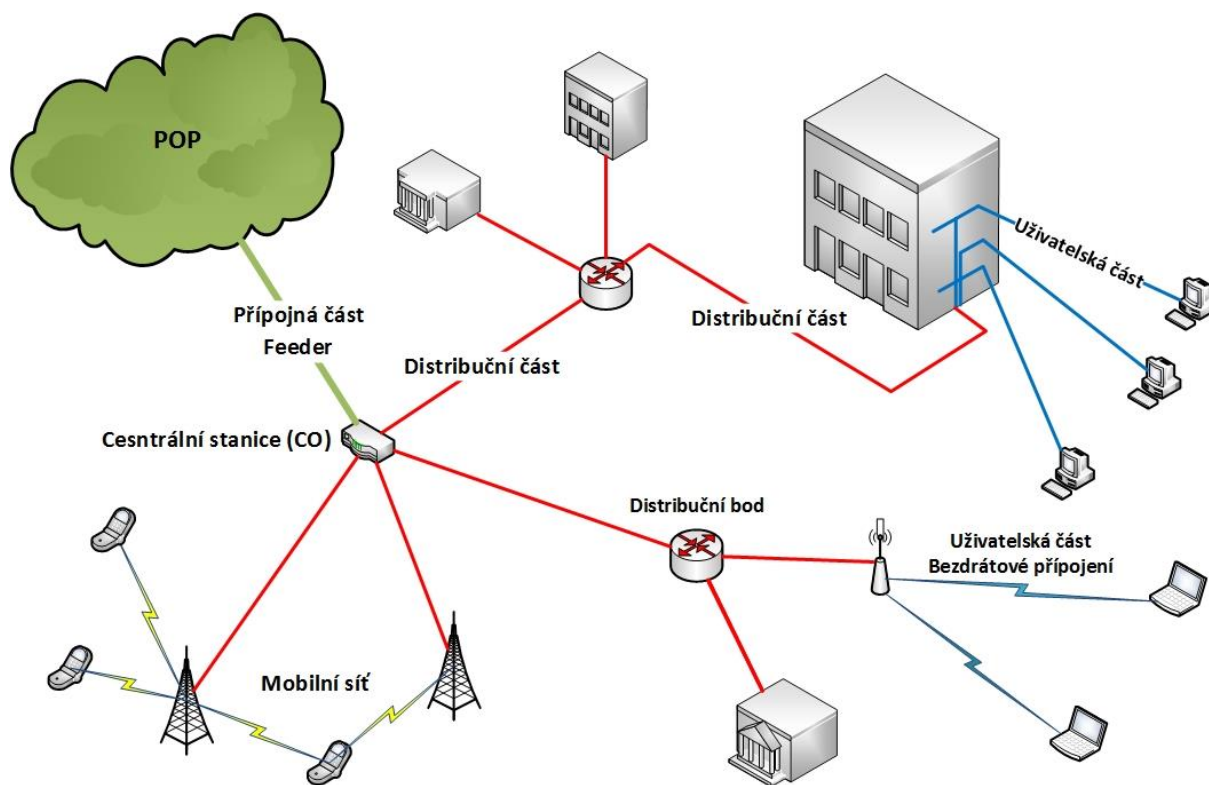
V současnosti existuje v ČR 4,4 mil domácností, 3,5 mil přípojek k internetu (domácností + firmy). Celé území je rozděleno na cca 22 tis ZSJ (Základních sídelních jednotek, dle katastrů obcí, map) z toho je cca 40 % bílých míst na mapě, jedná se zhruba o 150 000 přípojek. V rámci tohoto projektu stát hodlá investovat 14mld Kč. To znamená, že na jednu NGA přípojku je vyčleněno až 93 000 Kč. Nutno podotknout, že v rámci dotačního programu musí být uděláno výběrové řízení na dodavatele jednotlivých komponent pro stavbu.

1.2 Sdílení technologie

V rámci dotačního programu je povinnost pro každého žadatele dotační podpory poskytnout kapacitu vybudované přístupové sítě minimálně třem dalším poskytovatelům telekomunikačních služeb. Pro sdílení přenosové sítě existuje několik možností, nejčastěji se však provádí na fyzické vrstvě. Je zde několik variant, jak sdílet přenosovou cestu. [2]

- 1) Sdílení kabelovodu – pronájem chráničky nebo trubičky
- 2) Sdílení kapacity optického kabelu – pronájem nenasvícených vláken
- 3) Sdílení kapacity optického vlákna – pronájem vlnové délky/pásma
- 4) Ostatní je technicky komplikované, nesmyslné nebo překonané, bezpředmětné je například:
 - Sdílení kapacity metalického kabelu krouceného páru, nebo koaxiálního kabelu
 - Sdílení vzduchu laserem nebo bezdrátovou technologií

2. Struktura přístupové sítě



Obrázek 2 – Schéma přístupové sítě

Typická přístupová síť je rozdělena na tři části – přípojná (feeder), distribuční a účastnická (uživatelská). Každá z těchto částí má svou funkci a své požadavky na dimenzování, technické parametry a předávací rozhraní. Jasně definované předávací rozhraní každé části sítě je velice důležité při případných poruchách sítě, při hierarchickém rozdělení, kdy je možné snadněji odhalit poruchy v síti. Dále je vymezení důležité k vytyčení demarkačních bodů, které jednoznačně určí majitele sítě v daném místě. Jestliže se vyskytne porucha na úseku trasy, není poté problém určit, kdo za poruchu odpovídá a kdo opravu zajistí. [2]

2.1 Přípojná část (Feeder)

Přípojná část přístupové sítě propojuje centrální stanici s přístupovým bodem poskytovatele konektivity. Někdy je také označována jako backhaul přístupové sítě. Většinou je tvořena optickými kabely, a to i v případě modernizace stávajících metalických či koaxiálních sítí. Typicky se jedná o nejdelší úseky přístupové sítě.

Přípojná část přístupové sítě typicky obsahuje výrazně nižší (agregovaný) počet optických vláken v poměru k počtu připojovaných domácností v závislosti na očekávané penetraci služeb jednotlivých operátorů, zejména při používání technologií s pasivními optickými rozbočovači

(splittery), jako jsou PON technologie (GPON, EPON). Z důvodů ušetření alespoň části nákladu na pokládku kabelu se dnes využívá synergie s dalšími přenosovými médii, která zde již dříve existovala.

Z důvodu zálohy připojení je výhodné připojovat centrální stanice do kruhové topologie. Pokud dojde přerušení vlákna na jedné straně kruhu, dojde k přepojení provozu přes neporušenou část kruhu. Tento typ zálohy je ovšem náročnější na provedení a finanční rozpočet projektu, proto se využije jen tam, kde je to opravdu nutné, což je většinou v místě s větší koncentrací zákazníků. [2]

2.2 Distribuční část sítě

Distribuční část sítě ODN (Optical Distribution Network) propojuje uživatelskou část sítě a centrální stanici. Hlavní požadavkem kladeným na distribuční síť je, aby každý koncový bod sítě, kterým je typicky domácnost, byl připojen alespoň jedním optickým kabelem. Minimálně jedním, protože je zde předpoklad pro další rozvoj oblasti, popřípadě příchodu dalšího poskytovatele telekomunikačních služeb. Stejná podmínka platí nejen pro domácnosti, ale i pro průmyslové objekty, kde je zpravidla každá zásuvka v objektu připojena jedním optickým kabelem.

Optické přípojky se klasifikují podle vyústění konce optického vlákna. Obecně pak hovoří o variantách FTTx, kde za „X“ jsou dosazeny tyto varianty:

H – Home (byt, uživatel)

O – Office (školy, nemocnice a úřady)

P – Premises (prostory umožňující souhrn variant H a O)

B – Building (budova)

C – Curb (sídlíště)

N – Node (uzel, obecné ukončení)

Ex – Exchange (ústředna)

Přípojky jsou rozděleny na plně optické (FTTH a FTTO), hybridní opticko-metalické (FTTB, FTTC a FTTN) a opticko-rádiové (FTTA). FTTx označení neudává způsob provedené realizace ani konkrétní typ optické či metalické sítě. Cíl všech optických přípojek FTTx je stejný, a to zajištění dostatečné přenosové rychlosti pro koncové body sítě, přístup k vysoko rychlostním datovým přenosům a hlasovým službám co možná v nejkratším čase.

Pro kombinaci multimediálních, hlasových a datových služeb pomocí jednoho vlákna byl zaveden termín Triple Play. U moderních přípojek FTTx bude reálné připojení každého koncového uživatele k celkové nabídce na samostatném optickém vlákně. [1]

2.2.1 FTTH

Je optická přípojka, kde je optické vlákno přístupové sítě dovedeno až k uživateli do daného objektu (byt, dům, rezidence atd.). Daná síť může být vystavěna buď jako aktivní (potřeba napájení optických prvků) či pasivní (bez napájení). Jedná se o optickou síť, která zprostředkovává největší přenosovou kapacitu a má největší potenciál do budoucna ovšem výstavba této optické přípojky je cenově velmi náročná z důvodu vyšší pořizovací ceny optických prvků, která se dnes již ale snižuje. Největší finanční položkou této přípojky (ovšem i u jakékoli jiné přípojky) je vysoká cena výkopových prací. Optické sítě s FTTH přípojkou jsou převážně využívány pro rezidenční objekty (sídlíště, bytovky) kvůli větší koncentraci zákazníků na menší ploše.

2.2.2 FTTO

U FTTO optické přípojky jsou její parametry velmi podobné přípojce FTTH. Avšak s tím rozdílem, že přípojky FTTO jsou používány pro přivedení optického vlákna přístupové sítě převážně do kanceláří, škol, nemocnic, datových center, průmyslových prostor atd. Na tyto přípojky jsou kladeny mnohem větší nároky a požadavky, zejména na jejich spolehlivost. Důvodem je potřeba velkého toku dat a využití pro připojení kritické infrastruktury.

2.2.3 FTTP

Je typ optické přípojky, která principiálně obsahuje oba předchozí typy, konkrétně FTTO a FTTH.

2.2.4 FTTB

FTTB je přípojka, umožňující větší kombinaci optických a metalických sítí. Používá se zejména pro připojení velkých objektů jako jsou např. hotely či panelové domy. Funkčně se to provádí tak, že do suterénu domu jsou přivedena optická vlákna, která jsou zakončena v datovém rozvaděči. Z rozvaděče je následně rozvedena datová síť do konkrétních bytů pomocí metalických kabelů. Nejčastěji se používají UTP či STP kabely, ovšem není problém využít stávající vedení fixních telefonních služeb nebo rozvodů kabelové televize. Nespornou výhodou této sítě je finanční úspora a jednoduchost, a to hlavně díky optickým kabelům a možnosti použít původní metalické kabeláže, která je již na takto krátkou vzdálenost jako například po bytovém domě naprosto dostatečná na poskytnutí rychlostí, které splní požadavky Národního plánu rozvoje sítí nové generace.

2.2.5 FTTC

Je optická přípojka, kde je zakončení optické sítě vzdálené od uživatelů v rozmezí stovek metrů. Rozdíl vůči FTTB je, že se koncoví uživatelé připojují pomocí digitální přípojky typu xDSL. Ve společném rozvaděči je k optické jednotce připojen digitální multiplexor a jsou využity místní metalické datové rozvody pro připojení konečných uživatelů. Tento způsob s sebou nese velice výrazné úspory při budování optické sítě.

2.2.6 FTTN

Přípojka je ještě více vzdálena od koncového uživatele. Rozdíl mezi variantami FTTC a FTTN se pohybuje kolem 300 metrů mezi zakončením optické sítě a danými koncovými uživateli. Využívá se venkovní instalace optické jednotky a xDSL jednotky, bohužel však dochází k dalšímu snížení přenosové rychlosti, a to hlavně kvůli přeslechům.

2.2.7 FTTE_x

Varianta FTTE_x přípojky neobsahuje optickou přípojku, protože konečný uživatel je k místní ústředně s multiplexorem připojen pouze metalickým vedením a pouze daný multiplexor je připojen k páteřní telekomunikační síti pomocí optické sítě

2.3 Uživatelská část sítě

Označována také jako U-AN Je úsek přístupové sítě, který je oddělen od distribuční sítě jednoznačně definovaným předávacím bodem (demarkačním) z důvodu majetkových, provozních a servisních. Tato část sítě může buď být v majetku majitele v případě rodinného domu nebo v majetku poskytovatele připojení ve většinou v případě větší bytové zástavby. Pokud jsou vnitřní rozvody v majetku majitele tak si i on sám zároveň za tuto část sítě sám zodpovídá. Jedná se také o jeden z bodů povinné občanské vybavenosti stejně jako voda, plyn a el. energie.

2.4 Předávací rozhraní v centrální stanici

Předávací rozhraní v centrální stanici, nebo také v central office (CO) slouží k propojení přístupové a páteřní sítě velkoobchodního poskytovatele konektivity. Vytváří tedy pomyslný demarkační bod na hranici přístupové sítě. Jedná se o nejdražší místo, co se technologie týče. Je zde instalována aktivní technologie všech poskytovatelů, kteří v přístupové síti mají své vlastní zákazníky.

Zpravidla toto místo spravuje jediný subjekt, který zároveň vlastní celou infrastrukturu sítě a ostatní provozovatelé zde za úplaty instalují svoji technologii. Zároveň zde má umístěné své aktivní zařízení i poskytovatel konektivity.

Předávací zařízení tvoří ODF rozvaděč, kde je demarkační bod realizován pomocí SC/APC konektoru. Centrální stanice může být také použita jako distribuční bod pro nejbližší přilehlé objekty.

2.5 Předávací rozhraní v distribučním bodě

Distribuční bod DP (Distribution Point) umožňuje ukončení optického kabelu několika nezávislých telekomunikačních poskytovatelů, a to fyzicky na konektorech SC/APC ukončit optické vlákno. To znamená, že existují dvě možnosti, jak tento bod zafinancovat.

- 1) Předávací rozhraní bude v majetku jednoho telekomunikačního poskytovatele a bude pronajímat porty případnému dalšímu zájemci o kapacitu.
- 2) Předávací rozhraní bude vystavěno ve spolupráci více telekomunikačních poskytovatelů a smluvně ošetřeno jaké má konkrétní poskytovatel práva a povinnosti v tomto předávacím rozhraní

Mechanické uspořádání optických rozbočovačů je přesně definováno včetně maximálních vnějších rozměrů a definovaných bodů uchycení a mechanické konstrukce. Za účelem minimalizace obsazeného prostoru.

Přivedené optické vlákno zde poskytovatelé rozbočují na jednotlivá vlákna, která jsou vedena k uživatelským sítím. [2]

2.6 Předávací rozhraní v zákaznickém objektu

Jako předávací bod mezi poskytovatelem a koncovým zákazníkem slouží účastnická zásuvka v zákaznickém objektu, případně ve společných prostorách objektů. Zde jsou instalovány zásuvky s optickým konektorem SC/APC zejména z důvodů jeho mechanických parametrů.

Je samozřejmě možné ukončit optické vedení přímo v konektorové pozici aktivního zařízení, čímž se snižují náklady na zřízení přípojky u zákazníka, ale tento model není vhodný pro případ sdílených sítí, kde musí existovat jednoznačně definovaný rozpojitelný bod pro potřeby měření, identifikace závady a stanovení zodpovědnosti za závadu. Jedno z možných řešení umístění optické zásuvky je do vstupní haly (předsíně) ihned za průraz zdí se společnými prostorami objektu (například pod stropem). Vnitřní vedení mezi aktivním zařízením a optickou zásuvkou se pak realizuje optickým patchcordem v mechanicky odolném provedení. V případě instalace zásuvky ve společných prostorách se používají zásuvky s mechanickým krytem, který kompletně zakrývá konektorové spojení.

3. Aktivní a pasivní optické sítě

3.1 Aktivní optická síť

Aktivní optická síť AON (Aktive Optical Network) je první ze dvou technologií využívaných v přístupové síti. Tato technologie, může být používána v sítích vystavených na topologii P2P (Point to Point), ale zároveň i na topologii P2MP (Point to Multipoint), kde je použit aktivní přepínací prvek. AON na své trase mezi OLT a ONT/ONU nemá žádný pasivní prvek kromě optického vlákna, proto je nutné při návrhu této sítě zohlednit v plánování infrastruktury podpůrné napájecí sítě pro jednotlivá zařízení, díky nimž výrazně stoupá cena a složitost při budování tohoto typu sítě. V architektuře AON je každému koncovému uživateli vyhrazeno vlastní optické vlákno (případně dvojitá vlákna) mezi OLT a ONT/ONU u P2P, resp. vlastní optické vlákno mezi přepínačem a ONT/ONU u P2MP. Ve variantě P2P není kapacita přenosového pásma s nikým sdílena (P2P), a proto zde nedochází k agregaci poskytované konektivity je tedy možné zákazníkovi individuálně nastavit přenosovou rychlost. Tento kanál je plně symetrický pro downstream a upstream, na rozdíl od pasivních sítí PON mohou překlenout vzdálenost mezi CO a koncovým klientem až 80 km, přičemž při větším počtu klientů se provádí segmentace území (např. při 1000 klientech), kdy se vytvoří, k CO ještě „pobočková kancelář“ – rozvaděče, kde se umístí aktivní prvky. Nevýhodou AON, je potřeba napájení prvků a v případě P2P vedení optického vlákna pro každého koncového zákazníka. Z pohledu bezpečnosti je ale potřeba říci, že v tomto provedení je bezpečnost na vyšší úrovni než v pasivní optické síti. Nedochází zde totiž k odrazům na rozbočovačích, které by bylo možné odposlechnout. [1]

3.1.1 Ethernet in the First Mile

První aktivní optická síť realizovaná na nativní podpoře ethernetu. Je využíván jak ve spojení P2P, tak i v sítích P2MP, kde je použit aktivní optický přepínací prvek switch. Ethernet in the First Mile byl specifikován standardem IEEE 802.3ah v roce 2004. Organizace IEEE měla v úmyslu zajistit, aby se Ethernet dostal až ke koncovým uživatelům a tím usnadnil implementaci do lokálních sítí LAN. Ethernet podporuje symetrickou rychlost 100 Mbit/s nebo 1000 Mbit/s.

3.1.2 10G Ethernet

Tento standard IEEE 802.3ae byl specifikován v roce 2002. Poskytuje symetrickou rychlost připojení 10 Gb/s, přičemž downstream a upstream kanály jsou vedeny na separátních optických vláknech. Existuje několik specifikací fyzické vrstvy, přičemž pro přístupovou síť FTTH je vhodný 10GBASE-L, který na jednovláknovém vlákne nabízí dosah 10 km nebo dodatečně vytvořený 10GBASE-ZR, který na jednovláknovém vlákne nabízí dosah sítě 80 km.

3.1.3 100G Ethernet

Tento standard IEEE 802.3ae byl specifikován v roce 2010. Poskytuje symetrickou rychlost připojení 40 Gb/s nebo 100 Gb/s. Této rychlosti dosahuje hrubým dělením vlnových délek CWDM (Coarse WDM) nebo hustým dělení vlnových délek DWDM (Dense WDM), kdy existuje pro každý směr přenosu několik virtuálních kanálů. Tento standart však není zatím v přístupových sítích FTTH používán, neboť by jeho rychlost byla prozatím pro koncové

uživatelé nevyužitelná. Může být použit pro připojení velkých institucí (např. univerzity) či CO do metropolitních a páteřních sítí

3.3 Pasivní optická síť

Pasivní optická síť PON (Passive Optic Network) - v současné době se jedná o nejrozšířenější technologii v oblasti přístupových sítí. Technologie pracuje v topologii P2MP, kdy je více koncových jednotek propojeno se systémem časového dělení TDM (Time Division Multiplex), proto je vždy přenosová cesta sdílena s ostatními aktivními uživateli sítě. Každá ONT/ONU jednotka využívá pro komunikaci s OLT (Optical Line Terminal) jeden časový kanál, proto musí OLT řídit komunikaci tak, aby nedocházelo ke kolizím dat. Distribuční část v pasivních optických sítích se skládá z čistě pasivních prvků dochází tedy k výraznému snížení nákladů na provoz sítě a zároveň ke zjednodušení celého konceptu. Jako nevýhodu lze uvést nemožnost regenerace optického signálu. Je tedy nutné dimenzovat celou síť tak, aby byl garantován přesný útlum po celé přenosové cestě proto, aby u koncového zákazníka byla požadovaná úroveň signálu.

V budoucím rozvoji pasivních optických sítí se počítá s využitím WDM (Wavelength-Division Multiplexing) která multiplexuje více signálů do jednoho optického vlákna pomocí rozdílných vlnových délek. Další možností budoucího rozvoje je kombinací obou technologií WDM-TDM.

Na vývoji PON sítí pracují dvě pracovní skupiny, které vyvíjí nejnovější standardy, a to ITU a IEEE ovšem jejich dvě větve vývoje standardů nezaručují vzájemnou kompatibilitu. Mezi používané standardy patří především tyto. [1]

3.3.1 APON

Jedná se o nejstarší PON standard vyvinutou v roce 1998 jako specifikace G 983.1, dnes se již v praxi nepoužívá. Tento standard je realizován na TDM a využívá asynchronní ATM protokol, proto také označován jako APOM. K přenosu dat využívá ATM buňky a je zde také zakomponováno řízení kvality služeb QoS (Quality of Service) bez kterého se v PON sítích využívající časové dělení multiplexu nedá obejít. APOM standard podporuje až 32 účastníků připojených k OLT. Je zde podpora režimu symetrického kanálu pro downstream a upstream s rychlostí 155,52Mb nebo pro asymetrický kanál s rychlostí 622,28Mb pro downstream a 152,52 pro upstream. Kvůli poskytování služeb Triple Play a zejména překryvného televizního signálu byl vytvořen nástupnický standard BPON.

3.3.2 BPON

Standard BPON (Broadband PON) vznikl v roce 2001 jako rozšíření stávajícího APON. Standard je obohacen o CATV překryvané vysílání pomocí ATM buněk na vlnové délce 1550nm s navýšenou rychlostí upstream na 622,08Mb/s. Zvlášť jsou zde přenášena data a hlas, a to na vlnové délce 1480-1500 nm pro downstream a 1260-1360 nm pro upstream. Maximální počet účastníků připojených k jedné OLT jednotce zůstává na čísle 32. Další úprava BPON standardu byla provedena v roce 2003, kdy došlo k navýšení downstreamu na

1244,16Mb/s. Poslední úprava pak proběhla v roce 2005, kdy došlo k vytvoření samostatného doporučení, které specifikuje pouze BPON specifikace.

3.3.3 GPON

Tento standard GPON (Gigabit POT) vznikl pracovní skupinou ITU-T jako reakce na zvyšující se datový přenos a nedostatečné rychlosti BPON. Využívá pro přenos dat metodu GEM rámců (GPON Encapsulation Method), ale zároveň je zde stále podpora ATM buněk i když jejich využití je pouze u některých služebních zpráv, proto je zároveň zachována zpětná kompatibilita se standardy APON a BPON. GPON vznikl v roce 2003 jako specifikace G.984.1. Oproti starším metodám je zde nová vlastnost, a to je záloha datového toku v případě poruchy. Je zde možnost zdvojit optické vlákno nebo každé zařízení v síti a v případě výpadku je síť schopná přejít na záložní okruh. Toto je možné díky přenesení vlastností z SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Došlo ke změně přístupu ke společnému médiu pomocí upstreamového kanálu, a to tak, aby se nevyskytovaly situace, že by více koncových uživatelů začalo vysílat současně. První možností je, že ONU/ONT informuje OLT o požadavku o přidělení kapacity pro přenos dat. Druhá možnost je, že OLT sama automaticky přiděluje kapacitu pro přenos jednotkám ONT/ONU, kde jsou GEM rámce i ATM buňky nebo jejich části rozdělené do bloku o striktně dané délce 125 μm . Toto značí, že se síť začíná pomalu přibližovat k paketově orientovaným přenosům sítí jako je např. Ethernet, nebo IP protokolu, což je výhodnější pro většinu služeb. Je několik variant rychlostí s kombinací asymetrického a symetrického kanálu, kde nejrychlejší varianta poskytuje sdílenou kapacitu koncovým uživatelům pro downstream a upstream s rychlostí až 2,5 Gb/s. Zároveň se zvýšil maximální počet uživatelů na číslo 128. Pro GPON jsou v rámci doporučení definované parametry na fyzické vrstvě, které se dělí do jednotlivých kategorií A, B, C. definované pro maximální dosah 20 km. Dále jsou definované třídy B+ a C+ pro tzv. GPON sítě s prodlouženým dosahem až 60 km.

Třída A – je určena pro krátké vzdálenosti s malým vložným útlumem (5-20 dB). Tato síť je využívána jen okrajově pro malé počty účastníků s krátkým dosahem již není perspektivní.

Třída B – je určena pro střední vzdálenosti se středním vložným útlumem (10-25 dB). Tato třída nabízí vyvážený poměr vložného útlumu mezi třídou A a C i počáteční náklady na její výstavbu jsou přijatelné. Problém nastává v případě užití rozbočovačů 1:32 a 1:64, kdy jejich vložný útlum (16 dB a 19 dB) nenechává velký prostor ostatním prvkům sítě, ale nezasahuje do třídy C velkým útlumem, proto byla třída B rozšířena na třídu B+ (13-28dB).

Třída C – je určena pro dlouhé vzdálenosti s velkým vložným útlumem (15-30 dB) Tato třída našla uplatnění pouze pro síť s překročením maximálního překlenutelného útlumu ve třídě B.

Směr sestupný 1244,16 Mbit/s						
	Jednovláknová varianta			Dvouvláknová varianta		
Pásmo vlnových délek [nm]	1480-1500			1260-1360		
BER	$< 10^{-10}$			$< 10^{-10}$		
útlumová třída	A	B	C	A	B	C
minimalní vysílaný výkon [dBm]	-4	1	5	-4	1	5
maximalní vysílaný výkon [dBm]	1	6	9	1	6	9
minimální přijatý výkon [dBm]	-25	-25	-26	-25	-25	-25
maximalní přijatý výkon [dBm]	-4	-4	-4	-4	-4	-4

Tabulka 1- charakteristika fyz. vrstvy pro sestupný směr 1244,12Mbit/s

Směr sestupný 2488,32 Mbit/s						
	Jednovláknová varianta			Dvouvláknová varianta		
Pásmo vlnových délek [nm]	1480-1500			1260-1360		
BER	$< 10^{-10}$			$< 10^{-10}$		
útlumová třída	A	B	C	A	B	C
minimalní vysílaný výkon [dBm]	0	5	3	0	5	3
maximalní vysílaný výkon [dBm]	4	9	9	1	6	9
minimální přijatý výkon [dBm]	-21	-21	-28	-21	-21	-28
maximalní přijatý výkon [dBm]	-1	-1	-8	-1	-1	-8

Tabulka 2- charakteristika fyz. vrstvy pro sestupný směr 2488,32 Mbit/s

Směr vzestupný 1244,66 Mbit/s						
	Jednovláknová varianta			Dvouvláknová varianta		
Pásmo vlnových délek [nm]	1260-1360			1260-1360		
BER	$< 10^{-10}$			$< 10^{-10}$		
útlumová třída	A	B	C	A	B	C
minimalní vysílaný výkon [dBm]	-2	-2	2	-2	-2	2
maximalní vysílaný výkon [dBm]	3	3	7	3	3	7
minimální přijatý výkon [dBm]	-23	-28	-29	-23	-28	-29
maximalní přijatý výkon [dBm]	-3	-13	-14	-8	-13	-14

Tabulka 3 - charakteristika fyz. vrstvy pro směr vzestupný 1244,12Mbit/s

Jednotlivé varianty se v zásadě liší jen v hodnotách optických výkonů na přijímací i vysílací straně. Další informace je možné dohledat v literatuře [1], kde jsou mimo jiné shrnuty konkrétní parametry útlumových tříd B+ a C+.

3.3.4 EPON

Jedná se o první standard pro PON síť, který byl vyvinul v institutu IEEE a který využívá k přenosu protokol Ethernet. Do této chvíle se Ethernet provozoval pouze v lokálních sítích LAN (Local Area Network), ale od této chvíle se začal používat i v optické přístupové síti, proto byl takto někdy označován jako EFMF (Ethernet In First Mile Fibre). V EPON sítích jsou data členěna do rámců s přesně předepsanou délkou 2ms, při symetrickém kanále pro downstream při vlnové délce 1490nm a upstream při vlnové délce 1310nm rychlost 1 Gb/s. Ve standardu

IEEE802.3ah existuje ve dvou variantách označených jako 1000BASE-PX-10 a 1000BASE-20PX kdy čísla 10 a 20 označují maximální překlenutelnou délku mezi OLT a ONT/ONU v kilometrech. Dalšími rozdíly mezi těmito variantami je rozbočovací poměr, minimální a maximální rozsah útlumu.

3.3.5 10GEPON

Jedná se o další vývoj standardu EPON, který využívá pro přenos Ethernet daný standardem IEEE 802.3av. Základní myšlenkou je zvýšení přenosových rychlostí a zpětná kompatibilita se starším EPON standardem. Současné fungování EPON a 10GEPON je možné díky použití různých vlnových délek pro obě varianty. 10GEPON pracuje na vlnových délkách 1575nm-1580nm pro downstream a 1260nm-1280nm pro upstream. Vlnové délky pro gigabitový Ethernet vycházejí ze sítě EPON. Jsou dvě možné varianty, a to o rychlostech 10 Gb/s pro downstream a 1 Gb/s pro upstream pro asymetrický kanál a pro symetrický s rychlostí 10 Gb/s. Pro překrývající se vysílání CATV je k dispozici vlnová délka 1550-1560 nm. Síť 10G-EPON a EPON jsou jedny z těch nejvíce rozšířených, pokrývají 60-70 % všech sítí hlavně FTTH. [1]

3.3.6 XG-PON

Je označován standard z doporučení ITU-T G.987, který navyšuje podobně rychlost jako 10GEPON od IEEE. Zachovává také částečně zpětnou kompatibilitu s GPON, ale je zde nutné vyměnit ONT/ONU jednotku. Je zde možný stejný počet koncových uživatelů jako u GPON a to 128. V sítích XG-PON může být použito jak symetrický, tak asymetrický provoz rychlostí. Symetrická varianta podporuje 10Gb/s v obou směrech, asymetrická pro downstream 10Gb/s a pro upstream 2,5Gb/s. [1]

3.3.7 NG-PON2

(Next Generation PON) standard (ITU-T G.989) je nejnovější standard, uznaný v roce 2015. Jedná se o další generaci optických sítí. Dochází k opětovnému navýšení rychlosti. Symetrická varianta nabízí 40 Gb/s v obou směrech a asymetrická varianta nabízí pro downstream 10 Gb/s a 2,5 Gb/s pro upstream.

3.4 Prvky pasivní optické sítě

3.4.1 Optické linkové zakončení

Optické linkové zakončení (Optical Line Termination – OLT), tato jednotka vytváří pomyslnou bránu mezi přístupovou a páteří sítí. Hlavní funkcí této jednotky je řízení, správa a dohled všech koncových bodů přístupové sítě. Její další důležitá funkce je převádění mezi různými protokoly na straně přístupové a páteří sítě. [1]

3.4.2 ONT/ONU

Jednotka, která je zapojena hned za síťovou zásuvkou a tvoří bránu mezi distribuční částí sítě. Pro tuto jednotku se také používá anglický termín Home Gateway. Distribuční část sítě končí

na této jednotce převážně v portu SC/APC a dále pokračuje uživatelská část která je již může být vedena metalickým vedením nebo bezdrátovou technologií dnes nejběžnější standard IEEE 802.11. Na obou ONT a ONU je ukončeno optické vedení, jediný rozdíl mezi nimi je v tom, jestli za touto jednotkou ihned navazuje uživatelská část sítě či nikoli. V případě je ONU jednotky je dále připojeno metalické vedení, které je vedeno do NT (Network Termination) zakončení a poté až do uživatelské části sítě, typicky se využívá technologie xDSL. Dnes však výrobci nedělají mezi těmito dvěma jednotkami rozdíl k obojímu způsobu použití slouží jedna jednotka.

4.6.3 Optický rozbočovač

Tento prvek slouží k rozbočení datových toků od OLT až k ONT jednotkám u koncových uživatelů a v opačném směru ke sloučení datových toků od koncových jednotek do OLT. Rozbočovač je složen z tzv. Y-článků které v kaskádě poskytují k jednomu vstupu dva výstupy, z toho vyplývá že počet výstupů rozbočovačů bude vždy mocnina dvou.

Pasivní rozbočovače jsou děleny na dva druhy 1) fúzní rozbočovače FBT (Fused Biconic Taper) 2) planární PLC (Planar Light Circuit) [1]

Fúzní rozbočovače jsou v historickém hledisku starší verzí těchto prvků. Výroba spočívá v očištění dvou optických vláken od jejich ochranných vrstev a v podélném svaření těchto vláken při vysoké teplotě. Pokud jsou takto vlákna svařena část optického svazku, která je vázaná v jednom vlákně se přelege do druhého, poměr, ve kterém se přelege je závislí na délce svaru vláken. Poté je možné odstranit jeden výstup optického vlákna tak aby zůstal pouze jeden vstup a dva výstupy. Výroba těchto rozbočovačů je velice závislá na přesnosti a není možné tento proces provádět do nekonečna z důvodů přeslechů mezi vlákny. Dokončený rozbočovač se v posledním kroku zataví do odolného pouzdra.

Planární rozbočovače se vyrábějí z křemenného skla, do kterého je pomocí litografických metod vytvořena maska požadované struktury. Jádro rozbočovače je vytvořeno tak že se sklo ponoří do lázně (s obsahem stříbra a sodíku) a působením teplotních gradientů se díky difúzi molekul stříbra a sodíku vytvoří jádro vlnovodu. Optická vlákna se zakládají do skleněných destiček také z křemenného skla a tyto destičky se poté přesně spojí s vytvořeným jádrem načež se celý struktura zataví do odolného pouzdra.

4. Prvky a realizace přístupových sítí

4.1 Optická vlákna

Základem síťové struktury je optický kabel, který je složen z jednotlivých optických vláken. V přístupové síti se výhradně využívá jednovidové SMF (Single Mode Fiber) vlákno. Pro NGA síť je možné použít standardizovaná vlákna, která splňují minimální technické požadavky. První z nich je vlákno z doporučení **ITU-T G.652D**. Jedná se o standardní Single Mode vlákno určené pro 10 Gb a 40 Gb systému. [14]

ITU - T G.652D	1310 nm	1550 nm
průměr vidového pole	9,2 μm	10,4 μm
chromatická disperze	3,5 ps/(nm.km)	18 ps/(nm.km)
Útlum	0,36 dB/km	0,21 dB/km
průměr obalu	125 μm	

Tabulka 4 – Parametry optického vlákna ITU-T G.652D

Druhé z nich je vlákno ze standardu **ITU – T G.657A**. Tento standard definuje optické vlákno, které vykazuje nižší úroveň útlumu způsobené ohnutím. Minimální poloměr ohybu byl snížen na 15 mm. Vlákno G.657A je kompatibilní s vláknem G. 652 a má také jedinečné mechanické vlastnosti vhodné pro nejnovější zařízení. V současné době je to nejoblíbenější typ optických vláken. [14]

ITU - T G.657A	1550 nm
průměr vidového pole	9,5 μm
maximální útlum makroohybu	18 ps/(nm.km)
Útlum	0,3 dB/km
průměr obalu	125 μm

Tabulka 5 – Parametry optického vlákna ITU-T G.657A

4.2 Kabely a jejich instalace

Jednotlivá optická vlákna se zaplétají do různých druhů kabelů, z nichž má každý jiné vlastnosti, podle těchto vlastností jsou kabely děleny do několika kategorií. Tyto kategorie určují, v jaké části NGA budou kabely použity. Jsou rozlišeny podle počtu vláken a typu optických, které obsahují, dále podle tvrdosti opletu nebo také podle toho, obsahují podpůrné tažné vlákno. Rozdělit kabely můžeme na tyto tři kategorie. [2]

4.2.1 Přípojný kabel

Feeder kabel tvoří největší koncentraci optických vláken v přístupové síti. Pokrývá přenosovou trasu mezi OLT (v centrální stanici) a prvním distribučním uzlem (pasivní splitter, aktivní switch) a trasu mezi následujícími distribučními uzly. Jeden kabel obsahuje standardně 48–216 optických vláken, přičemž jeho průměr se pohybuje kolem 6–8,4 mm. Používá se do

vzdálenosti 10–20 km. Do tohoto kabelu se také spolu s optickými vlákny přidává většinou měděné vlákno pro přesnou lokalizaci pomocí detektoru kovů například při poruše kabelu.

4.2.2 Distribuční kabel

Distribuční kabel tvoří druhou největší koncentraci optických vláken v přístupové síti. Pokrývá přenosovou trasu mezi distribučními uzly a lokálními rozvaděči pro jednotlivé koncové uživatele. Jeden kabel obsahuje standardně 6–216 optických vláken, přičemž jeho průměr se pohybuje kolem 6–8,4 mm. Používá se na vzdálenosti nepřesahující 2 km.

4.2.3 Drop kabel

Drop kabel je posledním členem přístupové sítě. Často nahrazuje distribuční kabely, kdy je lokální a distribuční rozvaděč tvořen jedním prvkem. Jeden kabel obsahuje jedno, dvě nebo čtyři vlákna. Používá se na vzdálenosti zpravidla nepřesahující 500 m. Vyráběn je běžně v provedení pro uložení do země, závěsný či jako samonosný. V závěsné variantě se vyrábí v černém provedení, aby byl ve vzduchu co nejméně viditelný a esteticky nenarušoval prostředí.

4.3 Spojování optických vláken

Kabely jsou vyráběny v určitých délkách a pokud je potřeba překlenout větší vzdálenost, než kterou je délka kabelu, je potřeba jednotlivá vlákna spojit. Pro toto spojení existuje několik způsobů.

Svaření optického vlákna – Je proces, při kterém dojde pomocí specializované svářecí stanice k vytvoření nerozebíratelného spoje dvou vláken. Tento proces funguje na principu natavení struktury optického vlákna pomocí elektrického oblouku a jeho velice přesného spojení. Ještě před svařením však musí dojít k přesnému zakončení vlákna. Nejpoužívanější technikou je přesné zlomení vlákna. Tento proces spojení vláken je z hlediska útlumu při spojení vůbec nejefektivnějším, přesné svaření vytvoří dodatečný útlum na vláknech pouhých 0,02dB

Spojení pomocí spojky – Při tomto spojení se vlákna nejprve zalámují stejně jako při svaření k tomuto účelu slouží speciální lamačka. Po zlomení vlákna přiloží k sobě a prostor mezi nimi se zalije silikonovým gelem, epoxidovou pryskyřicí nebo ultrafialovým lepidlem a následně se nasadí na spoj spojka. Takto vytvořený spoj vytvoří dodatečný útlum na vláknech okolo 0,3dB

Konektorový spoj – předchozí dva typy spojení byla nerozebíratelná, jakmile dojde ke spojení, tak rozpojení je možné pouze mechanickým poškozením vlákna. Při tomto spojení se na konce vlákna připevňují normované konektory, které brání oděru optických vláken a částečně chrání proti vniknutí nečistot. Tento typ rozebíratelného spojení se používá na demarkačních bodech (OLT, ONT atd.) z důvodů možnosti rozpojení a provedení měření při poruchách na trase.

4.3.1 Konektory

V celé přístupové síti se připouští pouze dva typy konektorů SC/APC a LC/APC. Použití konektorů musí být při výstavbě jasně definované, aby nedocházelo v předávacích rozhraních k nekompatibilitě mezi jednotlivými poskytovateli.

Konektor SC/APC je v současnosti nejpoužívanějším konektorem na všech úrovních sítě kvůli jeho velice dobrým přenosovým vlastnostem. Naopak konektor LC/APC má o něco horší mechanické vlastnosti, ale toto je vykoupeno jeho menšími rozměry a dvojnásobnou hustotou v optických rozvaděčích. Použití jiného konektoru není možné, ovšem existuje jedna výjimka, a to jsou již postavené optické trasy, kde je možné použít znovu konektory, které na dané trasy byly použity již v minulosti. Překonektorování těchto tras by bylo zbytečně drahé. [2]

4.4 Technologie instalace kabelu

Jako klasický způsob položení kabelu, se označuje přímá pokládka do vykopané kynety, jak označován výkop. Kabel byl dále překryt ochranou folií, která měla částečně ochránit kabel a také pomoci s jeho lokalizací. Tímto způsobem se často instalovali kabely pro fixní sítě, ovšem není problém takto také instalovat i optický kabel v přístupové síti. Avšak tento způsob je velice nevýhodný hned z několika důvodů. Ochranu kabelu často zajišťovala jen samotná izolace a popřípadě folie, která se pokládala na kabel. Dalším problémem je případné další rozšíření sítě, protože při každé další instalaci musí být znovu provedeny výkopové práce což, je velice neefektivní, zdlouhavé a ekonomicky nákladné. Proto se vyvinulo několik způsobů, jež zde budou vysvětleny a pomohou nám tyto problémy vyřešit. [1]

4.4.1 HDPE trubky

Tato zkratka označuje High-Density Polyethylen – materiál, ze kterého je vyrobena trubka, která poskytuje neprodyšnou a silnou ochranu instalovaným vláknům. Jedná se o trubku o definovaných rozměrech, například v dotačním programu OP PIK je dovoleno instalovat pouze trubky o rozměrech 40 mm vnějším a 33 mm vnitřním průměru, ale existují i další varianty velikostí této trubky. Do této trubky jsou optická vlákna instalována tak, že se pod vysokým tlakem vzduchu zafouknou. Pro snadnější zafouknutí jsou vnitřní strany trubky upraveny tak, aby se výrazně snížil koeficient tření. Vnitřní úprava spočívá v dokonalém hladkém provedení a nanesením lubrikačního oleje.

HDPE trubka se pokládá na pískové lože do vykopané kynety tak, aby bylo dodrženo ochranné pásmo. Zároveň se také označuje folií pro její přesnou lokalizaci. Po zafouknutí optických vláken se konce HDPE trubky zakončují tak, aby nedošlo k vniku cizích těles, ale také například vody. Velikou výhodou tohoto řešení je, že provedení výkopových prací je realizováno pouze jednou a pokud dojde v budoucnu k případnému požadavku na navýšení počtu optických vláken, jak z důvodu rozšíření počtu koncových uživatelů, tak příchodu nového poskytovatele, stačí pouze dofouknout další vlákna bez provedení výkopu po celé délce položené trubky.

4.4.2 Mikrotrubičky

Velice úspěšná technologie, která má zajistit zvýšení kapacity a zefektivnit využití HDPE trubky. Zvýšení kapacity spočívá ve faktu, že do HDPE trubky ať má veliký průměr oproti

optickému vláku nemůžu zafukovat jednotlivá optická vlákna či mikrokabely do nekonečna. Časem totiž dojde ke kritickému zvýšení koeficientu tření na takovou úroveň, že bude velice komplikované zafouknout vlákno dále než pár metrů. Toto řeší právě technologie mikrotrubičkování, kdy se do HDPE trubky zafouknou tenkostěnné mikrotrubičky. Tenkostěnné proto, aby zabíraly co nejméně místa a jejich funkcí není ochrana optických vláken jako HDPE trubky, ale čistě efektivní využití prostoru. Po zafouknutí mikrotrubiček se buď mohou zafouknout jednotlivá vlákna, anebo mikrokabely s vlákny. Spolu s výhodou zefektivnění využití HDPE trubky se taky naskýtá příležitost případným pronajímatelům pronajmout celou jednu mikrotrubičku nebo popřípadě většího zájmu i větší počet. [15]

V případě klasické instalace jednoho kabelu je většinou volen kabel s větším počtem vláken, než je momentálně potřeba, zvyšuje se tím počáteční investice do projektu. Tento systém umožňuje zafouknout pouze tolik mikrokabelů kolik je momentálně potřeba a dovolí tedy rozložit investice na delší časové období.

Mikrotrubičky se standardně vyrábějí v několika verzích podle průměru, od 7 mm do 14 mm. Do nejmenší verze mikrotrubičky o průměru 7 mm je možné zafouknout až 12 vláknový mikrokabel a do verze o průměru 14 mm je možné zafouknout až 144 vláknový mikrokabel.



Obrázek 3- Systém mikrotrubiček v HDPE trubkách a ochranné tlustostěnné trubce

4.4.3 Systém multiduct

Systém multiductu kombinuje technologii mikrotrubičkování a HDPE trubky. Nejeefektivněji lze HDPE trubku při klasickém zafukování mikrotrubiček zaplnit z 60 %. Efektivnější zaplnění není možné, protože při zafukování mikrotrubičky „plavou“ na vzduchovém polštáři, ale v takto zaplněné trubce už není dostatek místa pro využití tohoto efektu. V systému multiductu jsou již mikrotrubičky instalované uvnitř HDPE trubky, odpadá tedy zafukování a lze vnitřní prostor mnohem lépe využít. Instalace je poté jednodušší a časově méně náročná, dále se celá sestava nijak nekroučí při ohybu a lze tedy optické mikrokabely či samostatná vlákna zafukovat v delších úsecích. [18]

4.4.4 Mikrokabelázní systém

MCS (Micro Cabling System) jedná se o systém instalace kabelu pod zemský povrch, který je vhodné použít v historických oblastech měst. Systém je rozdělen na dvě varianty podle způsobu použití a to MCS-Road a MCS-Drain.

Jak již název napovídá varianta Road se využívá k instalaci optického mikrokabelu v silnostěnné kovové trubičce pod povrchem silnice tvořenou asfaltovým nebo betonovým povrchem. Instalace se provádí vyříznutím úzké linie do povrchu silnice hluboké 60-120 mm, poté dojde k jejímu vyčištění silným proudem vody a vysušení stlačeným vzduchem. Následně je do takto vyhloubené linie kladek optický mikrokabel, který je v ochranné trubičce uložen ve speciálním gelu. Na kabel je položena izolační vrstva a přítlačný provazec, který zajistí rozložení tlaku po celé délce kabelu, linie je poté zakryta asfaltem, či betonem.

Varianta MCS-Drain se využívá k instalaci optického mikrokabelu do kanalizačního systému pod povrchem. Instalace se provádí mezi dvěma přístupovými šachtami, které jsou většinou vzdálené cca 50 m. Před započítím instalace je nutné kanalizační systém vyčistit, to se provádí tlakem proudem vody, které je vsřikován do kanalizační trubky. Následné protažení optického mikrokabelu se provádí tak, že se kabel uchytí k proudové hadici, kterou byla předtím vyčištěna kanalizační trubka a je protažen celým systémem. Optický mikrokabel se upevní v šachtách k železnému oku a je pevně natažen. Aby se zvýšila odolnost a maximální tahová síla, kterou je mikrokabel možný natahovat, je uložen v hliníkové trubce, která je navíc armována ocelovými vlákny. [18]

4.4.5 Závěsné kabely

Závěsné kabely se převěšují mezi nadzemními sloupy nebo budovami. Mohou se použít jak v páteřních, tak i v přístupových sítích. Tyto kabely se vyrábí v provedení samozávěsné – nepotřebují tedy žádné dodatečné nosné prvky. Vyrábí se ve variantách s různým počtem vláken a také v různých provedeních opletu kterých zaručuje velkou tahovou sílu která na kabel může působit. Standardně se vyrábí pro zavěšení od 50 m až do 800 m. Závěsné kabely se připevňují ke sloupům pomocí kotev, které jsou zavěšeny na držácích přidělaných ke sloupu.

4.6 Smart Grids

Tímto termínem jsou označeny inteligentní sítě elektrického vedení. Tyto sítě umožňují v reálném čase a plně automatizovaně řídit výrobu a následnou spotřebu elektrické energie. Základem tohoto řízení je obousměrná komunikace mezi dispečinkou elektrických sítí a odběrnými místy. Celý tento proces vyžaduje plnohodnotnou automatizaci veškerých procesů a kompletní začlenění všech uživatelů do inteligentní sítě. Každá přípojka musí být vybavena inteligentním elektroměrem, který dokáže komunikovat se serverem u dodavatele elektrické energie.

Tento koncept umožňuje efektivnější zapojení domácích solárních elektráren do výroby a přímé směrování elektrické energie vyrobené pomocí nich. Smart grids kromě toho nabízejí celkové zefektivnění energetiky tím, že umožní účelné sladění výroby a spotřeby s co nejmenšími provozními náklady. [17]

Komunikace mezi výrobou a spotřebou probíhá zpravidla po samostatných datových sítích. K tomu je třeba jednak vysoká míra standardizace pro nástroje a formáty přenášených dat, a

jednak zajištění bezpečnosti dat, jak proti následkům poruch v datové síti, tak proti případnému neoprávněnému použití.

Ve starších konceptech přenosu dat ve Smart grids se počítalo s využitím PLC – power line communication. PLC komunikace využívá elektrické napájecí sítě pro komunikační účely. V tomto případě elektrické distribuční sítě jsou dále používány jako přenosové médium pro informace z digitálních elektroměrů. Hlavní Myšlenka PLC je snižování nákladů a výdajů na realizaci nových telekomunikačních sítí. Maximální vzdálenost mezi dvěma PLC modemy může být až 1 km. K překonání delších vzdáleností, je nutné použít opakovač. V historickém hledisku se také počítalo s částečným nahrazením DSL právě pomocí PLC. Ovšem koncept PLS obsahuje několik fyzikálních překážek. Napájecí síť, kterou využívá PLC systém jako přenosové médium, může působit jako anténa produkující elektromagnetické záření. To má za následek různé problémy, jelikož širokopásmového přístupové sítě používají frekvenční spektrum do 50 MHz. Toto frekvenční spektrum je vyhrazeno pro různé rozhlasové služby a může být rušeno PLC systémy. [16]

Moderní pojetí sítí Smart grids počítá se zvýšením datových toků a PLC systémy jsou v tomto ohledu zastaralé řešení. S výstavbou sítí založených za přenosu po optickém vláknu tyto služby migrují k ostatnímu uživatelskému provozu.

Mezi pozitivní vlastnosti optického vlákna patří výhoda, že jeho funkce nejsou ovlivněny rozvodem elektrické energie a je možné ho instalovat vedle silového vedení jak do sítí NN, tak i do sítí VN. Distribuční firmy, které se řešením Smart grids zabývají budou bezesporu otevřeny případným návrhům o spolupráci ze strany poskytovatelů datového připojení na využití jejich nadzemních elektrických vedení pro zavěšení nových optických kabelů, pod podmínkou sdílení přenosové kapacity pro jejich aplikace v síti Smart grids.

5. Plánování telekomunikačních sítí

Jedná se o proces, při kterém na základě požadavku je naplánována infrastruktura telekomunikační sítě ke konkrétnímu bodu. Jako příklad lze uvést připojení koncového zákazníka, telefonní ústředny nebo základnové stanice mobilní sítě. Nemusí se jednat vždy o nový propoj, ale jen o přeložení určité části sítě do jiné oblasti. Tento proces je po všech stranách velice náročný a vyžaduje nemalé personální, finanční ale časové náklady. K jeho zjednodušení se používají různá softwarová řešení. Například pro vytvoření fyzické infrastruktury se používají geografické systémy, které jsou výbornou pomůckou při plánování a dokumentování sítě.

5.1. Geografické informační systémy

Ve zkratce GIS, slouží pro správu, analýzu a vytváření prostorových dat. Pod pojmem prostorová data je myšlen jakýkoli objekt z reálného světa např. dům, silnici ale třeba i polohu distribučního bodu telekomunikačního operátora. Tyto objekty se také mohou zároveň ovlivňovat, a proto je důležité uchovávat například informaci o poloze daného objektu, která může mít veliké využití v reálném světě. Pokud je prováděna analýza všech obytných domů v určité oblasti, je například možné vykreslit do grafu závislost počtu NGA přípojek na určité území nebo dokonce cenu za jednu přípojku, pokud jsou taková data k dispozici. [3]

GIS se také dají použít pro plánování různých sítí – vodovodních, plynových ale také elektrických či telekomunikačních. V praktické části této práce je využit GIS pro návrh telekomunikační sítě. Výhodou geografických informačních systémů je, že obsahují nástroje a funkce, které budeme v jiných prostředích (například v Matlabu) hledat jen velmi obtížně.

Jako příklad lze uvést výpočet vzdálenosti dvou bodů na zemském povrchu. V GIS existuje jednoduchá funkce pro tento výpočet a následnou interpretaci (bude uvedeno dále). V prostředí Matlab existuje toolbox zvaný Mapping Toolbox, který funkci pro tento výpočet také obsahuje, ale tento toolbox není volně dostupný. Pokud se zaměřím na výpočet čistě této funkce tak, je možné vyexportovat z GISu jednotlivé lomové body ve formě GPS souřadnic do CSV formátu, se kterým umí pracovat i Matlab, a dále si tuto funkci naprogramovat v klasické verzi Matlabu. Toto je však ale velice neefektivní řešení. Pokud existuje jiné prostředí, které funkce pro řešení problémů s plánováním sítí elektronických komunikací již obsahuje, je výhodnější použít některý software z rodiny GIS. Další jeho výhodou je, že většina pracovišť a institucí, která se problémům s plánováním a dokumentací sítí zabývá, používá právě některou verzi GISu.

Pro práci s mapovými podklady byl zvolen nástroj QGIS verze 2.18.0, který je jedním z mnoha geografických informačních systémů. Byl vybrán, protože patří pod distribuci GPL (General Public Licence) která se řadí pod tzv. open source software, na rozdíl například od konkurenčního ArcGIS, který má bohatší knihovnu funkcí, ale pro použití v této práci je QGIS naprosto dostatečný. Další jeho nespornou výhodou je obrovské množství doplňků a rozsáhlá uživatelská komunita, která zajišťuje případnou podporu.

QGIS slouží jak pro prohlížení rastrových a vektorových geografických dat, tak pro jejich vytváření a zpracovávání. Dále pro práci s GPS daty, jejich zpracování, implementaci a následnou interpretaci. Z geografických dat se v tomto nástroji dají vytvářet komplexní mapové výstupy i jejich analýzy. Veškeré funkce programu je dále možné rozšířit mnoha doplňky, které

jsou každý den aktualizovány početnou uživatelskou komunitou, zde budeme pracovat například s doplňkem MMQGIS.

5.1 Geografická data

Základ každé mapy tvoří geografická data. Tyto data se skládají ze dvou složek – z prostorové a atributové. [9]

Prostorová složka obsahuje grafickou informaci o objektu, a je tvořena geometrických prvkem. Prvky můžeme dělit do několika kategorií podle dimenze:

0D – takzvané bezrozměrné objekty, obsahují pouze informace o svojí poloze – jeden jediný bod, takto může vypadat například strom nebo informační cedule

1D – jednorozměrný objekt který má konečnou délku a nulovou plochu (linie), modelují se takto silnice, železnice, řeky atd.

2D – dvourozměrný objekt, polygon, plocha s konečnou plochou, např. domy, vodní plochy atd.

3D – trojrozměrný objekt, prostorový, zřídka kdy se tyto objekty v geografických informačních systémech používají

Atributová složka těchto dat obsahuje informace, které slouží k popisu prostorové složky, obsahuje například informaci o poloze a tvaru objektu, nebo popis vztahů mezi jednotlivými prostorovými složkami. Další a velice důležitou složkou geografických dat jsou metada. Ty obsahují dílčí informace, bez kterých se neobejdeme, jsou to např. informace o kvalitě dat, místě vzniku, časovém a prostorovém rozsahu atd.

Dále se data dělí podle jejich modelu – vektorový a rastrový model:

Vektorový model – reprezentuje objekty reálného světa jako geometrické prvky, body, linie, plochy.

Rastrový model – podobně jako obrázky v počítači, vykresluje každý objekt jako souhrn velmi malých bodů, kde má každý jiné vlastnosti (barvu, jas). Je používán pro obrázky, letecké a družicové snímky, nebo naskenovaná data.

Komplexní balíky geografických dat se vytvářejí po jednotlivých vrstvách např. silnice a železnice mají oddělené vrstvy. Toto dělení se provádí z důvodu lepší organizace a manipulace s daty při vytváření map. Každý geografický systém podporuje zobrazení pouze vybraných vrstev ze stažených balíků, tato funkce zde bude využita pro separaci mapových podkladů.

5.1.1 Zdroje geografických dat

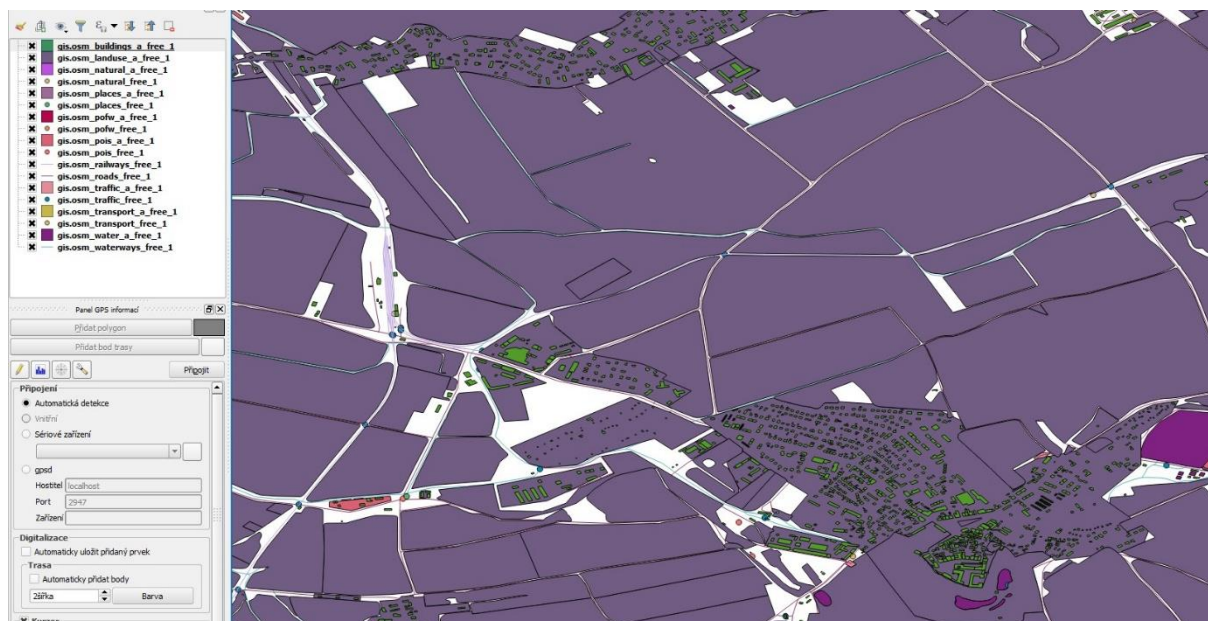
Geografická data se získávají vcelku složitými a komplexními způsoby, jedním z nich je například překreslení leteckých snímků nebo satelitních snímků. Tyto způsoby jsou ale velice drahé, a proto není mnoho kvalitních a zároveň neplacených zdrojů těchto dat. Existuje mnoho služeb, kde je možné geografická data a již vytvořené mapy prohlížet, ale většinou pouze ve formě PNG obrázků. Pro českou republiku existuje několik kvalitních zdrojů dat, například Geoportal: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map/>, nebo Český institut zeměměřictví a

katastru (ČÚZK): <http://www.cuzk.cz/Zememerictvi/Geograficke-podklady/Geograficke-podklady.aspx>. Z těchto serverů je možné importovat datové podkladky do QGIS pomocí funkce Web Map Service, ovšem většina těchto podkladů je ve formě obrázků a needitovatelných dat. Editovatelná data je možné z těchto portálů pronajmou či zakoupit, jejich cena se odvíjí od požadované oblasti, a od vrstev které jsou požadovány.

Dále jsou zde korporace, které mají vlastní datové podklady pro svoji oblast podnikání – ČEZ, CETIN atd. tyto firmy své data veřejně nepublikují, ovšem je možné si tato data pro určitou oblast zakoupit.

Existuje také nespočet webových aplikací, které jsou používány širokou veřejností pro komerční aktivity. Fungují na stejném principu jako mapy z Geoportálu nebo z ČÚZK. Při vyhledávání na těchto mapách probíhá komunikace se serverem, kde jsou mapové podklady uloženy, a jako výstup dostáváme pouze obrázky například ve formátu PNG nebo JPG. Mezi tyto webové aplikace patří například Google maps, Bing maps nebo Seznam mapy.

Jedním ze zdrojů kvalitních a veřejně dostupných zdrojů dat je open source projekt OpenStreetMap. Je založen na podobném principu jako Wikipedie – jednoduchá uživatelská editace dat a kompletní přehled veškerých změn, které jednotlivý uživatelé provedli. Geografická data tento projekt získává z osobních GPS přijímačů dobrovolníků a také veřejně dostupných leteckých, popřípadě družicových snímků, které jsou taktéž dobrovolníky zpracovávány a importovány do databáze. Tento projekt vytvořil také vlastní souborový formát, postavený na vektorových datech s názvem .osm. Data je možné stáhnout z mnoha webových serverů, ale také z centrálního úložiště OpenStreetMap pomocí stažení speciálního doplňku pro QGIS. V této práci byl pro stažení dat využit server Geofabrik, protože pro využití v této specifické projektové činnosti jsou data seřazena v nejvhodnějším formátu, rozdělena na jednotlivé vrstvy, se kterými můžeme samostatně manipulovat, pracovat a popřípadě doplňovat. [7] Na obrázku č. 4. můžeme vidět vykreslená surová data z OSM. Jednotlivé vrstvy se vykreslují náhodnými barvami, a ne jak bychom mohli očekávat u standartních map (voda – modře, silnice – černě). Veškeré tyto parametry je potřeba dodatečně nastavit podle potřeby. Vykreslená data obsahují vrstvy: domů, přírodních objektů, lesů, půdy, železnice, vody, vodních kanálů ale například i vrstvu s dopravními informacemi.



Obrázek 4 – Importovaná surová data pro menší oblast ze serveru Geofabrik

5.2 Kartografické prvky

Jsou prvky, které slouží k usnadnění orientace a čtení v mapě. Zahrnují se sem názvy ulic, měst, řek atd. Dále legendy, které vysvětlují, co který objekt a symbol v mapě znamenají např. vodstvo, turistické atrakce, převýšení atd. Využívají k tomu linie, body, text nebo různé znakové sady. Zahrnují se sem také měřítka map, které zobrazují poměr mezi vytvořenou mapou a reálnou situací. Mezi měřítka se také zařazují kompas, které určují světové strany na mapě.

5.3 QGIS

Všechny vrstvy geografických dat stažené ze serveru Geofabrik, mají pro Českou Republiku velikost cca 1 GB. Vykreslování tolika dat je pro běžný osobní počítač náročná operace, každá vrstva těchto dat obsahuje cca. 400 000 záznamů (vrstva s budovami cca 5 milionů) v atributové tabulce. K velkému výpočetnímu zjednodušení využívá QGIS částečné načítání, načte pouze hrubé obrysy jednotlivých vrstev, a až při následném přiblížení na konkrétní území načítá více informací z konkrétních vrstev pro konkrétní oblast. [7]

5.3.1 Atributová tabulka

Atributovou tabulkou se rozumí databáze všech objektů ve vrstvě, pro kterou byla atributová tabulka zvolena. Tato databáze může obsahovat nesčítelně mnoho prvků, které obsahují informace o každém objektu. Touto informací může být adresa domu, jméno prvku, číslo prvku typ prvku atd. Různé geografické služby mohou mít vzájemně kompatibilní atributové tabulky, a tudíž je možné do těchto tabulek dodatečně data importovat z jiných zdrojů. QGIS také obsahuje spoustu matematických funkcí, kterými lze spočítat celou škálu vlastností pro každý

prvek v tabulce. Umí například počítat plochy polygonálních úvarů, výpočty úhlů mezi objekty, číselné převody a spoustu dalších.

Tabulka č. 3 zobrazuje atributovou tabulku pro surová data ze serveru Geofabrik. Tato tabulka je pro vrstvu vodstva, a obsahuje informace o veškerých objektech typu „voda“ na území České Republiky. Je zde 102 120 záznamů a každý jednotlivý prvek je možno upravovat, popřípadě rozšířit podle potřeby.

gis.osm_water_a_free_1 :: Features total: 102120, filtered: 102120, selected: 0

	osm_id	code	fclass	name
1	3870478	8200	water	Novoveský rybník
2	3870486	8200	water	Starý rybník
3	3870554	8200	water	Římovská přehrada
4	3870557	8200	water	Nový Hospodář
5	3870561	8200	water	Nové Mlýny I
6	3870581	8200	water	Janský rybník
7	3870584	8200	water	Výskok
8	3870595	8200	water	Nesyt
9	3870604	8200	water	Nový v Oboře
10	3870612	8201	reservoir	Horní Jaroslavick...
11	3870615	8200	water	Olšina
12	3870646	8200	water	Vrkoč
13	3870658	8200	water	Starý Kanclíř
14	4041117	8201	reservoir	Vodovodní rybník
15	4041117	8200	water	Vodovodní rybník

Tabulka 6 - Atributová tabulka vrstvy „voda“

5.3.2 Filtrace požadovaných vrstev

Pro potřeby této práce je ovšem tolik vrstev a informací naprosto nadbytečné, proto byly vyfiltrovány pouze vrstvy, které obsahují budovy, železnice, silnice a vodstva. Tyto vrstvy byly

vybrány, z důvodu pozdějšího plánování pokládky optických kabelů. Další vrstvy z balíku byly odstraněny, aby se zrychlila práce s daty, kterých už není potřeba zpracovávat takové množství.



Obrázek 5 - vyfiltrované vrstvy

Na obrázku č. 3 jsou zobrazeny již vyfiltrované vrstvy. Taktéž byly barevně upraveny, aby byla data přehlednější při další manipulaci. Budovy mají zelenou barvu, železnice červenou, silnice černou a vodstva modrou.

5.3.2 Přidání nových vrstev

Doposud byla diskutována pouze data, která byla stažena ze serveru Geofabrik. Po vyfiltrování nepotřebných dat a zjednodušení přišla pravá chvíle po dosazení vlastních prvků. Další prvky budou přidány v nové vrstvě, kterou je možno vytvořit ve třech provedeních podle prvků které budou do vrstvy vloženy. Vrstva může být 1) bodová 2) liniová 3) polygonální. Po vybrání zvolené vrstvy se může začít s přidáváním prvků pouze toho typu, kterého je vrstva. Tímto způsobem lze přidávat nepřeborné množství variací kabelů a objektů, které mohou samozřejmě vypadat jinak tvarově, graficky atd.

5.4 Formát dat

QGIS umí pracovat s mnoha formáty, pro tyto účely této práce budou analyzovány formáty Shapefile a CSV.

SHP

Nejčastěji používaný formát geografických dat je Shapefile (.shp). Jedná se o datový formát určený pro ukládání vektorových prostorových dat, který je určen pro geografické informační systémy. Každý prvek v tomto formátu obsahuje atributy, které slouží pro popis prvku. Uložení geometrie prvku je v podobě vektorových souřadnic. Shapefile je složen z několik souborů. [5]

1)Hlavní soubor **.shp** obsahuje seznam lomových bodů v určených souřadnicích.

2)Indexový soubor **.shx** propojuje prvek se záznamem v atributové tabulce.

3)Databázový soubor **.dbf** obsahuje atributy jednotlivých prvků, každý záznam v tabulce odpovídá jednomu prvku.

4)Doplňkové soubory

.prj – soubor ukládající informaci o souřadnicovém systému a projekci. Popis projekce pomocí prostého textu.

.qix, .sbn a .sbx – prostorové indexy prvků

.atx – atributový index pro dbf soubor

.shp.xml – metadata ve formátu XML, podle zvoleného standardu

.cpg – využití specifikované kódové stránky (jen pro .dbf), pro správnou identifikaci znaků

CSV

Je další z formátů, se kterým může QGIS pracovat. Jedná se o souborový formát pro uložení tabulkových dat. Z názvu (Comma-separated values) vyplývá, že se jedná o formát tabulkových dat, kde jsou jednotlivé položky odděleny čárkou. Pokud v tomto formátu, je potřeba použít desetinnou čárku v textu, je potřeba hodnoty uzavřít do uvozovek a tím jsou „uzamčeny“. V případě že je potřeba použít desetinnou čárku v čísle (převážně v českém prostředí), existuje jiná varianta tohoto formátu.

TSV

(Tab-separated values) stejný formát jako CSV, jen místo čárkového oddělovače se používá mezera.

Tyto datové typy jsou nejideálnější pro výměnu dat mezi různými systémy například QGIS – MATLAB.

6. Případová studie

V případové studii je navržena optická přístupová síť FTTH, na základě teoretických informací, které byly diskutovány výše, a jsou aplikovány na konkrétní model sítě. Tato studie tvoří základ technického řešení včetně ekonomického modelu stavby. Případová studie je rozdělena na čtyři separátní varianty části, z nichž se budou potýkat poskytovatelé telekomunikačních služeb při výstavbě NGA sítě pro oblasti, které patří mezi bílé ZSJ. Vytvořená optická přístupová síť FTTH musí koncovým zákazníkům poskytnout vysokorychlostní přístup k internetu podle Národního plánu pro rozvoj sítí nové generace a následně k dalším službám Triple Play.

Při vytváření této studie byla dána maximální váha reálné oblasti a reálným problémům spojeným s výstavbou v dané oblasti. Jako cílová oblast byla vybrána město Opočno (517 73), které leží ve východních Čechách na úpatí Orlických hor. Jedním z důvodů, proč bylo vybráno toto město je, že se v něm nacházejí všechny typy problematických lokalit, pro které lze názorně vypracovat návrh sítě.

Ve městě Opočno zatím není realizována žádná obdobná služba telekomunikačních operátorů, město je pouze napojeno na jednu z páteřních optických větví společnosti CETIN a.s. se kterou se v této studii bude počítat jako s poskytovatelem konektivity.

Při návrhu sítě je pracováno s geografickými daty ze serveru Geofabrik. Pro tuto oblast byla data „oříznuta“ proto aby se s nimi lépe pracovalo, není potřeba načítat data z celé České Republiky, pokud nejsou potřeba.

6.1 Přípojná síť pro základnové stanice mobilní sítě

Jako první část studie bude návrh optické přípojně sítě pro základnové stanice mobilní sítě, která nepatří přímo do programu dotačního OPPIK, ale její rozvoj pro danou oblast je neméně důležitý.

Mobilní operátoři se snaží vystavět nové základnové stanice co nejlevněji aby pokrývali co možná největší území mobilním signálem LTE. Často jsou proto nuceni stavět nové BTS (Base Transmission Station) na odlehlejších místech s vyšší nadmořskou výškou odkud mohou pokrýt větší území. Budování optické sítě pro tyto odlehle BTS je velice drahé proto využívají na připojení stanic k páteřní síti technologii Eband. Jedná se rádiovou technologii se spojením typu bod-bod pracující v pásmu 71–76 GHz a 81–86 GHz které na území České Republiky patří pod nelicencované pásmo podléhají podle všeobecného oprávnění VO-R/23/09.2013-5 pouze nahlašovací povinnosti.

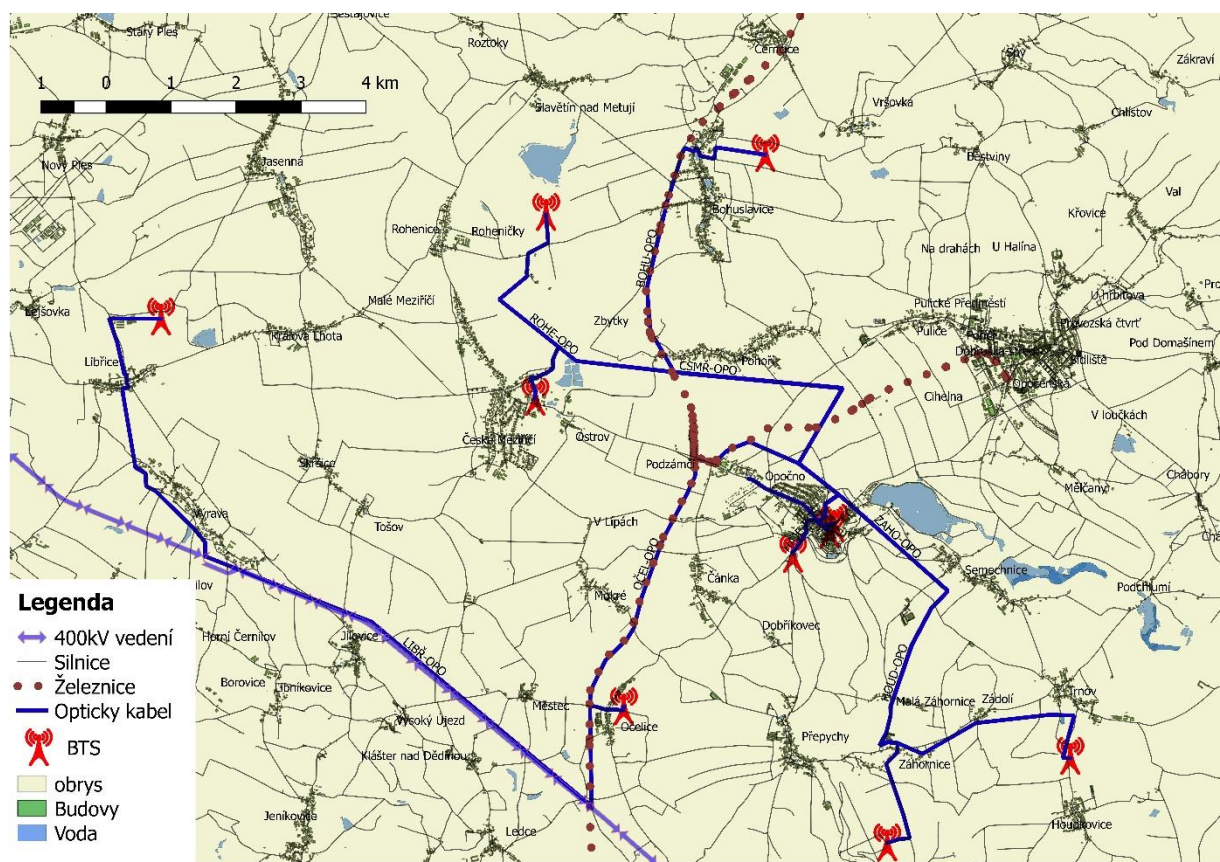
Tato mikrovlnná technologie je velice závislá na počasí, proto se zde využívá adaptivní modulace. Tento typ modulace využívá škálu různých typů modulací a adaptivně je mění podle zhoršení či zlepšení podmínek pro vysílání. Na Ebandovém prvku RTN 380 vyrobeným čínskou společností Huawei se standardně využívá adaptivní modulace mezi 4QAM až 512QAM s rychlostmi od 46Mb/s po 1100Mb/s.

S nastupujícími technologiemi 5G sítí ovšem ani tato technologie nebude stačit pro stále se zvyšující objemy přenášených dat. Zároveň mobilní operátoři chtějí reagovat na zvyšující se poptávku větší

datových tarifů pro mobilní zařízení které si zákazníci žádají. V tomto směru již ani Ebandová technologie nedokáže zvládnout vzrůstající se požadavky. Jediným řešením je proto vystavění optických přístupových sítí až k základnovým stanicím.

Pro výstavbu optické sítě BTS, které jsou často mimo oblasti osídlení je nejvhodnější využít synergie s elektrickým vedením které je často blízko BTS, protože při stavění těchto stanic byl brát také zřetel na to, jestli je v blízkosti elektrické vedení anebo bylo toto nadzemní vedení dodatečně k BTS dotaženo. Získat geografická data do QGIS která obsahují nadzemní vedení VN 22kV, které se nejčastěji využívá k synergii s optickými vlákny ovšem není možné.

V této studii bylo proto použito pro návrh sítě, elektrické vedení 400 kV a 110kV. K získání informací o poloze těchto vedení byly využita data ze serveru Mapy.cz která tyto vedení obsahují. [8]



Obrázek 6 - Náskres synergie elektrickým vedením 110 a 400kV.

	id	název	Délka [km]	[dB/km]	Útlum [dB]	nadzem[km]
1	1	Opočno_1	0.291	0.300	0.087	0.000
2	3	Opočno_3	0.730	0.300	0.219	0.000
3	4	Zahornice	7.697	0.300	2.309	2.183
4	5	Houdkovice	9.445	0.300	2.834	0.463
5	6	Očelice	7.918	0.300	2.375	0.669
6	7	Libřice	21.158	0.300	6.347	1.032
7	8	Roheničky	10.016	0.300	3.005	1.411
8	9	Bohuslavice	10.450	0.300	3.135	1.958
9	10	České Meziříčí	8.222	0.300	2.467	1.411

Tabulka 7 - Názvy a parametry vedení pro jednotlivé BTS

Navrhovaná přípojná síť počítá s deseti BTS, které se v okolí města nacházejí. Jako CO bylo zvoleno místo, kde má společnost CETIN a.s. postaven svůj rack a je možné se zde připojit do páteřní sítě. Budova, kde je, CO umístěno patří městu Opočno, které zde pronajme případným dalším poskytovatelům prostor pro jejich vlastní zařízení.

V tabulce č. 7 jsou zobrazeny délky jednotlivých vedení, včetně jejich útlumů na dané vzdálenosti. V neposlední řadě je zde uvedeno, jaká část vedení vede v synergii s elektrickým vedením a jaká část v zemi (poslední sloupec), od toho se odvíjí konečná cena.

Primárním dodavatelem pasivních prvků pro stavbu optické sítě byla zvolena společnost Mafia [15] z důvodu jejího širokého sortimentu. Pro tuto infrastrukturu byl zvolen kabel DROP1000 univerzální kabel Solarix 24vl 9/125, 4 mm. Jeho vlastnosti jsou vhodné pro tento způsob použití. Jedná se o závěsný kabel s vysokou tahovou odolností (1000 N), vhodný k volnému zavěšení současně s elektrickým vedením. Vzdálenost mezi jednotlivými sloupy elektrického vedení v této oblasti činí průměrně 50 m, tento kabel je možné použít na převěs až o vzdálenosti 160 m, je zde tedy dostatečná rezerva. Další jeho vlastností, která ho předurčuje k zavěšení ve volném prostoru je jeho černá barva a průměr, 4 mm což zaručuje že bude těžko viditelný a nebude esteticky poškozovat krajinu více než, již stojící elektrické vedení. Kabel obsahuje 24 jednomodových vláken typu G.657A, které jsou dostatečné pro základnovou stanici. Délka kabelu je počítána s 3% rezervou pro překlenutí vzdálenosti který je mezi kotvou na sloupu a HDPE trubky v zemi. Pro spojování optického kabelu byla použita spojka FOOC-10-D24 která je vhodná pro 24 vláknový kabel. V místech kde se nedá využít synergie s el. vedením dojde k výkopu kynety v nezamrzlé hloubce cca 70 cm. V kynetě dojde k vytvoření pískového lože a instancí HDPE trubky spolu se zodolněnými mikrotrubičkami. Celkem dojde instalaci 3 mikrotrubiček, ale využití najde pouze jedna z nich, do které se bude zafukovat optický kabel, další jsou pouze jako rezerva pro budoucí rozvoj, popřípadě pronájem. K instalaci optického kabelu je nutné nainstalovat kotevní držáky na sloupy elektrického vedení, a na ně následně kotvy, které budou držet zavěšený kabel. V návrhu je ovšem počítáno s využitím pouze dvou optických vláken pro agregovaný GSM provoz technologií 2G,3G, LTE

a dohledem nad celou stanicí, kde může být také dohled klimatizace, nebo bezpečnostních prvků, které se mohou u BTS vyskytnout. Je zde také počítáno s dostatečnou rezervou pro příchod nové technologie 5G, a pro případný pronájem optických vláken. Koncový prvek na každé základnové stanici je PTN 910 od výrobce Huawei, jedná se o malý box se 4 SFP moduly, tento box podporuje rychlost až 10Gb/s.

V CO je použit pro agregaci jednotlivých vláken prvek PTN 1900, jedná se o standardní transportní box, který podporuje mnoho směrovacích protokolů s rychlostí až 80Gb/s

U těchto dvou prvků je velice problematické určit jejich cenu. Cena výrobce se odvíjí od konkrétního zákazníka, a ceny zákazníkům se většinou odvíjí od počtu objednaných kusů a objednanou konfigurací. Základní konfigurace u PTN 910 obsahuje řídicí kartu, dva zdroje a jeden switch se 4 SFP moduly, tato konfigurace je pro zamýšlené použití dostatečná. Z důvodů nemožnosti zjistit ceny boxů na stránkách výrobce, byla cena odhadnuta podle informací na serveru Alibaba. [20]

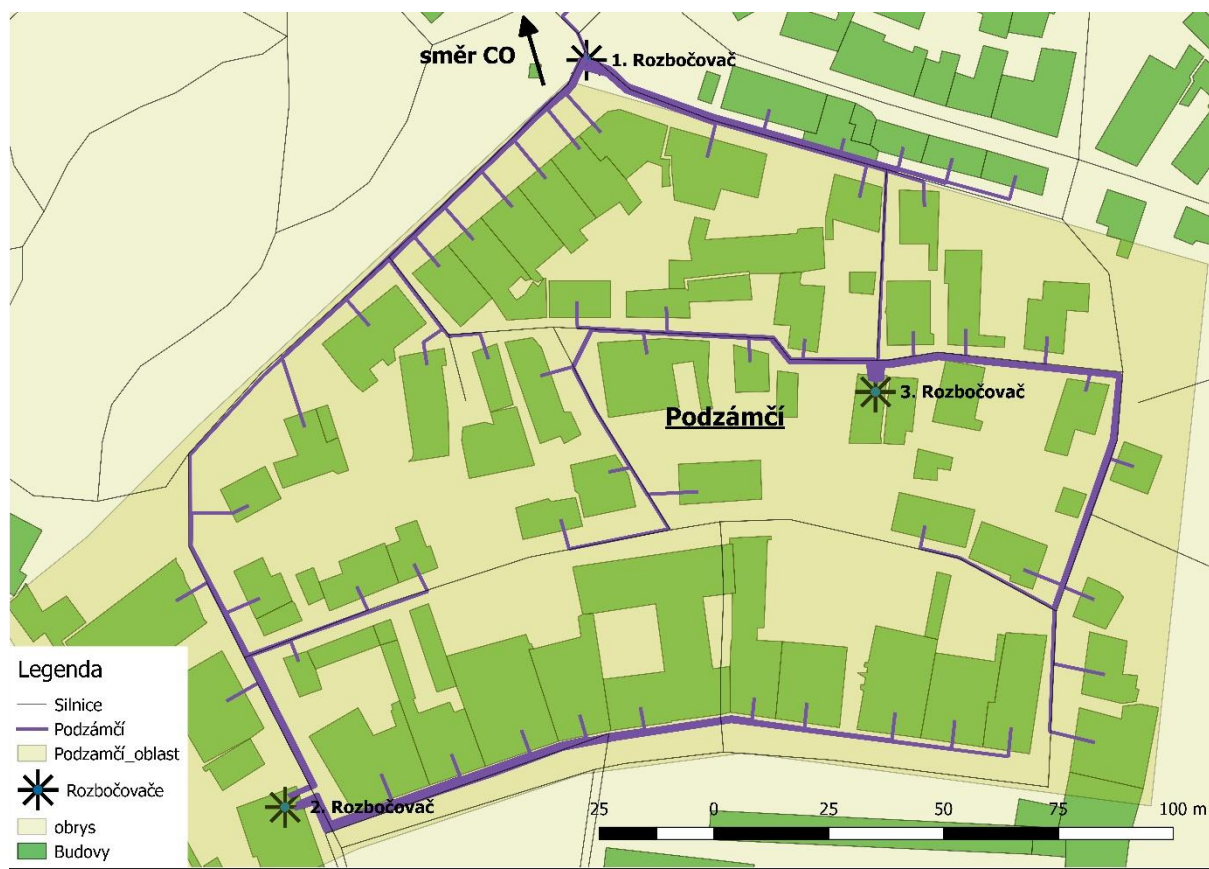
Položka	Množství	jednotka	Cena za jednotku [Kč]	Celková cena [Kč]
DROP1000 univerzální kabel Solarix 24vl 9/125	83928	m	15,8	1326062
Kotva pro kabel Fig.8 Telenco	1336	ks	93,7	125183
Držák kotvy na sloup CA1500	1336	ks	83,5	111556
Trubka HDPE Optohard 40/33mm	9127	m	25,8	235477
Mikrotrubička Mikrohard 7/5.5	27381	m	3,4	93095
Huawei PTN 910	10	ks	30000	300000
Huawei PTN 1900	1	ks	200000	200000
Výkopové práce	9127	m	250	2281750
spojka kabelu pro 24 vlákenFOOC-10-D24	10	ks	1231	12310
Cena projektu	15	%		702000
			Cena celkem	5 384 123

Tabulka 8 - finanční rozvaha

Ve finanční rozvaze není zahrnuta cena věcného břemene, které bude nutné zaplatit za položení kabelu do země ale i za zavěšení kabelu na elektrické vedení, která je velice rozdílná. V některých oblastech může jít o 20Kč/m (například Armáda ČR nabízí věcné břemeno s takovou cenou) až po částku přesahující i 1500Kč/m (soukromé osoby). V celkové ceně nejsou také zahrnuty výdeje za odbočky, které by se prováděly z důvodů dalšího použití, popřípadě pronájmu. Další nezahrnuté výdaje jsou drobné jako například konektory SC/APC na konce kabelu, patchordy atd.

6.2 Centrum města

V tomto případě se jedná o historickou oblast města, která se nachází v samotném centru. Byla zvolena stromová topologie typu P2MP, která je pro tuto geograficky rozprostřenou oblast nejvhodnější.



Obrázek 7- Schéma přístupové sítě v centru města

Návrh této sítě počítá s použitím technologie GPON, která poskytuje dostatečnou přenosovou rychlost i s dlouhodobým výhledem do budoucna. Z ekonomického a provozního hlediska je výhodné zvolit pasivní prvky pro které není potřeba budovat napájení a pronájem prostor v budovách kam by je bylo potřeba umístit.

Nachází se zde celkem tři rozbočovače, z nichž je hlavní rozbočovač č.1, ke kterému je přiveden optický kabel z agregčního bodu CO. Tyto rozbočovače dělí síť celkem na tři větve, ve kterých se nachází 54 obytných objektů, dva obchody a škola. Větev za rozbočovačem č.1. obsahuje 17 přípojek do obytných budov kde je počítáno s jednou zásuvkou a dva obchody kde je počítáno s dvěma zásuvkami na prodejnu. K větvi R2 je připojeno 16 obytných budov a ve 4 z nich se nacházejí 3 byty, kde jsou umístěny účastnické zásuvky do z každého bytu. Ve větvi R3 se nachází celkem 18 obytných objektů a jedna škola kde je předpoklad umístit 3 zásuvky. V každém z objektů je napojená jednotka ONT do účastnické zásuvky.

Protože se jedná o historickou oblast, kde neexistuje nadzemní elektrické vedení, které by se dalo využít pro synergii s optickými kabely, je nutné provést výkopové práce do kterých se uloží optický kabel. Pasivní infrastruktura každé větve je vytvořena pomocí technologie mikrotrubičkování, a to především využitím zodolněných tlustostěnných mikrotrubiček pro

přímou pokládku do země, které vedou od rozvaděčů k účastnické přípojce. Důvod je zřejmý – efektivní realizace a zjednodušení vybočování jednotlivých mikrokabelů, či svazků vláken z hlavní trasy vzhledem k členitosti přístupové sítě v dané oblasti. Odpadá tak nutnost využívat odbočovací a redukční členy pro vybočení mikrokabelů, svazků optických vláken z multiductu či HDPE chrániček do tlustostěnné mikrotrubičky. Kromě toho je tento způsob realizace výhodnější po ekonomické stránce.

Každá zásuvka v objektech, tak jak byli vyjmenovány výše je do přístupové sítě připojena mikrokabelem DROP1000 který obsahuje dvě jednovidová vlákna splňující standard ITU-T G.657.A. Tento mikrokabel je zafouknut do z odolněné tlustostěnné mm o vnitřním průměru 8 mm. V každém bytovém komplexu je optický kabel zakončen v klasické nástěnné zásuvce, ze které je vyveden patchcord s optickým vláknem G.657A. a konektory SC/APC-SC/APC do účastnického ONT. Propojení mezi rozvaděči R1, R2 a R1, R3 je realizováno shodným způsobem jako jsou připojeny koncové zásuvky.

Páteří propojení, centrální stanice a lokálního rozvaděče č. 1, je realizováno jako jediné multiductem typu 4×12/10 mm. Jádro multiductu je tvořeno 4 mikrotrubičkami o vnitřním průměru 10 mm. Pro tuto návrhovou síť je však využita pouze jediná, do které je zafouknut 24 žilový optický kabel DROP1000. Další volné mikrotrubičky poskytují dostatečnou kapacitu pro případný budoucí růst přístupové sítě.

Pro výběr rozbočovačů R1, R2, R3 je rozhodující rozbočovací poměr a jejich konečná cena. S dostatečnou rozbočovací rezervou byl proto vybrán PLC rozbočovač WiFiHW – SPL, který má rozbočovací poměr 1x32 a je uložen v odolném ABS boxu. Každý z rozbočovačů je uložen v plechovém boxu typu WiFiHW – FOBOXWB32, který obsahuje 32 slotů na konektory z rozbočovače zároveň je určen pro venkovní použití.

Správná volba aktivních prvků u koncových zákazníků je jedním z pilířů úspěchu celého projektu, neboť síť je tak kvalitní, jak kvalitní je nejslabší článek celé sítě. Tedy kvalita nabízených služeb je závislá na kvalitě přístupové sítě, a především od kvality koncových účastnických zařízení. Jako domácí bránu (home gateway) neboli optickou ukončující jednotku ONT byla, proto zvolena jednotka od firmy Huawei - HG8245H neboť obsahuje jeden GPON port na připojení přívodního kabelu od rozbočovače, a dále 4x Gigabit Ethernet port včetně podpory bezdrátové technologie IEEE 802.11b/g/n. Další jeho výhodou je přijatelná cena, jež je v této části sítě často nejdůležitějším parametrem při jejím plánování.

Kompletní pasivní infrastruktura je dimenzována s ohledem na možný budoucí přechod k architektuře X-EPON s jistým výhledem do k přechodu na WDM PON, který přes fyzickou topologii P2MP dokáže díky hustému dělení vlnových délek každému uživateli poskytnout přes jedno sdílené optické vlákno nezávislé a nesdílené propojení P2P mezi OLT-ONT.

Jako dodavatelé pro tuto část sítě jsou zvoleny společnosti Ma-fia a Wifihw které poskytují široký výběr produktů pro stavbu sítě FTTH. [21]

Položka	Množství	jednotka	Cena za jednotku [Kč]	Celková cena [Kč]
Optický kabel 12vl 9/125, DROP1000	205	m	13	2665
Optický kabel 02vl 9/125, DROP1000	5488	m	5,37	29471
Multiduct	205	m	91	18655
Mikrotrubička Mikrohard 12/8	5000	m	5,2	26000
Zásuvka optická 2xSC, LC duplex, na omítku, FTTH	60	ks	93,7	5622
Huawei • HG8245H • GPON ONT	60	ks	2651	159060
Patch cord, G.657A. 9/125,SC/APC-SC/APC	60	ks	137	8220
PLC WiFiHW • SPL1x32ASCA2	1	ks	1694	1694
Plechový venkovní box WiFiHW • FOBOXWB32	1	ks	1537	1537
Výkopové práce	3600	m	550	1980000
Cena projektu	15	%		334493
			Cena celkem	2 567 417

Tabulka 9- finanční rozvaha, centrum města

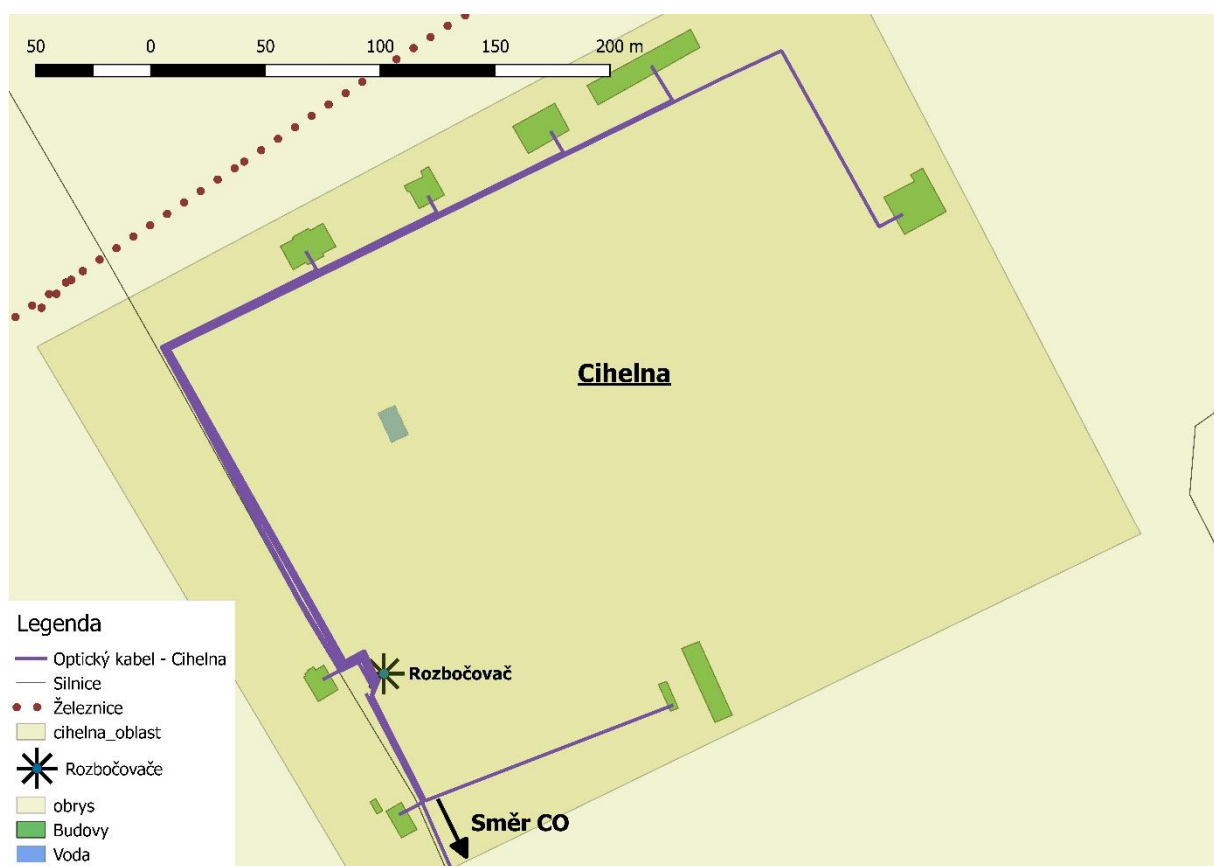
Ve výsledné finanční rozvaze je jasně vidět, že nejdražší položkou jsou právě výkopové práce. Cena výkopových prací 550Kč/m je průměrná částka, kterou si účtují stavební firmy při provádění výkopu kynet do chodníků, které jsou tvořeny dlažebními kostkami a v této historické části města jsou veškeré chodníky právě z dlažebních kostek.

Do finanční rozvahy nejsou započítány náklady na agregační box v CO. Tyto náklady budou vypočítány v samostatné kapitole pro všechny lokality dohromady.

6.3 Samota – Cihelna

Tato situace dokonale simuluje model, který je při stavění NGA sítí velice častý. Okraj města, kde se nachází velice malý počet objektů, které jsou potřeba pokrýt vysokorychlostním datovým připojením. V tomto typu lokality se ve většině případů nebude stavět technologie FTTH, ale spíš FFTA, která je ve většině případů rentabilnější. V rámci této případové studie je navržena optická přístupová síť technologií FTTH, jestli tento předpoklad platí, popřípadě jaké by byly technickoekonomické parametry této sítě. Detailní umístění lokality je zobrazeno na obrázku č. 10.

Struktura sítě je zde částečně podobná situaci v centru města. Do lokality je doveden přívodní kabel, který je zapojen do jediného PLC rozbočovače, z něhož je připojeno 8 koncových objektů.



Obrázek 8- schéma přístupové sítě typu – samota

K připojení této lokality byla zvolena technologie GPON s P2MP topologií, která sníží náklady na zasíťování této lokality na minimum.

Pasivní infrastruktura je vytvořena pomocí technologie mikrotrubičkování s využitím zodolněných tlustostěnných mikrotrubiček pro přímou pokládku do země, které vedou, od rozvaděče k účastnické přípojce. Důvod je stejný jako v přechozím případě a zjednodušení vybočování jednotlivých mikrokabelů z hlavní trasy. Výhodou je další ušetření nákladů za redukční členy pro vybočení mikrokabelů z optických vláken.

Přívodní kabel, od CO je uložen multiductu se dvěma mikrotrubičkami, který je cca o jednu třetinu levnější než se čtyřmi a ušetří se tím cca 50 000Kč, ovšem pro případné rozšiřování sítě jsou dvě mikrotrubička v multiductu naprosto dostatečné pro tuto lokalitu. Vybraný kabel je stejný jako v ostatních případech - DROP1000 pouze se liší v počtu vláken kterých v této variantě obsahuje 12.

Jako rozbočovací prvek je vybrán PLC rozbočovač s poměrem rozbočení 1x16. Nejvhodnější možností jeho uložení je vložení do levného plastového boxu WiFiHW – FOBOXFTTH16 obsahujícím 16 slotů na SC/APC konektory.

Mikrotrubičky, zásuvky, ONT prvky, patchcordy tyto položeny zůstali nezměněny, protože vyhovují jak této variantě, tak variantě v centru města. Dodavatelé prvků pro výstavbu zůstali také nezměněni.

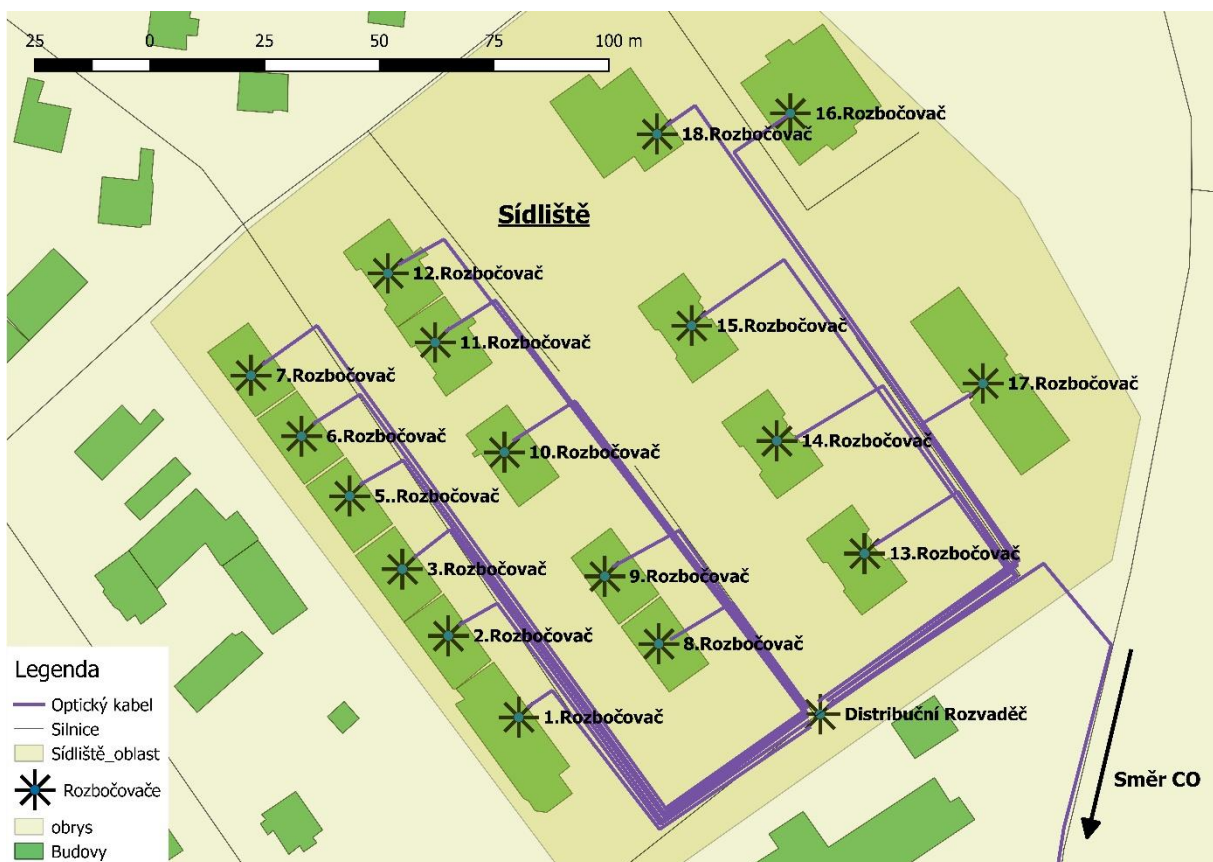
Položka	Množství	jednotka	Cena za jednotku [Kč]	Celková cena [Kč]
Optický kabel 12vl 9/125, DROP1000	2346	m	13	30498
Optický kabel 02vl 9/125, DROP1000	1846	m	5,37	9913
Multiduct	2346	m	66	154836
Mikrotrubička Mikrohard 12/8	1846	m	5,2	9599
Zásuvka optická 2xSC, LC duplex, na omítku, FTTH	8	ks	93,7	750
Huawei • HG8245H • GPON ONT	8	ks	2651	21208
PLC WiFiHW • SPL1x16ASCA2	1	ks	1246	1246
Plastový box WiFiHW • FOBOXFTTH16	1	ks	946	946
Patch cord, G.657A. 9/125,SC/APC-SC/APC	8	ks	137	1096
Výkopové práce	2300	m	250	575000
Cena projektu	15	%		120750
			Cena celkem	925 842

Tabulka 10 - finanční rozvaha, samota

Náklady na výkopové práce jsou částečně sníženy díky využití části výkopu, který je proveden pro další lokalitu navrhovanou v kapitole 5.4. Z výsledné finanční kalkulace je ovšem patrné že výkopové práce pro tuto lokalitu činí více než 50 % z celkové částky do které ovšem nejsou zahrnuté ještě případné náklady na věcné břemeno vysvětlené v kapitole 6.1. Potvrdila se tedy již zmíněná domněnka, že pro tuto variantu je technologie FTTH, jen těžko uskutečnitelná pro většinu případných investorů. I v případě poskytnutí dotace 75 % z dotačního programu OPPIK je ovšem potřeba vynaložit částku 210 460 Kč na výstavbu FTTH do této oblasti.

6.4 Sídliště

Sídliště nebo alespoň menší bytové jednotky jsou součástí každého města ale i menších vesnic. I ve městě Opočno se nachází sídliště, které se skládá z 12 panelových domů postavených před rokem 1989 a dále 5 novějších bytových domů. Průměrně se v každém z objektů nachází 10 bytů. Při budování přístupové sítě v této oblasti existují dva způsoby realizace z pohledu vlastnictví sítě. První možností je, že poskytovatel datového připojení dovede optické vlákno až do suterénu objektu, kde se ukončí na patch panelu a další pokračování optického vlákna již bude záležet na vlastníkovi objektu který také za danou část sítě sám zodpovídá při případné poruše. Druhá možnost je, že poskytovatel dovede optické vlákno až do suterénu objektu, kde je umístěn rozbočovač a následné rozvedení vlákna do jednotlivých bytů bude také realizováno oním poskytovatelem. Právě tato varianta připojení je v této studii navržena.



Obrázek 9 - schéma přístupové sítě nacházející se na sídlišti

Od centrální stanice je přivedeno optické vlákno, které ústí na portu distribučního rozvaděče, který dále připojuje celkem 17 rozbočovačů umístěných v suterénu každého objektu. Ze suterénu je dále optický mikrokabel veden až do jednotlivých bytů kde se prorazí díra až do bytu a mikrokabel je zde ukončen v nástěnné zásuvce ihned za dveřmi. Rozvedení mikrokabelu do jednotlivých bytů bývá často velmi problematické z důvodů rozdílné konstrukce každého z objektů, proto je potřeba ke každému podobnému bytovému objektu přistupovat při návrhu zcela individuálně.

Při návrhu je opět použita technologie GPON v topologii P2MP, kde není potřeba přivádět napájení k optickým prvkům mezi CO a ONT.

V každém objektu se nachází PLC rozbočovač s rozbočovací poměrem 1x16, rozbočovač s poměrem 1x12, který by byl pro tento počet ONT jednotek nevhodnější (i s rezervou) se standardně nevyrábí. Volná vlákna se v budoucnu dají využít například pro připojení zabezpečovacího systému objektu, plynového kotle apod. Rozbočovač je standardně uložen do nástěnného Plastového boxu WiFiHW - FOBOXFTTH16 se 16 sloty.

Ukončovací ONT jednotka byla opět zvolena od firmy Huawei • HG8245H podporující GPON technologii, její připojení do rozbočovače je skrze mikrokabel DROP1000 s dvěma jednovodičovými vlákny. Délka vlákna od rozbočovače do účastnické zásuvky je zprůměrována na 25 m.

Jednotlivé rozbočovače jsou s distribučním rozvaděčem připojeny dvanácti vláknovým mikrokabelem, který je zafouknut do zodolněných tlustostěnných mikrotrubiček. Tyto mikrotrubičky jsou podobně jako u předchozích variant položeny přímo do země. K distribučnímu PLC rozvaděči, který je dimenzován na rozbočovací poměr 1x32, je přiveden multiduct se čtyřmi mikrotrubičkami. Z nichž je ovšem obsazena pouze jedna, optickým kabelem DROP1000 s 12 vlákny.

Položka	Množství	jednotka	Cena za jednotku [Kč]	Celková cena [Kč]
Optický kabel 12vl 9/125, DROP1000	3000	m	13	39000
Optický kabel 02vl 9/125, DROP1000	4250	m	5,37	22823
Multiduct	488	m	91	44408
Mikrotrubička Mikrohord 12/8	2920	m	5,2	15184
Zásuvka optická 2xSC, LC duplex, na omítku, FTTH	170	ks	93,7	15929
Huawei • HG8245H • GPON ONT	170	ks	2651	450670
PLC WiFiHW • SPL1x16ASCA2	17	ks	1246	21182
Plastový box WiFiHW • FOBOXFTTH16	17	ks	946	16082
Patch cord, G.657A. 9/125,SC/APC-SC/APC	170	ks	137	23290
PLC WiFiHW • SPL1x32ASCA2	1	ks	1694	1694
Plechový venkovní box WiFiHW • FOBOXWB32	1	ks	1537	1537
Výkopové práce	998	m	950	948100
Cena projektu	15	%		240000
			Cena celkem	1 839 899

Tabulka 11 - finanční rozvaha, sídliště

Na konečné ceně zde mají opět podíl z 50 % výkopové práce. Takto vysoký podíl je zapříčiněn místem kde se sídliště nachází. Z CO do distribučního rozbočovače ale i do jednotlivých rozbočovačů v objektech je potřeba vyhloubit kynetu v asfaltovém chodníku což je finančně velice náročné, protože vyřezaný pruh v asfaltu se musí znovu zakrýt asfaltovou vrstvou, standartní cena za metr této práce činí 950kč. Vhodnější by bylo samozřejmě zvolit jinou cestu kde by se nemusel rezat asfalt a ušetřili by se tak nemalé finanční prostředky. Volba jiné cesty ovšem je těžko realizovatelná. Vlákno by se dalo například vést přes soukromé pozemky než pod chodníkem, který patří městu. Ve skutečnosti, ale tato myšlenka není příliš blízko skutečnosti. Finanční prostředky, které by se teoreticky ušetřili volbě jiného terénu, by se zase vyčerpali na věčná břemena, která jsou řádově větší, pokud jde o soukromé pozemky. Dalším problémem je jednání s více vlastníky, které by tuto stavbu neúměrně protáhlo.

6.5 Vybudování centrální stanice

Nejdůležitějším bodem celého návrhu je vybudování centrální stanice, kde se agregují datové toky ze všech částí sítě. Vybudované, CO je umístěno v budově bývalé pošty v centru města Opočno. Jak již bylo zmíněno v kapitole 6.1 výběr tohoto místa jako CO je jednoznačný, je zde možné se připojit k páteřní síti.

Technické zázemí centrální stanice optické přístupové sítě FTTH vychází z počtu koncových účastníků a z představy poskytovaných služeb Triple Play. Agregací a řídicí prvek centrální stanice je tvořena jedním zařízením – multi inteligentní přístupovou platformou, MA5683T od společnosti Huawei, která je koncipovaná jako stavebnicový systém. V základní konfigurace obsahuje 2x procesorovou kartu, 2x uplink port 2GE, 2x napájecí zdroj a 8x GPON karta s SFP C+. Tato konfigurace je dostatečná pro navrhovanou síť, ve které se agregují všechny tři části diskutované v této práci a je zde prostor pro další oblasti které by se budovali.

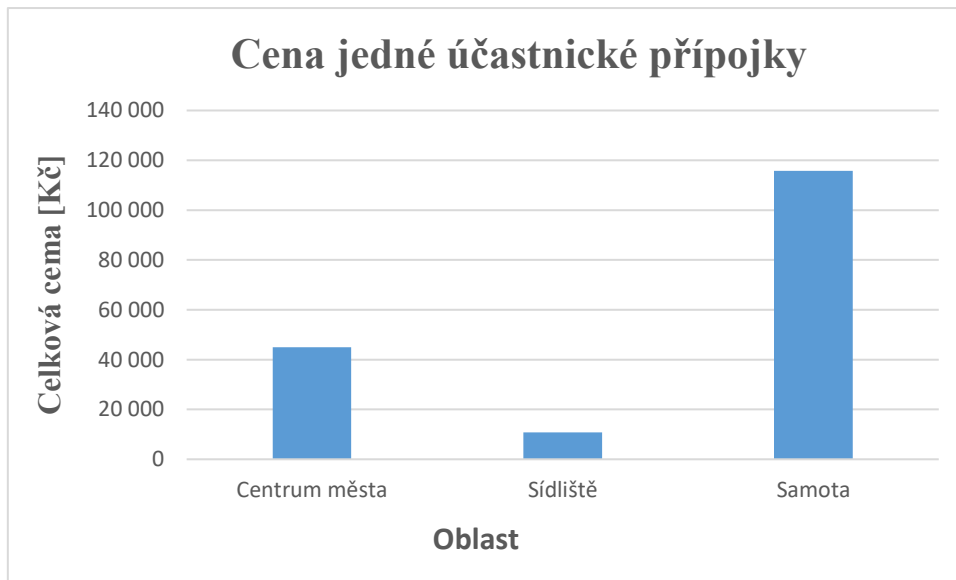
Zajištění konektivity směrem k páteřním sítím (WAN) resp. do „internetu“ je klíčovým prvkem celého projektu. Vždy se hledá poměr mezi dostatečnou kapacitou a určitým stupněm agregace, neboť by nebylo finančně únosné mít permanentně vyhrazenou kapacitu pro každého zákazníka. Pro takto navrhovanou síť je rozumná konektivita okolo 2 Gb/s s přihlédnutím na její cenu, která od společnosti CETIN a.s. činí přibližně 20 000 Kč/měsíc. Je zde také možnost diskutovat nad záložní konektivitou, z pohledu oblasti a počtu zákazníků je rozumná konektivita pro tuto oblast zhruba 500 Mb/s za cenu nepřesahující 10 000 Kč/ měsíc.



Obrázek 10 - Nákres polohy, všech diskutovaných lokalit.

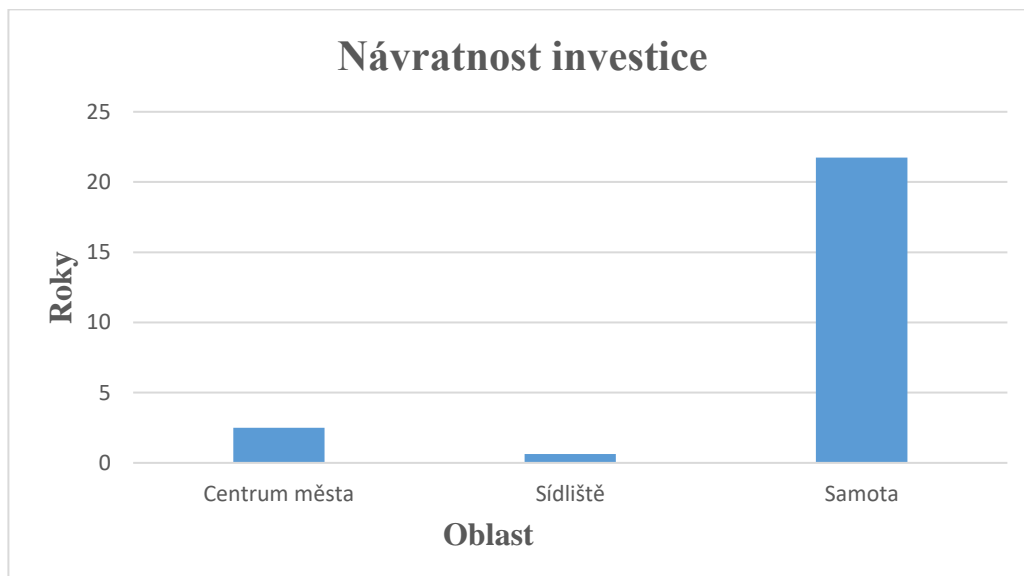
6.4 Finanční rozvaha projektu

Při výstavbě jakékoli síťové infrastruktury vždy rozhoduje o proveditelnosti projektu výše vynaložených investic, udržitelnost celého projektu, popřípadě další ekonomický potenciál v budoucnu, ovšem nejdůležitějším ekonomickým parametrem při rozhodování o výstavbě je návratnost investic. Zde vypočítané hodnoty jsou čistě teoretické, do kalkulací se nezahrnovala věcná břemena, mzdy ani případné další náklady. Vypočtené hodnoty pracují s předpokladem, že každý v oblasti, kde je vybudována NGA přípojka, platí pravidelně částkou 400Kč/měsíc.



Graf 1 - Cena jedné účastnické přípojky

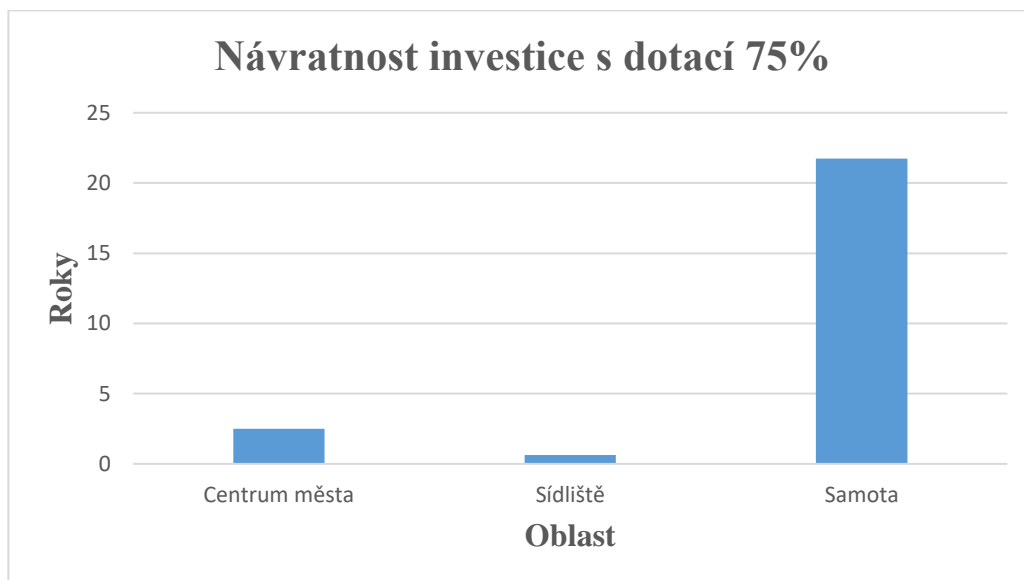
V grafu č. 1 je vypočtena cena jedné účastnické přípojky v dané lokalitě, je zde jasně vidět že jedna účastnická přípojka na sídlišti je řádově levnější než přípojka na samotě.



Graf 2 – Návratnosti investice

V grafu č. 2 je pro každou lokalitu zobrazena návratnost vynaložených investic. Doba návratnosti je ponížena o provozní náklady, které se jsou počítány v tomto typu sítě 3 % ročně z počáteční výše investic do projektu. Na grafu č. 2. jsou vidět velice zajímavé výsledky výpočtu

návratnosti. Na první pohled je zřejmé že návratnosti 85 let v oblasti Samota nepřiláká žádného investora, dokud se nesníží buď provozní náklady nebo cena za kterou se přípojka zrealizuje. Naopak oblast Sídliště s návratností 2,5 roku bude první část města, která bude potencionální investory zajímat.



Graf 3- Návratnost investice s dotací 75%

V grafu č.3 je pro každou lokalitu zobrazena návratnost vynaložených investic a provozních nákladů s přihlédnutím k uplatnění maximální dotační podpory 75 % z dotačního programu OPPIK. Tato čísla jsou jistě pro případné investory zajímavější, avšak návratnost 22 let v oblasti Samota bude příčinou toho že tato oblast bude i nadále bez NGA přípojky.

7. Závěr

Cílem této práce bylo analyzovat současné technologické možnosti budování sítí NGA v reálné situaci za stávajících podmínek v roce 2017 pro Českou Republiku. V první kapitole byl proveden souhrn problematiky týkající se státní podpory pro výstavbu NGA sítí v rámci dotačního programu OPPIK.

Druhá a třetí kapitoly jsou soustředěny na sumarizování struktury přístupové sítě a technologií které se v této části sítě používají. Po důkladné analýze fyzikálních parametrů jednotlivých technologií byla zvolena pro případovou analýzu technologie GPON, která umožňuje pasivní provedení rozbočovacích prvků a ušetření tak výrazné části nákladů, na budování přístupové sítě s menší hustotou osídlení.

Ve čtvrté kapitole jsou diskutovány prvky, které se při realizaci přístupových sítí využívají. Diskutovány jsou především typy používaných optických kabelů podle standardů, které splňují podmínky dotačního programu OPPIK ale také konektory, které jsou také přesně předepsané. Dále systémy uložení a ochrany optického kabelu a v neposlední řadě problematika Smart Grid řešení.

V páté kapitole je řešen problém separace mapových podkladů pro plánování telekomunikačních sítí. Po diskuzi s odborníky z praxe v oblasti plánování, byl zvolen pro tento účel geografický informační systém QGIS, které je pro tento účel vhodnější než Matlab, který měl být cílovou aplikací pro zpracování topologických podkladů pro tuto práci. V Matlabu neexistuje nezaplatněný softwarový doplněk, který by poskytoval rozsáhlejší a propracovanější funkce než QGIS, které v tomto ohledu je špičkou mezi nezaplatněným softwarem. Případné další zpracování geografických dat z QGISu je v Matlabu možné díky exportovatelným datovým formátům CSV nebo TSV. Pro návrh přístupové sítě byli použity, volně dostupné mapové podklady České Republiky ze serveru Geofabrik.

V šesté kapitole se nachází případová studie která se skládá ze čtyřech částí a každá z nich modeluje jednu z typických oblastí přístupových sítí. Jako modelová oblast, bylo vybráno město Opočno, nacházející se v oblasti, kam směřuje finanční podpora z dotačního programu OPPIK. Tato oblast byla vybrána právě z důvodu, že obsahuje pestrou strukturu různých typů lokalit.

V první části byla navržena přípojná síť k základnovým stanicím GSM sítě, které se v okolí nacházejí a jsou připojeny do páteřní sítě mikrovlnnými spoji. Tyto spoje však svou kapacitou nemohou stačit na přenos dat v nastupujících mobilních sítích 5. generace. Pro jejich připojení do páteřní sítě je využito optické vlákno tažené synergicky s elektrickým vedením.

Další část se soustředí na návrh distribuční úrovně přístupové sítě v historické části města, kde neexistuje nadzemní elektrické vedení, které by se dalo využít pro vybudování přístupové sítě.

Třetí část simuluje oblast typickou pro okrajové části měst, popřípadě řídké obydlené oblasti, kde je veliký problém s rentabilitou celého projektu výstavby a odrazuje případné poskytovatele od budování NGA sítě do těchto oblastí.

V poslední části je navržena NGA síť na sídliště, kde doteď tato síť neexistovala. Z pohledu celé případové studie, se jedná o nejatraktivnější oblast z pohledu potenciálních investorů i za předpokladu, nevyužití podpory z dotačního programu OPPIK.

Práce je založena na teoretických poznatcích, které byly aplikovány do skutečných přístupových sítí. Výstupem jsou čtyři případové modely, které poskytují pohled na finanční náročnost i finanční rentabilitu vložených investic. Pro pasivní infrastrukturu byla zvolena, moderní technologie mikrotrubičkování, jejíž modularita efektivně pokrývá členité prostředí přístupové sítě a zároveň poskytuje finanční úsporu, oproti konvenčním technologiím pokládky pasivní infrastruktury. Ve všech čtyřech studiích činí největší finanční položku výkopové práce, které se dají v oblastech, kde je to technicky možné nahradit synergií optických kabelů a elektrické distribuční sítě.

Budoucí rozvoj přístupových sítí ovšem nekončí u rychlosti 30Mbit/s, které mají být dostupné v každé domácnosti do roku 2020 podle Národního plánu rozvoje přístupových sítí. Již teď je potřeba přemýšlet nad tzv. konceptem gigabit society, kde se již počítá s rychlostmi většími než 1 Gbit/s. V případě sítí nové generace, je prokázán pozitivní přínos dostupnosti vysokorychlostního přístupu k internetu na zaměstnanost, konkurenceschopnost a životní úroveň obyvatel. Výstavba vysokorychlostních přípojek, je tedy globálním přínosem pro rozvoj lidstva a neměl by být bržděna politickými problémy, které tuto oblast často postihují.

8. Literatura

8.1 Seznam použité literatury

- [1] LAFATA, Pavel a Jiří VODRÁŽKA. *Optické přístupové sítě a přípojky FTTx*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-800-1054-635.
- [2] *Metodika pro výstavbu sdílené infrastruktury v elektronických komunikacích: brožura ICT UNIE* [online]. In: . [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: http://www.ictu.cz/fileadmin/user_upload/documents/Pozicni_dokumenty/ICTU-brozura-OTEV-SITE_15-09-02.pdf
- [3] *Školení QGIS pro začátečníky* [online]. GISMentors, 2014 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://training.gismentors.eu/qgis-zacatecnik/index.html>
- [4] *Strategie rozvoje sítí nové generace (NGA/NGN)* [online]. In: . 1. Výbor nezávislého ICT průmyslu, 2015, s. 41 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: http://vnictp.cz/wp-content/uploads/2015/12/VNICTP_NPRSNG.pdf
- [5] TALHOFER, Václav. *Základy matematické kartografie: (skripta)* [online]. Brno: Univerzita obrany, 2007 [cit. 2017-04-30]. ISBN 978-80-7231-297-9. Dostupné z: <https://user.unob.cz/talhofer/Z%C3%A1klady%20matematick%C3%A9%20kartografi%20e.pdf>
- [6] ARCDATA PRAHA [online]. Praha [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>
- [7] GEOFABRIK Data. *GEOFABRIK* [online]. Karlsruhe Germany: Geofabrik, 2016 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://www.geofabrik.de/data/index.html>
- [8] *Mapy.cz* [online]. Praha: Seznam, 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [9] Geografický informační systém. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Geografick%C3%BD_informa%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m
- [10] Digitální Česko v. 2.0, Cesta k digitální ekonomice. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2013 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz//dokument127530.html>

- [11] Geografický informační systém. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Geografick%C3%BD_informa%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m
- [12] *Výstavba sítí pro vysokorychlostní internet bude jednodušší* [online]. In: . Praha: Odbor komunikace a marketingu 10500, 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/vystavba-siti-pro-vysokorychlostni-internet-bude-jednodussi--227610/>
- [13] *Národní plán rozvoje sítí nové generace* [online]. In: . MPO, 2016, s. 87 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/2016/11/NPRSNG-27-9-2016.pdf>
- [14] Optické standardy. *Dipol* [online]. 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.dipolnet.cz/opticke_standardy_bib327.htm
- [15] Mikrotrubička Mikrohard. *Ma-Fia.cz* [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.ma-fia.cz/produkt/642/mikrotrubicka-mikrohard-10-8-primarni-fialova/>
- [16] *Communications network solutions for smart grids* [online]. , 16 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: https://w5.siemens.com/belux/web/fr/infrastructure-and-cities/smart-grid/smart-communications/Documents/Communication%20Network%20Solutions%20for%20Smart%20Grids_110638_WS_CommSolutions_Dach_E.pdf
- [17] Standardizace širokopásmových systémů přenosu po energetickém vedení. *Access* [online]. 2005 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocianku=2005112801%3E.%20ISSN%201214-9675>
- [18] Kategorie: Dílce, Materiály Svazky mikrotrubiček pro optické sítě. *Stavební investorské noviny* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/2974-svazky-mikrotrubicek-pro-opticke-site>
- [19] OptiX PTN 1900 Transmission Systems. *Huawei* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://e.huawei.com/en/products/fixed-network/transport/ptn/ptn-1900>

- [20] Huawei optix ptn 910. *Alibaba* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.alibaba.com/showroom/huawei-optix-ptn-910.html>
- [21] *Aircom: prvky pro budování optické sítě* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: [21] <http://www.wifihw.cz>
- [22] https://www.profiber.eu/files/prednasky/Technicky_workshop_11.5.2017/J.Broucek_Podpora_vystavby_siti_NGA_PROFiber_Workshop_OPPIK_11.5.2017.pdf

8.2 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 – Mapa pokrytí	3
Obrázek 2 – Schéma přístupové sítě	5
Obrázek 3- Systém mikrotrubiček v HDPE trubkách a ochranné tlustostěnné trubce.....	19
Obrázek 4 – Importovaná surová data pro menší oblast ze serveru Geofabrik.....	25
Obrázek 5 - vyfiltrované vrstvy	27
Obrázek 6 - Nákres synergie elektrickým vedením 110 a 400kV.....	30
Obrázek 7- Schéma přístupové sítě v centru města.....	33
Obrázek 8- schéma přístupové sítě typu – samota	36
Obrázek 9 - schéma přístupové sítě nacházející se na sídlišti	38
Obrázek 10 - Nákres polohy, všech diskutovaných lokalit.	40
Obrázek 11 - schéma výsledné optické sítě v Opočně	50

8.3 Seznam tabulek

Tabulka 1- charakteristika fyz. vrstvy pro sestupný směr 1244,12Mbit/s	13
Tabulka 2- charakteristika fyz. vrstvy pro sestupný směr 2488,32 Mbit/s	13
Tabulka 3 - charakteristika fyz. vrstvy pro směr vzestupný 1244,12Mbit/s	13
Tabulka 4 – Parametry optického vlákna ITU-T G.652D.....	16
Tabulka 5 – Parametry optického vlákna ITU-T G.657A.....	16
Tabulka 6 - Atributová tabulka vrstvy „voda“	26
Tabulka 7 - Názvy a parametry vedení pro jednotlivé BTS.....	31
Tabulka 8 - finanční rozvaha.....	32
Tabulka 9- finanční rozvaha, centrum města	35
Tabulka 10 - finanční rozvaha, samota	37
Tabulka 11 - finanční rozvaha, sídliště	39

8.4 Seznam obrázků

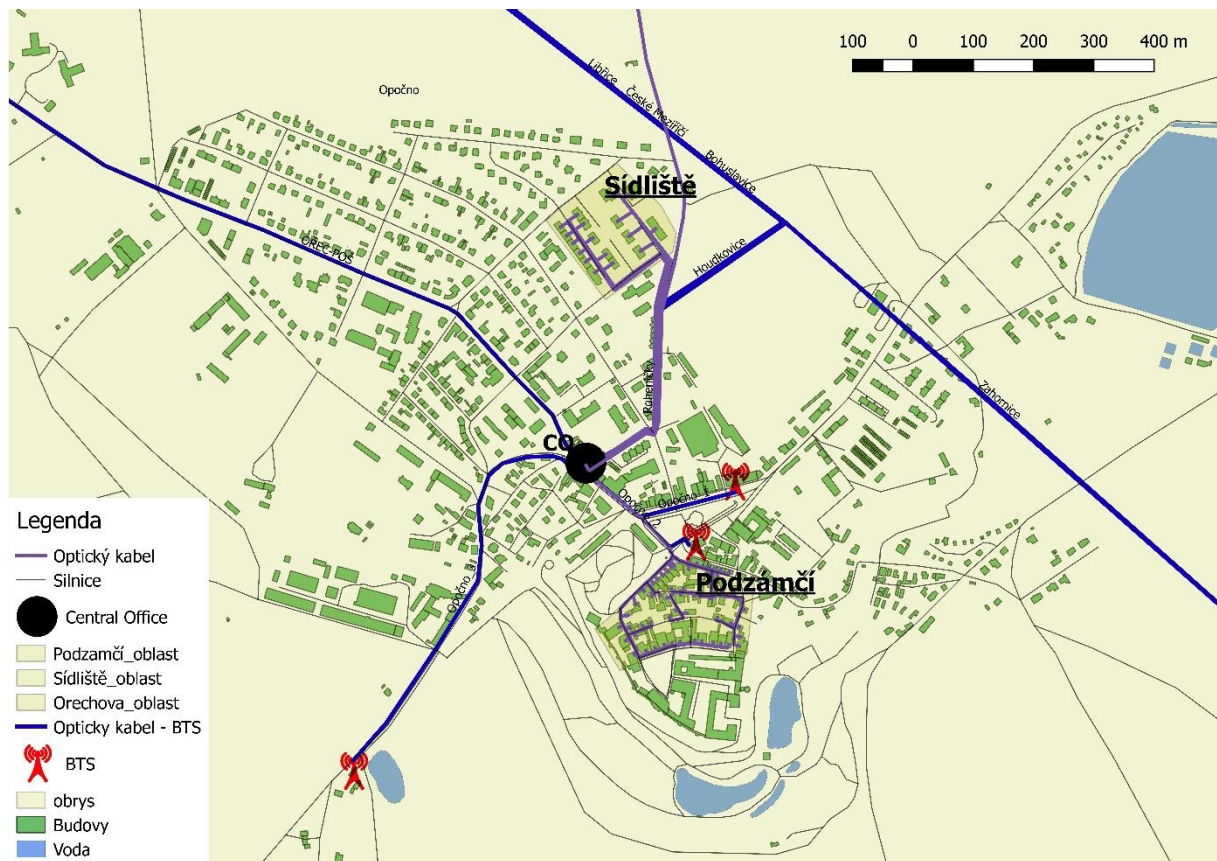
Graf 1 - Cena jedné účastnické přípojky	41
Graf 2 – Návratnosti investice.....	41
Graf 3- Návratnost investice s dotací 75%.....	42

8.4 Seznam použitých zkratk

AON	Active optical network
AP	Access point – přístupový uzel
CSC	Comma-separated values -
ČUZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
D-AN	Distribution-access network – distribuční část přístupové sítě
Downstream	Sestupný směr přenosu (od sítě k zákazníkovi)
DP	Distribution point – distribuční bod v přístupové sít

DSLAM	Digitální účastnický linkový přístupový multiplexor
EPON	Ethernet passive optic network
F-AN	Feeder-access network – přípojná část přístupové sítě
GIS	Geografický informační systém
GPON	Gigabit passive optic network
GPON	Gigabitová ethernetová pasivní optická síť
HDPE	Polyethylen s vysokou hustotou
ICT	Informační a komunikační technologie
Mbit/s	Megabit za sekundu
NGA	Přístupové sítě nové generace
NPRSNG	Národní plán rozvoje sítí nové generace
OLT	Optical line terminal – zařízení pro agregaci a správu provozu v optické síti
ONT	Optical network terminal – zařízení s optickým portem u koncového zákazníka
P2MP	Point to multipoint – typ topologie
P2P	Point to point – typ topologie
Patchcord	Propojovací optická šňůra opatřená na obou koncích konektory
PON	Passive optical network – pasivní optická síť
SHP	Shapefile - datový formát
Splitter	Pasivní optická součástka používaná k větvení optického signálu
TDM	Time division multiplex – časové dělení
TSV	Tab-separated values – datový formát
U-AN	User-access network – uživatelská část přístupové sítě
Upstream	Vzestupný směr přenosu (od zákazníka do sítě)
WDM	Pasivní optická součástka – vlnový multiplexor

Přílohy



Obrázek 11 - schéma výsledné optické sítě v Opočně