

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Bakalářská práce

**Současné metody návrhu a prezentace projektů
technologických zařízení staveb**

Jan Nemeškal

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Nemeškal

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Současné metody návrhu a způsoby prezentace projektů TZS

Název anglicky

Contemporary methods of design and presentation of technological building equipment projects

Cíle práce

Cílem práce je provedení návrhu a prezentace projektu na realizaci výstavby sítě elektronických komunikací ve vymezeném urbanistickém celku. Autor se zabývá vytvořením projektové dokumentace ve stupních potřebných pro vydání Rozhodnutí o umístění stavby (DUR) a dále zpracováním konceptu elektronické komunikační sítě založené na technologii FTTH (Fiber To The Home). Obsahem práce je též posouzení současných projekčních metod s návrhy na prezentaci a uplatnění nových trendů v oblasti projektování optických distribučních sítí.

Metodika

Před provedením návrhu byly nejdříve shromážděny digitální polohopisné a katastrální mapy. Zároveň byly získány podklady a informace k průběhu podzemních i nadzemních vedení správců technického vybavení. Na základě místního šetření v zájmové oblasti byl následně zhotoven návrh projektu vedení venkovních lini-ových tras. Trasy byly navrženy tak, aby zohledňovaly požadavky na pokrytí všech budov určených k bydlení a objektů občanské vybavenosti, a také s ohledem na urbanistické zájmy a technické normy pro návrhy tras podzemních sítí. Jako koncept komunikační sítě byla vybrána v současné době již poměrně hojně využívaná struktura typu FTTH. V souladu s touto strukturou a s použitím vhodné technologie pro aktivní i pasivní optické distribuční prvky byl navržen technologický projekt komunikační sítě. Pro zpracování grafické části projektu byl použit program Autodesk AutoCAD 2019. Texty a tabulkové prvky byly vytvořeny pomocí nástrojů MS Office Word a Excel. Pro grafickou prezentaci projektu posloužily přehledové situace tras v zájmové oblasti a animace znázorňující tvorbu, správu a přenosové možnosti telekomunikační sítě. Veškeré prvky návrhu a parametry projektu byly popsány v textové zprávě.

Doporučený rozsah práce

35-40

Klíčová slova

projektování, FTTH, GPON, DUR, DPS, GIS, CAD software, komunikační sítě, optické distribuční systémy, prezentace

Doporučené zdroje informací

- [1] Český normalizační institut; "ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení " [2] Český normalizační institut; "ČSN 83 9061 Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích" [3] Česká republika; "499/206 Sb. Vyhláška o dokumentaci staveb" [4] Česká republika; "127/2005 Sb. Zákon o elektronických komunikacích § 104 [5] Yang Song, Yang Ying; „Urban planning and design based on AutoCAD to expand GIS function“ 2020 , 11-20, <https://doi.org/10.14733/cadaps.2020.S2.11-21> [6] Ing. Lukáš Bubník, Ing. Jiří Klajbl, Ing. Petr Mazuch; „Optoelektrotechnika“, Code creator s.r.o.. ISBN 978-80-88058-20-5 [7] Josef Prat; "Next-generation FTTH passive optical networks", Springer, ISBN 978-1-4020-8470-6 [8] Kucharski, M., Dubský, P.; "Měření přenosových parametrů optických vláken, kabelů a tras", MIKROKOM, Praha 1998 [9] Joerg Schaller, Hohannes Gnaedinger, Leon Reith, Sebastian Freller, Cristina Mattos; "GeoDesign: Concept for integration of BIM and GIS in landscape planning", Wichman Verlag, VDE VERLAG GMBH. ISBN 978-3-87907-629-1

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Jan Sander, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 16. 2. 2023

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Současné metody návrhu a prezentace projektů technologických zařízení staveb" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 27.3.2023



Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce Ing. Janu Sanderovi Ph.D. za jeho podnětné rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky.

Současné metody návrhu a prezentace projektů technologických zařízení staveb

Abstrakt

Cílem práce je provedení návrhu a prezentace projektu na realizaci výstavby sítě elektronických komunikací ve vymezeném urbanistickém celku. Autor se zabývá vytvořením projektové dokumentace ve stupních potřebných pro vydání Rozhodnutí o umístění stavby (DUR) a dále zpracováním konceptu elektronické komunikační sítě založené na technologii FTTH (Fiber To The Home). Obsahem práce je též posouzení současných projekčních metod s návrhy na prezentaci a uplatnění nových trendů v oblasti projektování optických distribučních sítí.

Klíčová slova: projektování, FTTH, GPON, DUR, DPS, GIS, CAD software, komunikační sítě, optické distribuční systémy, prezentace

Contemporary methods of design and presentation of technological building equipment projects

Abstract

The aim of the work is to design and to present a project for the construction of a network of electronic communications in a defined urban area. The author deals with the creation of project documentation at the stages required for the issuance of the Building Location Decision (DUR) as well as the development of the concept of an electronic communication network based on FTTH (Fiber To The Home) technology. The work also includes an assessment of current design methods with proposals for the presentation and application of new trends in the field of optical distribution network design.

Keywords: design, FTTH, GPON, documentation for building construction permit, documentation for building realization, GIS, CAD software, communication networks, optical distribution system, presentation

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce a metodika	2
2.1 Cíl práce	2
2.2 Metodika	2
3 Současný stav poznání řešené problematiky	3
3.1 Telekomunikační síť	3
3.2 Proces návrhu technické dokumentace	4
3.2.1 Projektování liniových staveb, související normy a právní předpisy	4
3.2.2 Softwarové nástroje, datové soubory a doplňky	7
3.2.3 Tvorba textové části projektu	8
3.3 Architektura a výstavba sítí FTTH.....	9
3.3.1 Stavební část a mikrotrubičkové systémy	9
3.3.2 Optická část, aktivní a pasivní distribuční prvky.....	14
3.3.3 Prezentace projektů telekomunikačních sítí	19
3.3.4 Měření optických tras	20
3.4 Modernizace pasivních optických sítí	21
4 Návrh stavebně-technologického projektu	23
4.1 Dokumentace pro vydání územního rozhodnutí	23
4.1.1 Průvodní zpráva	23
Identifikační údaje	23
Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení	23
Seznam vstupních podkladů	23
4.1.2 Souhrnná technická zpráva	24
Popis území stavby	24
Celkový popis stavby	24
Připojení na technickou infrastrukturu	26
Dopravní řešení	26
Řešení vegetace a souvisejících terénních úprav	26
Popis vlivů stavby na životní prostředí a jeho ochrana	27
Ochrana obyvatelstva.....	27
Zásady organizace výstavby	27
4.1.3 Situační výkresy	27
4.2 Dokumentace pro provedení stavby	28

4.2.1	Technologická zpráva	28
	Zemní práce a pokládka mikrotrubiček	28
	Realizace optických distribučních tras.....	29
	Vnitřní rozvody	29
	Bezpečnost práce.....	29
4.2.2	Výkresová dokumentace projektu FTTH.....	30
4.2.3	Management vyvádění optických vláken.....	31
4.2.4	Předběžný odhad nákladů na realizaci stavby	32
5	Závěr.....	33
	Seznam použitých zdrojů	34
	Seznam příloh.....	36

Seznam obrázků

Obrázek 1:	Vrtná souprava pro mikrotunelování (zdroj: Autor)	10
Obrázek 2:	Mikrotrubičkové svazky (zdroj: Autor)	11
Obrázek 3:	Mikrotrubičky a jejich spojky (zdroj: Autor) (zdroj: Autor).....	12
Obrázek 4:	Ballmarker (zdroj: Autor).....	13
Obrázek 5:	Technologický pilíř se zemní komorou (zdroj: Autor)	13
Obrázek 6:	Optický pigtail (zdroj: Autor).....	15
Obrázek 7:	Konektorový adaptér (zdroj: Autor).....	15
Obrázek 8:	Optický splitter s odbočným poměrem 1:64 (zdroj: Autor)	16
Obrázek 9:	Optický distribuční rám (zdroj: Autor)	17
Obrázek 10:	Optický patchcord (zdroj: Autor).....	18
Obrázek 11:	Jednotka ONT (zdroj: Autor)	18
Obrázek 12:	Riser kabel s odbočným členem (zdroj: Autor).....	18

Seznam použitých zkratk

Soupis a definování zkratk (vyskytuje-li se jich v textu velké množství)

CAD	computer aided design, konstruování s podporou počítačů
CATV	kabelová televize
DIO	dopravně inženýrská opatření
DPS	dokumentace pro provedení stavby
DSPS	dokumentace skutečného provedení stavby
DUR	dokumentace k územnímu rozhodnutí
FAT	fiber access terminal, vláknový přístupový terminál
FBT	fused bionic taper, tavený dvojitý odbočovač
FDT	fiber distribution terminal, vláknový distribuční terminál
FTTH	fiber to the home, vlákno až do domu (bytu)
GIS	geographical information systems, geografické informační systémy
GPON	gigabit-capable passive optical network, gigabitová pasivní optická síť
HDPE	high density polyethylene, vysokohustotní polyethylen
HP	home pass, domovní (bytová) přípojka
IPTV	internet protocol television, televize přes internetový protokol
ITU-T	international telecommunication union, mezinárodní telekomunikační unie
LAN	local area network, místní síť
MMF	multi mode fiber, mnohovidové optické vlákno
ODF	optical distribution frame, optický rozvodný rám
OLT	optical line terminal, optický linkový terminál
ONT	optical network terminal, účastnická zásuvka
P2MP	point-to-multipoint
PLC	planar lightwave circuit, krystalická dělicí struktura
SEK	síť elektronických komunikací
SMF	single mode fiber, jednovidové optické vlákno
VoIP	voice over internet protocol, přenos hlasu přes internetový protokol
WDM	wavelength division multiplexing, vlnové multiplexování

1 Úvod

Současné metody návrhu a prezentace projektů technologických zařízení staveb probíhají převážně v digitálním prostředí programů vycházejících z platformy CAD (Computer aided design). Autor si téma vybral na základě skutečnosti, že se projekční činností zabývá i ve svém profesním životě. Vzhledem k poměrně velké různorodosti typů technologických zařízení staveb byla daná problematika v této práci přiblížena na průběhu návrhu a prezentace projektu na výstavbu optické sítě elektronických komunikací ve vymezeném urbanistickém celku. V několika kapitolách byla postupně popsána životní cesta projektu od jeho zrodu až po prezentaci konečného návrhu investorovi.

V teoretické části práce se autor soustředil na poznání současného stavu řešené problematiky, a to zejména procesu projektování telekomunikačních sítí a softwarových nástrojů určených k vytváření, sdílení a prezentaci grafické části projektů. Pozornost byla věnována také platným právním předpisům souvisejících s návrhem, obsahem a rozsahem dokumentace potřebné k vydání Rozhodnutí o umístění stavby. Ve své práci se autor zaměřil i na metodologii designu sítí FTTH, příslušných technických norem a doporučení výrobců technologických prvků.

V praktické části práce byl proveden samotný návrh stavebně-technologického projektu výstavby SEK. Jako zájmová oblast byla vybrána fiktivní urbanistická lokalita, která však obsahuje prvky a vazby jako typické území sídliště se zástavbou z panelových domů. Návrh probíhal ve třech navazujících fázích. V přípravné fázi proběhlo seznámení se zájmovým územím projektu a získání dostupných geodetických a topologických dat. V projekční fázi byl nejdříve zpracován plán tras pro umístění venkovní liniové části veřejné komunikační sítě. Tento plán byl určujícím prvkem pro budoucí podobu dokumentace pro územní řízení, na jeho základě byla také navržena páteřní struktura komunikační sítě, včetně umístění aktivních i pasivních distribučních prvků. Závěrečná část projekční fáze spočívala ve vytvoření projektů sdělovacích rozvodů v rezidenčních objektech v dané lokalitě.

V prezentační fázi proběhlo představení projektu jako celku, včetně možností pro budoucí rozšiřování rozsahu sítě a poskytovaných služeb.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je provedení návrhu a prezentace projektu na realizaci výstavby sítě elektronických komunikací ve vymezeném urbanistickém celku.

2.2 Metodika

Před provedením návrhu byly nejdříve shromážděny digitální polohopisné a katastrální mapy. Zároveň byly získány podklady a informace k průběhu podzemních i nadzemních vedení správců technického vybavení. Na základě místního šetření v zájmové oblasti byl následně zhotoven návrh projektu vedení venkovních liniových tras. Trasy byly navrženy tak, aby zohledňovaly požadavky na pokrytí všech budov určených k bydlení a objektů občanské vybavenosti, a také s ohledem na urbanistické zájmy a technické normy pro návrhy tras podzemních sítí. Jako koncept komunikační sítě byla vybrána v současné době již poměrně hojně využívaná struktura typu FTTH. V souladu s touto strukturou a s použitím vhodné technologie pro aktivní i pasivní optické distribuční prvky byl navržen technologický projekt komunikační sítě. Pro zpracování grafické části projektu byl použit program Autodesk AutoCAD 2019. Texty a tabulkové prvky byly vytvořeny pomocí nástrojů MS Office Word a Excel. Pro grafickou prezentaci projektu posloužily přehledové situace tras v zájmové oblasti a animace znázorňující tvorbu, správu a přenosové možnosti telekomunikační sítě. Veškeré prvky návrhu a parametry projektu byly popsány v textové zprávě.

3 Současný stav poznání řešené problematiky

3.1 Telekomunikační síť

Opomineme-li telegrafní vedení, lze počátky sdělovacího vedení datovat do konce devatenáctého století, kdy vznikaly první telefonní linky zejména mezi továrnami, nádražími a domy movitých průmyslníků. Telefonní linky se postupem času rozšířily prakticky do všech domovů, podniků a veřejných institucí, čehož bylo využito v začátcích poskytování služeb pro šíření dat.

K celosvětové síti internet se přistupovalo pomocí dial-up modemu, jenž převáděl digitální signál z počítače na analogový, který přes linku posílal dále k serveru. S rozvojem ISDN a DSL technologií byla částečně oddálena potřeba změny přenosové komunikační struktury, avšak v dnešní době se metalické kabely používají již pouze pro koncové větve sítě a vnitřní rozvody (strukturovaná kabeláž, CATV).

Současné typy telekomunikační sítě lze tedy rozdělit podle toho, do jaké míry se na přenosu signálu k uživateli podílí optická vlákna. Pro označování těchto sítí se užívá pojmu FTTx, kdy poslední písmeno udává rozhraní mezi optickou a metalickou strukturou.

- FTTN (Fiber To The Node) – optické vlákno vede do distribučního terminálu, ze kterého je připojeno až několik set účastníků s využitím metalických kabelů
- FTTB (Fiber To The Building) – optické vlákno je přivedeno do bytového domu, kde je napojeno na vnitřní strukturovanou kabeláž
- FTTH (Fiber To The Home) – optické vlákno směřuje až do účastnické zásuvky
- FTTCab (Fiber To The Cabinet) – optické vlákno vede až do přístroje (PC)

Díky rozvoji a zlevnění procesu výroby optických vláken má výstavba pasivní optické sítě FTTH srovnatelné náklady jako např. hybridní koaxiálně optická síť, která by byla ještě před několika lety v návrhu použita. Výhodou je však velká přidaná hodnota optické sítě, jelikož má velmi nízkou poruchovost a životnost optických vláken dosahuje až 30 let.

V budoucnu bude zároveň možné s využitím stávající infrastruktury provést modernizaci gigabitové optické sítě na síť nové generace NG-PON, které budou schopné dosahovat rychlostí 10 Gbit/s a více.

3.2 Proces návrhu technické dokumentace

3.2.1 Projektování liniových staveb, související normy a právní předpisy

Vzhledem k neustálým požadavkům na větší míru digitalizace procesů jsou v současné době projekty telekomunikačních sítí vytvářeny téměř výhradně za využití počítačových programů umožňujících zpracování, analýzu a management vektorových dat. [9]

Použití počítačového návrhu, oproti ručnímu, skýtá celou řadu výhod. Především je to preciznost návrhu, dále snadné provádění úprav a sdílení projektů. Díky použití jednotného souřadnicového systému¹ je možné při návrhu a prezentaci propojovat data z různých zdrojů. Může jít o polohopisné mapy, digitální reliéf terénu, katastrální mapy, satelitní snímky ortofoto, projekty souvisejících staveb atd. Samotné grafické přílohy mají pak nejčastěji podobu 2D nebo 3D vizualizací a různých schémat.

Na základě podkladů z předprojektové fáze je vytvořen koncept umístění liniového vedení telekomunikační sítě a přidružených venkovních technologických zařízení. Zpravidla je proveden zákres do podkladu polohopisné mapy, který je následně upravován v závislosti na poloze stávajících inženýrských sítí, požadavcích na funkční využití ploch územního plánu, okolních stavbách a vegetaci. Při návrhu je kladen důraz na dodržení vhodných odstupových vzdáleností, které jsou vymezeny v normách souvisejících s projektováním telekomunikačních sítí.

Povinné odstupy od stávajících sítí jsou uvedeny v normě ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení. Tato norma platí pro koordinaci prostorového uspořádání sítí technického vybavení v etapě územního plánování a projektování těchto sítí v zastavěných a nezastavěných územích v hranicích měst a obcí. Součástí normy ČSN 73 6005 jsou mimo jiné i požadavky na umístění inženýrských sítí s ohledem na urbanistické využití přidruženého dopravního prostoru. [1]

Ochranu stromů při stavební činnosti popisuje příslušná norma ČSN 83 9061 Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích. Mimo jiné se v ní uvádí že: „Slouží k ochranně a zachování jednotlivých stromů a porostů rostlin (vegetačních ploch), tvořených např. keři, travami a bylinami. Neboť ekologickou, klimatickou, estetickou, ochrannou nebo jinou hodnotu

¹ V ČR Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální S-JTSK

stávajících rostlin/výsadeb nelze obvykle buď vůbec nahradit, nebo lze jejich obnovy dosáhnout až po mnoha letech.“ [2]

Současné je potřebné, aby parametry návrhu kynety² pro ukládání liniových ochranných prvků (např. HDPE chrániček, mikrotrubiček či mikrotrubičkových svazků) vyhověly nárokům na citlivost optických vláken při ohybu a deformaci. Pro bezproblémovou instalaci a dlouhodobou životnost optických kabelů je nutné respektovat, že minimální povolený rádius ohybu mikrokabelu je 70 mm a maximální povolená tažná síla mikrokabelu je 1000 N.

Pozice nadzemních technologických pilířů (boxy FDT) jsou situovány do strategických uzlových lokalit dle kritérií zvolené přenosové soustavy. Těmi hlavními kritérii jsou celkový limit útlumu optické trasy, předepsaný odbočný poměr a maximální počet aktivních uživatelů v clusteru. [6]

Při projektování v CAD programu je vhodné umísťovat jednotlivé prvky do příslušných vrstev výkresu. Vrstvy jsou velmi užitečnou funkcí a jsou klíčem ke zlepšení efektivity práce, editace a přehlednosti. V jednom souboru tak mohou být obsaženy veškeré části projektu a pomocí karet rozvržení zobrazovány pouze dílčí stupně projektové dokumentace. Karty rozvržení lze použít i při následném exportu a tisku. Data z rozličných zdrojů mohou být importována pomocí externích referencí, např. informace z geografických informačních systémů (GIS), excelové soubory nebo obrázky. Problematika vkládání GIS sestav je popsána v podkapitole 3.2.2. Při sdílení dokumentů se doporučuje předávat parciální podklady ve formě externích referencí. Zamezuje se tak jejich nechtěným úpravám a ztrátě při čtení a editaci.

Územní řízení je proces nezbytný pro povolení stavby sítě elektronických komunikací. Územním rozhodnutím stavební úřad schvaluje navržený záměr a stanoví podmínky pro využití a ochranu území, podmínky pro další přípravu a realizaci záměru, zejména pro projektovou přípravu stavby; vyžaduje-li to posouzení veřejných zájmů při provádění stavby, při kontrolních prohlídkách stavby nebo při vydávání kolaudačního souhlasu, může uložit zpracování prováděcí dokumentace stavby. V rozhodnutí stavební úřad stanoví dobu platnosti rozhodnutí, má-li být delší, než stanoví tento zákon, a v odůvodnění vždy vyhodnotí připomínky veřejnosti. [13]

² Kyneta je liniový výkop pro kabelovou trasu

Rozsah a obsah dokumentace pro vydání rozhodnutí u umístění liniové stavby technické infrastruktury včetně souvisejících technologických objektů je stanoven v příloze č. 2 vyhlášky o dokumentaci staveb č. 499/2006 Sb. [3]

K žádosti o vydání územního rozhodnutí se obvykle přikládá situační výkres širších vztahů v měřítku 1 : 1000 až 1 : 5000, katastrální situační výkres v měřítku dle použité katastrální mapy, koordinační situační výkres v měřítku 1 : 200 až 1 : 1000, případně speciální situační výkresy.

Získání potřebných stanovisek dotčených orgánů a vlastníků veřejné dopravní a technické infrastruktury potenciálně vyžaduje zpracování projektů beroucích v úvahu jejich specifické požadavky. Zvláště jsou to nároky na speciální stupeň ochrany inženýrských sítí a produktovodů, dotčení ochranného pásma dráhy, tramvajové dráhy a speciální dráhy (Metro). V rámci požadavků dotčeného silničního správní úřadu se případně navrhnou situace dopravně inženýrských opatření (DIO) v průběhu realizace stavby.

Důležitou součástí dokumentace jsou katastrální mapy se zákresem liniové stavby a dotčených parcel. Výstupem z nich je seznam dotčených pozemků a jejich vlastníků či správců, kteří se spolu s vlastníky sousedních nemovitostí stávají účastníky územního řízení. Zákon č. 416/2009 Sb. upravuje postupy při přípravě, umístování a povolování staveb dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací, při získávání práv k pozemkům a stavbám potřebných pro uskutečnění uvedených staveb a uvádění těchto staveb do užívání. Jeho cílem je urychlit majetkoprávní přípravu, jakož i vydávání podmiňujících podkladových správních rozhodnutí, a urychlení následného soudního přezkumu všech správních rozhodnutí v souvislosti s těmito stavbami. V souladu s výše uvedeným zákonem není pro vydání rozhodnutí o umístění stavby požadováno předložení souhlasů vlastníků dotčených nemovitostí s umístěním navrhované stavby. [14]

K samotnému umístování telekomunikačních staveb v pozemcích s neuzavřenými majetkoprávními vztahy se zákon o elektronických komunikacích vyjadřuje následovně: „Prokáže-li se, že vlastník dotčené nemovité věci není určen, nebo není znám anebo proto, že je prokazatelně nedosažitelný nebo nečinný, rozhodne o návrhu na zřízení služebnosti veřejné komunikační sítě vyvlastňovací úřad podle zvláštního právního předpisu nejpozději do 6 měsíců“. [4]

Doporučuje se však práva k umístění stavby do cizích pozemků zajistit ještě před podáním žádosti o vydání územního rozhodnutí. Zamezí se tím průtahům v realizaci stavby při jednání s vlastníky nemovitostí.

Projektová dokumentace DUR, která dodržuje požadavky dotčených orgánů a správců sítí technického vybavení, musí být následně schválena autorizovanou osobou splňující nároky a zkoušky předepsané Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT). Souběžně s činností na vyhotovení dokumentace k územnímu řízení probíhá příprava návrhu technologické části projektu, jejíž náležitosti jsou zmíněny v kapitole 3.3.

3.2.2 Softwarové nástroje, datové soubory a doplňky

Konstruování s podporou počítačů (Computer Aided Design) je všeobecný termín pro použití počítačového hardware a software jako nástroje umožňujícího lidem návrh, tvorbu, analýzu a management produktů a projektů.[5] Mezi nejznámější a také nejpoužívanější CAD programy patří produkty rodiny AutoCAD od výrobce Autodesk. AutoCAD a jemu podobné programy odstartovaly přechod od manuálních nákrešů k návrhu v prostředí digitálního modelu. Oproti ručnímu kreslení, kdy je nutné předem zvolit měřítko výkresu, typy čar atp., probíhá projektování v digitálním modelu v měřítku 1:1. Je tak možné kdykoliv změnit celkové měřítko a velikost tiskového výstupu, vlastnosti čar a rozsah informací zobrazených ve výkresu.

Příbuzné elementy jsou uloženy ve společných hladinách a jejich přepínáním je možné nahlížet určité části projektu. Například u situačních výkresů mohou být v jednotlivých vrstvách umístěny katastrální mapy, polohopis, budovy, rastrová mapa terénu, průběhy inženýrských sítí a další technologická zařízení. Změna vlastností hladiny se projeví na všech prvcích v ní obsažených a jednotlivé hladiny mohou být také uzamčeny proti provádění změn.

AutoCAD nabízí celou řadu nástrojů pro kreslení přímých čar, různých křivek a geometrických tvarů. Ty mohou být umísťovány pomocí myši či příkazu se zadanými souřadnicemi, což zaručí dodržení nároků na přesnost a kvalitní provedení návrhu. Souřadnicový systém též usnadňuje vkládání externích podkladů z geografických informačních systémů (GIS), nebo např. stavební dokumentace objektů. AutoCAD podporuje především formáty DWG a DXF, ale dnešní verze již umožňují import dat i ve formátu DGN, který často pochází z geodetických měření. Může však dojít k nechtěné

změně fontu písma či vlastností čar, a proto se doporučuje data exportovat v mateřském programu Microstation do otevřeného formátu DXF.

Součástí výkresu je možné přesouvat, kopírovat, otáčet, zrcadlit, ořezávat atd. K uchopení objektů je určeno několik režimů (např. na střed, koncové body) což zvyšuje přesnost jejich kreslení a umísťování. Využití uchopení napomáhá preciznímu kótování všech rozměrů ve výkresu. V případě použití asociativních kót funguje proces i v opačném duchu, kdy změna hodnoty rozměru kóty ovlivní celkové rozměry návrhu.

Při vytváření technologických schémat, ve kterých se používá množství opakujících se symbolů a značek, jsou tyto prvky uloženy v databázi bloků, ze které se pouze kopírují. Databázi bloků je možné rozšířit instalací nástaveb programu zaměřených na určitou profesi technologického zařízení staveb (např. CADKON TZB, CADprofi atd.). Tyto nástavby rovněž usnadňují automatizaci návrhu např. při číslování a označování prvků ve schématech, kdy již není nutné ke každé linii přidávat popisové textové pole, ale postačí zadaným příkazem popsat jeden objekt a program popis zbývajících prvků vykoná samočinně.

V návrhu sítí FTTH se začínají prosazovat aplikace vytvořené přímo pro projektování telekomunikačních sítí. Například nástavba TeleCAD GIS software určená pro AutoCAD Map 3D již sama na základě topografických dat a počtu domácností v zájmovém území oblast rozdělí dle uzlových bodů a provede návrh tras vedení. Podle zvolené topologie a použitých technologií poté vykreslí schematické znázornění optických a ochranných členů včetně aktivních a pasivních prvků sítě. Zároveň vytvoří formuláře managementu optických vláken v uzlových bodech s možností exportu do excelových souborů. Projektantovi tedy postačí zadat základní vstupní data a z katalogu vybrat požadované komponenty. Potom už jen kontroluje a doladuje jednotlivé kroky návrhu.

3.2.3 Tvorba textové části projektu

Často opomíjeným prvkem projektové dokumentace bývá její textová část ve formě technické zprávy, jejíž význam je však ve srovnání s výkresovou dokumentací neméně důležitý. Popisuje všechny stavební i technologické součásti projektu, jež laik vždy nemusí být z výkresů schopen vyčíst. Totožně jako u výkresů je i písemná část dokumentace zpracována v příslušných stupních dle svého zaměření. V případě stavby sítě elektronických komunikací se jedná o dokumentaci k územnímu řízení (DUR),

dokumentaci pro provedení stavby (DPS) a dokumentaci skutečného provedení stavby (DSPS).

Dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby musí být vypracována v souladu s již zmíněnou vyhláškou č. 499/2006 Sb. a je určena především pro vyjadřování dotčených orgánů a vydání rozhodnutí stavebního úřadu. Její součástí je průvodní zpráva, ve které jsou uvedeny údaje o stavbě, stavebníkovi, zpracovateli dokumentace a vstupních podkladech. Souhrnná technická zpráva obsahuje popis území stavby, celkový popis stavby, základní charakteristiku stavby a jejího užívání, základní popis technických a technologických zařízení a veškerá bezpečnostní řešení a opatření (např. požární bezpečnost, hygienické požadavky, ochranu obyvatelstva, dopravní řešení a bezbariérové užívání).

Dokumentace pro provedení stavby je určena k přípravě a realizaci stavby a zároveň ke kalkulaci předběžných cenových nákladů. Pro účely vybudování optické sítě je zpracována technologická zpráva, ve které jsou popsány etapy výstavby od provádění výkopových prací, pokládky ochranných prvků, zafouknutí a napojení optických kabelů, až po instalaci vnitřních rozvodů. Součástí této zprávy jsou tabulky a formuláře popisující management optických vláken v distribučních rámech a technologických pilířích FDT. Na základě soupisu použitého materiálu a dodavatelských ceníků je na závěr vypracován cenový odhad nákladů v průběhu stavby.

Před uvedením stavby do provozu proběhne zpracování dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS), jenž bude předána investorovi a poté stavebnímu úřadu, jako příloha k oznámení o zahájení užívání stavby. Jedná se především o geodetické zaměření definičních bodů určujících polohu stavby, protokoly měření optické trasy a fotodokumentaci použitých technologických prvků a jejich zapojení.

3.3 Architektura a výstavba sítí FTTH

3.3.1 Stavební část a mikrotrubičkové systémy

Pokládka liniových ochranných prvků pro navazující instalaci optických kabelů probíhá nejčastěji ukládáním do zemních rýh, zatahováním do stávajících technických kanálů či kabelovodů, eventuálně mikrotunelováním. V kynetě výkopu jsou chráničky umístěny na pískové lože a z vrchu opatřeny výstražnou folií označující telekomunikační vedení. Doporučená hloubka uložení vedení v pěších komunikacích činí 0,6 m a ve volném

terénu 0,8 m. Při křížení komunikací je nutno zachovat krytí alespoň 1,2 m od nivelety vozovky a v případě křížení kolejového tělesa dráhy musí vzdálenost od osy krajní koleje činit minimálně 1,3 m. Šířka výkopu je dimenzována dle množství prvků, které jsou uloženy buď samostatně, nebo se ochranná část skládá z více stupňů.

Ukládání chrániček je možno provádět i bezvýkopovou metodou tzv. mikrotunelováním, které se používá zejména pro křížení dopravně vytížených komunikací či kolejových drah. Kvůli zvyšování cen výkopových prací, a především následné obnovy dotčených povrchů se v místech s nízkým výskytem inženýrských sítí začíná tato metoda uplatňovat i při podélném ukládání dlouhých tras ve zpevněných površích. Výhodou této technologie je rychlost realizace, minimální zásahy do krytů komunikací a cena téměř srovnatelná s výkopem v chodníku, v případě obnovy jeho krytu v plné šíři. Mikrotunelování je však náročné na přípravu podkladů spočívající v důkladném ověření polohy inženýrských sítí a její přesné zanesení do výkresu profilu vrtu.



Obrázek 1: Vrtná souprava pro mikrotunelování (zdroj: Autor)

Vrtá se použitím vysokotlaké směsi, která je vháněna z pohonné jednotky do vrtné hlavy umístěné na začátku vrtných tyčí. Z vrtné hlavy směs stříká do země, kde rozplavuje zeminu a postupuje vpřed. Úprava orientace vrtu se provádí hydraulickým vychylováním vrtné hlavy do požadovaného směru. Tímto způsobem je proveden pilotní vrt ze startovací až do cílové jámy, kde se provede výměna vrtné hlavy s vysílačem za rozšiřovací nebo zatahovací hlavu. Zpětným tažením hlavy se do vrtu přímo vtahuje potrubí, případně může

být rozšiřován pro umístění potrubí s větším průměrem. Bez nutnosti použití rozšiřovací hlavy je možno ukládat potrubí o dimenzi až 63 mm.

Chráničky pro optické kabely jsou vyrobeny z vysokohustotního polyethylenu, jenž může být obohacen o přísady zvyšující odolnost proti požáru či UV záření. Podoba chrániček prochází neustálým vývojem, který spočívá zejména ve zmenšování jejich průřezu, což přispívá ke zvyšování variability a efektivity pokládky. Naproti tomu byl v začátcích výstavby optických přístupových sítí v jedné chráničce o průměru 40 mm uložen jeden optický kabel a další bylo již velmi obtížné zafouknout. Díky použití systému mikrotrubiček je dnes možné do totožné chráničky uložit až deset optických kabelů. Stále více se také uplatňuje technologie mikrotrubičkových svazků (tzv. Multiduct), která byla zvolena i při návrhu projektu v praktické části této práce. Tato technologie spočívá ve spojení 2 až 25 trubiček do jednoho svazku opatřeného vnější plášťovou ochranou a usnadňuje montáž a orientaci při zafukování kabelů při výstavbě optických přístupových sítí.

Trubičky jsou ve svazku rozmístěny do kruhu, čtverce či v pásu vedle sebe a jsou rozlišovány pomocí barevného značení, které v případě velkého počtu trubiček doplňují barevné pruhy. Součástí svazku také může být signální vodič pro usnadnění vytyčování podzemních sítí v terénu.



Obrázek 2: Mikrotrubičkové svazky (zdroj: Autor)

Z důvodů možného budoucího rozvoje a oprav se do výkopu v zásadě ukládá několik rezervních chrániček, které mohou být také použity pro šíření signálu ostatních operátorů. Na tuto skutečnost je vhodné pamatovat již při návrhu projektu, zejména při tvorbě mikrotrubičkového schématu.

Slučování jednotlivých úseků chrániček probíhá pomocí plastových spojek osazených metalickou vložkou, která zabezpečí pevný a velice trvanlivý spoj.



Obrázek 3: Mikrotrubičky a jejich spojky (zdroj: Autor)

Celý systém je poté voděodolný až do hloubky 5 metrů a zcela zabraňuje únikům tlaku. To je důležité především proto, že jsou chráničky umístěny trvale pod terénem a tlak při zafukování může dosahovat až 12 Barů.

K zafukování kabelů se užívají v zásadě dva principy, které se od sebe liší rozdílným generátorem tlačné síly. Metoda s použitím zafukovacího pístu spočívá v jeho připojení na začátek kabelu a zasunutí do chráničky, která je poté utěsněna tlakovou napojovací hadicí vybavenou těsnícími kroužky. Zvýšením tlaku na 3-5 kPa je dosaženo optimální rychlosti zafukování 60 m/min, avšak tato metoda je vhodná zejména pro rovné úseky trasy. U principu bez použití zafukovacího pístu je do chrániček vháněn vzduch podél kabelu a přidavnou tlačnou sílu dodávají dutá drážková kola, která jsou proti kabelu přitlačována pneumatickými písty a posunují ho vpřed. Při zafukování je nutné zajistit mazání např. parafinovým olejem, který se proudem vzduchu rozprostře po vnitřním povrchu trubičky a kabel již nevyžaduje další mazání. [6]

Prostupy ze zemního prostoru dovnitř objektů jsou utěsněny pomocí speciálních tvarových průchodek či těsnících lepidel a tmelů, díky čemuž se zabrání vnikání vlhkosti do objektu.

Samostatnou složkou trubičkových systémů jsou zemní komory a nadzemní pilíře sloužící jako přístupové body v důležitých uzlech sítě, při její instalaci a údržbě. Kabelové komory jsou dodávány v různých velikostech a provedeních dle povahy terénu, v němž se nacházejí. V zeleni jsou většinou zahloubeny pod úroveň terénu a jejich poloha je geodeticky zaměřena a vyznačena tzv. ball markerem³.

³ Ball marker je kulový značkovač telekomunikačního vedení pro uložení do výkopu až v hloubce 150 cm. Tekutina uvnitř koule zaručuje stálou polohu vnitřního prvku pro odraz signálu.



Obrázek 4: Ballmarker (zdroj: Autor)

V pěších komunikacích jsou komory opatřeny víkem s nosností minimálně 150 kg, které může být uzpůsobeno pro překrytí betonovou či kamennou dlažbou. V dopravních komunikacích se kabelové komory nenavrhují a vyskytují se pouze u již postavených kabelovodů.

Technologické pilíře jsou nadzemní součásti elektronické komunikační sítě, určené v případě architektury FTTH, pro umístění pasivních optických distribučních prvků.



Obrázek 5: Technologický pilíř se zemi komorou (zdroj: Autor)

Nejčastěji v nich bývají umístěny odbočné členy sloužících k rozdělení signálu na více větví. Pilíře mají zpravidla podobu plastových sloupků, případně boxů osazených na ocelové trubce upevněné v zemi.

V závislosti na velikosti sítě a jednání s vlastníky nemovitostí a orgány správy veřejné zeleně mohou být odbočné členy umístěny uvnitř objektů bez nutnosti použití nadzemních pilířů.

3.3.2 Optická část, aktivní a pasivní distribuční prvky

Neustálá poptávka po vysokorychlostním přístupu k internetu je hlavním hnacím motorem pro implementaci moderních prvků při výstavbě přístupových telekomunikačních sítí. Stále více operátorů si uvědomuje potřebu rozšiřovat své optické sítě co nejbližší k zákazníkovi za účelem poskytování širokopásmového připojení ke službám jako např. IPTV, VoIP, streamovací platformy nebo online hraní her. Výhodami optických vláken jsou značná šířka přenosového pásma, nízká hmotnost, malé rozměry a odolnost proti rušení z různých zdrojů v jeho okolí.

Podstata výměny dat v optické síti spočívá v přenosu elektromagnetického vlnění mezi vysílačem a přijímačem prostřednictvím optických vlnodů neboli optických vláken. Elektromagnetické vlny o velmi vysokém kmitočtu řádově stovek THz se nazývají světelnými, z hlediska délky vlny od 10 nm do 0,1 mm, přičemž optická vedení používají pouze část tohoto spektra. Z fyzikálních vlastností skla vyplynulo postupné použití přenosových oken na vlnových délkách 850 nm, 1300/1310 nm a 1550 nm. [6]

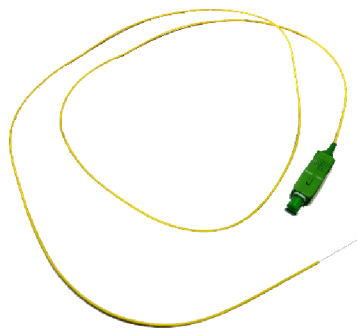
Zpočátku existovala mnohovidová vlákna (MMF), v nichž se jádrem vlákna o průměru 50 – 62,5 μm šíří několik vidů světla na vlnových délkách v okolí hodnot 850 nm a 1300 nm. Používají se zvláště v kombinaci s aktivními prvky např. pro dálkové trasy podmořských kabelů či v místech omezené kapacity stávající infrastruktury. Poměrně nákladná technologie, která umožňuje v jednom vláknu současně přenášet několik světelných paprsků (vidů), využívá tzv. vlnových multiplexů (WDM) k šíření více signálů o rozdílných vlnových délkách.

Rozvoj pasivních optických sítí však nastal až s uplatněním jednovidových vláken (SMF), v jejichž jádru o průměru 5–10 μm je přenášén pouze jeden vid světla na vlnových délkách okolo 1310 nm a 1550 nm. Platí totiž, že čím tenčí je jádro optického vlákna, tím lepší jsou jeho přenosové vlastnosti. Na druhou stranu tím bohužel rostou náklady na komponenty, systémy, přístroje a nároky na preciznost provedení prací. [8]

Poněvadž se optická vlákna dodávají v délkách do 5000 m a při realizaci se ukládají nejčastěji úseky měřící několik stovek metrů, vzniká potřeba jednotlivé části vzájemně spojovat, což platí i v případě jejich oprav. Spoje mohou být rozebíratelné či pevné, přičemž pevné spoje představují optické svary a rozebíratelná spojení bývají realizována pomocí konektorů.

Svařování optických vláken je proces, při kterém dochází k natavení obou konců vlákna pomocí elektrického oblouku či laseru a k jejich permanentnímu spojení. Práce

probíhají pod mikroskopem při padesátinásobném zvětšení, aby byla zaručena co nejpřesnější souosost jader vlákna. Kvůli dosažení co nejnižšího útlumu svaru je potřebná důsledná příprava vlákna a aparatury před svařováním. Především je nutné dbát na důkladnou čistotu vláken a přístrojů a na správný tvar zalomení konců vláken. Nejvyšší dovolená odchylka od kolmosti lomu je 1° , čehož lze dosáhnout jen při správném použití dostatečně kvalitní lamačky. Svar je poté třeba zkontrolovat a vlákno opět opatřit ochranou. Svařováním jsou nejčastěji spojovány delší liniové úseky optické trasy nebo může sloužit např. k napojení speciálních konektorů osazených na kusu vlákna, takzvaných pigtailech⁴. Konektory se uplatňují při spojování vláknových kabelů s vysílacím a



Obrázek 6: Optický pigtail (zdroj: Autor)

přijímacím zařízením či jiným komunikačním vybavením a měřicími přístroji. Předpokládá se jejich časté spojování a rozpojování, a proto je důležitým požadavkem jejich mechanická odolnost při zachování kvality optického spoje. Z důvodu možného opotřebení, a tím snížení kvality spoje, se konektory v adaptéru fyzicky nedotýkají. Mezera však nesmí přesáhnout určitou hodnotu, jelikož by mohlo docházet k velkým ztrátám vzniklým rozptylem světelných svazků vlivem difrakce.



Obrázek 7: Konektorový adaptér (zdroj: Autor)

⁴ Optický pigtail je předem připravené optické vlákno zakončené na jedné straně optickým konektorem, který slouží k připojení do optického rozvaděče.

„Mají-li být difrakční ztráty udrženy pod hodnotou asi 0,2 dB, je nutné, aby vzdálenost čelních ploch spojovaných jader nepřesáhla 10 % průměru jádra svazku optických vláken, nebo průměru jádra jednotlivého vlákna. Pro svazek vláken o průměru 1 mm je to hodnota 100 μm , což je běžná tolerance, avšak pro jednotlivé vlákno o průměru 100 μm je to již jen 10 μm “. [6]

Topologie Fiber to the home (FTTH) spočívá ve vedení optických vláken v celém rozsahu sítě až do koncové zásuvky uživatele. FTTH sítě vykazují velmi nízký útlum (0,2 – 0,6 dB/km) a vysoký přenosový výkon (více než 30000 GHz), jenž mnohonásobně převyšuje kapacity existujících komunikačních zařízení. Současně mohou přenášet hlasové, datové i obrazové služby na jedné síťové platformě (tzv. Tripleplay).

Jedná se o pasivní optické point-to-multipoint (P2MP) sítě, ve kterých nenapájené rozbočovače umožňují připojit přes jedno optické vlákno více účastníků, nejčastěji 32-128. Optické rozbočovače, tzv. splitters, jsou pasivní síťové prvky sloužící výhradně k



Obrázek 8: Optický splitter s odbočným poměrem 1:64 (zdroj: Autor)

rozpojování a slučování optického signálu bez dalších úprav. S ohledem na zvolenou technologii pracují buď v celé šířce přenosového pásma, či jen v jeho části. Jedná se o obousměrné prvky, vybavené jedním či dvěma vstupními porty a 2-128 výstupními porty. Signál v sestupném směru přichází na rozbočovač z optického linkového terminálu (OLT) a z výstupních portů splitteru je rozváděn v požadovaném počtu k účastnickým zásuvkám (ONT). Signály přicházející od jednotlivých ONT ve vzestupném směru jsou pomocí rozbočovače sloučeny do jednoho, který je následně veden do optického linkového terminálu. Je třeba brát v potaz, že splitter vkládá do optické trasy útlum, který se odvíjí od počtu jeho výstupních portů. Rozbočovače je možné do trasy umísťovat i kaskádově, přičemž je nutné respektovat doporučení ITU-T ohledně maximálních hodnot vloženého

útlumu do optické trasy. Standardy ITU-T udávají také nejvyšší dovolený odbočný poměr, který je maximálně 1:128. [12]

Dle technologie výroby se rozbočovače dělí do dvou základních skupin. V rozbočovačích PLC představuje dělicí struktury krystal vytvořený na křemíkovém substrátu a využívá se při výrobě splitterů s vyšším počtem výstupních portů. Druhý typ rozbočovačů, označovaných jako FBT, vzniká při vysokém tlaku a teplotě, při kterých dochází k natavení a fúzi jader vláken. Jádra vláken se tím dostávají velmi blízko sebe a díky tomu je možné rozdělovat a slučovat signály. Tato technologie se však převážně využívá k výrobě rozbočovačů s nižším počtem výstupních portů a v praxi se tedy uplatňují zejména PLC splitterry.

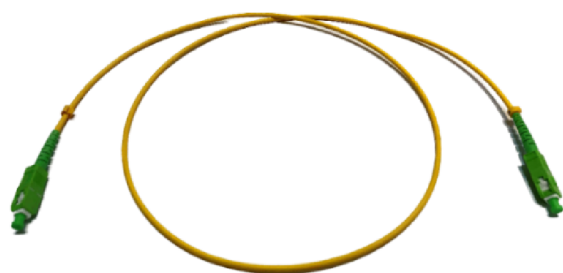
Úkoly síťového rozhraní mezi přístupovou sítí a distribuční sítí telekomunikačních služeb vykonávají jednotky optického linkového terminálu (OLT), které se nacházejí v ústřednách či hlavních ústřednách tzv. Head End. Jedná se o aktivní prvky, ve kterých dochází k distribuci služeb jako IPTV, VoIP telefonie, RF video signálu a samozřejmě přístupu k celosvětové síti internet. Terminály OLT bývají zpravidla dodávány ve verzi umožňující instalaci do unifikovaných 19palcových stojanů, díky čemuž mohou být ve stojanech umístěny i další technologické prvky, zejména optické rozvodné rámy (ODF).



Obrázek 9: Optický distribuční rám ODF (zdroj: Autor)

V nich dochází k rozdělení optického kabelu na jednotlivá vlákna, která jsou směřována do individuálních portů přepojovacího panelu osazeného konektory. Pomocí propojovacích patchcordů⁵ je poté přiváděn signál z OLT na jednotlivá vlákna distribuční sítě.

⁵ Optický patchcord je propojovací kabel, který je oboustranně ukončený optickým konektorem.



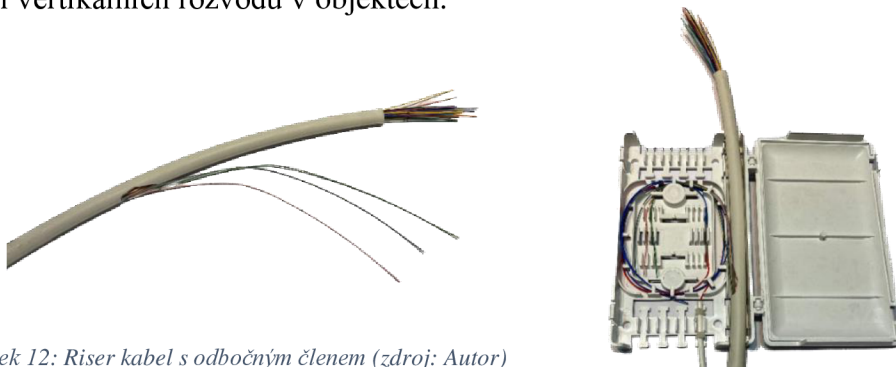
Obrázek 10: Optický patchcord (zdroj: Autor)

V optických síťových terminálech (ONT) probíhá zpracování příchozího optického signálu na signál elektrický, který je následně směrován na jednotlivé výstupní uživatelské porty. Převod spočívá v rozdělení optického signálu podle vlnových délek nesoucích jednotlivé signály komunikačních služeb (data, hlas, video) pomocí optoelektronických převodníků. Pro připojení k domácí síti jsou určeny porty RJ45, pro telefonní přístroje port RJ11 a pro příjem televizního signálu port BMC.



Obrázek 11: Jednotka ONT s portem RJ45 (žlutý) a optickým vstupem (zelený) (zdroj: Autor)

Výstavba vnitřních rozvodů byla v návrhu tohoto projektu řešena využitím stoupačkových kabelů s vytažitelnými prvky, tzv. riser kabely. Jsou to svazky volných vláken opatřených pláštěm se zvýšenou odolností proti šíření plamene, které jsou určeny k tažení vertikálních rozvodů v objektech.



Obrázek 12: Riser kabel s odbočným členem (zdroj: Autor)

V technickém boxu FAT, umístěném nejčastěji v suterénu objektu, jsou vlákna napojena svarem či konektorem na přívodní vlákna směřující od OLT/ODF. V jednotlivých patrech jsou potom otvorem vyříznutým v ochranném plášti vytažena a vedena v chráničkách horizontálně ke konkrétním bytovým jednotkám, kde jsou napojena do účastnického terminálu ONT.

Pasivní optická síť se v dlouhodobém výhledu ukazuje jako nejvhodnější volba kvůli své téměř nulové poruchovosti a nízkým provozním nákladům. Jelikož je uživatel plně obsluhován přes optické kabely, je možné zvětšením šířky pásma uspokojit i budoucí náročnější požadavky na přenos dat. Ve standardu GPON je v síti zaručena přenosová rychlost 2,4 Gbit/s pro downstream⁶ a 1,2 Gbit/s pro upstream⁷. [12]

Při návrhu projektu sítě FTTH je nezbytné skloubit rozdílné faktory, zejména požadavky na minimalizaci nákladů vzhledem k rozsahu stavby vůči množství rezervních prvků kvůli budoucím možnostem rozšiřování sítě. Topologie sítě je dimenzována dle počtu potenciálních přípojných míst v objektech uvnitř zájmové lokality. Tomu podléhá i volba odpovídající technologie a počtu vláken v optické trase. Kapacita optického linkového terminálu je nejvýše 2700 přípojných bodů, proto je potřebné volit vhodný rozsah zájmové oblasti a větší lokality dělit mezi několik OLT. Ideální poloha OLT se nachází co nejbližší středu oblasti, od něhož se vláknové trasy šíří všemi směry. Ve výkresové dokumentaci pro provedení stavby tohoto projektu jsou obsaženy polohopisné situace převzaté z DUR, trasový diagram svazků mikrotrubiček a schematické výkresy trubiček, optických kabelů a vláken.

3.3.3 **Prezentace projektů telekomunikačních sítí**

Vzhledem k tomu, že je vedení elektronických komunikací uloženo trvale pod terénem, a i vnitřní rozvody zůstávají uživatelům skryty, probíhá prezentace především prostřednictvím 2D polohopisných plánů a schémat. Spíše, než vizuální podoba jsou představovány přenosové schopnosti, kapacita a rozsah samotné sítě. Výjimku mohou tvořit nadzemní pilíře a vnitřní rozvaděče, pakliže panují požadavky na zachování co největší míry atraktivity prostředí a interiérů. Při představování projektu jsou pro případného budoucího investora důležité zejména náklady přepočtené na jednu bytovou

⁶ Sestupný směr přenosu (příjem)

⁷ Vzestupný směr přenosu (odesílání)

jednotku a z nich plynoucí očekávaná návratnost stavby. S tím souvisí i životnost a budoucí možnosti rozšiřování či modernizace sítě. Součástí prezentace mohou být i použité technologie, které případně usnadňují dálkový monitoring, servis a opravy sítě.

Jako podklad k prezentaci projektu praktické části práce byly použity grafické přílohy z projektové dokumentace. Autor vycházel z předpokladu, že se publikum plně neorientuje v problematice FTTH sítí, a proto se pokusil popsat nejen strukturu, ale i postup výstavby a princip fungování sítě.

Jelikož bude prezentace použita i při obhajobě závěrečné práce, je v ní obsaženo i shrnutí a důležité body teoretické části práce. Pro vytvoření prezentace posloužil program Microsoft Powerpoint.

3.3.4 Měření optických tras

Na cestě po optické trase se mění vlastnosti přenášeného signálu, kdy dochází zejména k jeho zeslabení a změnám tvaru a časové polohy jednotlivých impulzů. Před samotnou instalací kabelů se provádí měření kontinuity, během něhož se používá červený laser pro vizuální zaměřování poruch vláken, optických rozvaděčů a propojovacích patchcordů.

Během přípravy k závěrečné přejímce stavby komunikační sítě FTTH probíhá měření celkového vloženého útlumu a útlumu odrazu ORL (Optical Return Loss) optické trasy. Vložený útlum je možné měřit pomocí tzv. přímé metody, při níž je pomocí zdroje záření vyslán do vstupu vlákna signál o určitém výkonu a na jeho výstupu je změřen a z výsledků určen celkový útlum. Častěji se však k měření optických tras používá metoda optické reflektometrie v časové oblasti (OTDR), která narozdíl od přímé metody vyhodnocuje závislost zpětně rozptýleného optického výkonu úzkého impulzu v měřeném vlákně. Uplatňuje se i při měření útlumu odrazu ORL a její zásadní výhodou je získání informací o prostorovém uspořádání ztrát v síti.[6]

Je tedy možné identifikovat a lokalizovat poruchy spočívající např. ve špatném ohybu, zašpinění či prasklinách vlákna.

Celkovou velikost útlumu optické trasy ovlivňuje délka vláken, počet svarů a konektorů, počet pasivních prvků (splitterů) a jejich odbočný poměr.

Stanovená hodnota se vypočítá jako:

$$A(\lambda) = L \cdot \alpha + n_1 \cdot A_s + n_2 \cdot A_k + A_{pas}$$

kde:

λ - jmenovitá vlnová délka, pro SMF 1310 nm a 1550 nm

L - délka vlákna

α - měrný útlum vlákna pro jmenovitou vlnovou délku⁸

n_1 - počet svarů v trase

A_s - útlum svaru⁹

n_2 - počet konektorových spojení

A_k - útlum konektorových spojení¹⁰

A_{pas} - útlum pasivních prvků¹¹

Před měřením je dle vzorce stanovena limitní hodnota, která se poté srovnává s výsledky z obousměrného měření. Naměřené hodnoty musí splňovat požadavky dané operátorem či výrobcem zařízení OLT.

3.4 Modernizace pasivních optických sítí

S budoucím rozvojem služeb jako např. televizní vysílání ve 3D či vysokém rozlišení 4K, vzroste potřeba přenosu čím dál větších objemů dat. Nielsenův zákona o šířce pásma internetu k tomuto uvádí: „Rychlost připojení koncových uživatelů se každoročně zvyšuje o 50 %, tudíž se zdvojnásobuje přibližně každých 21 měsíců.“ [15]

Současná stavba gigabitové pasivní optické sítě se tak může stát určitým odrazovým můstkem pro příští přechod na pasivní optické sítě nové generace NG-PON1, které již budou schopny přenosových rychlostí 10 Gbit/s pro downstream a 2,5 Gbit/s pro upstream. Při přípravě doporučení pro NG-PON1 byla zvažována i varianta symetrické šířky přenosového pásma, kdy by se přenosová rychlost pro upstream rovnala rychlosti pro downstream, tedy 10 Gbit/s. Tato varianta byla však z důvodu přílišného navýšení nákladů a v dohledné době i omezeným možnostem využití ponechána až pro sítě nové generace NG-PON2. Ty již budou využívat vlnového multiplexování signálu a laditelných laserových zdrojů, jejichž vývoj však stále ještě probíhá

⁸ Obvyklé hodnoty limitu měrného útlumu SMF jsou 0,36 dB/km pro 1310 nm a 0,22 dB/km pro 1550 nm

⁹ Obvyklý limit útlumu svaru se u obou vlnových délek pohybuje v rozmezí 0,06 – 0,08 dB

¹⁰ Obvyklý limit útlum konektorového spojení SMF vlákna činí 0,5 dB

¹¹ Útlum pasivních odbočovačů dle odbočného poměru ($1:2 \leq 4,1$ dB; $1:32 \leq 17,4$ dB; $1:64 \leq 20,5$ dB)

K přechodu z GPON na NG-PON1 síť bude využita většina stávající infrastruktury jako jsou optická vlákna, rozbočovače a rozvodné rámy. Nahrazena bude technologie v optickém linkovém terminálu, kvůli potřebě výkonnějších zdrojů optického signálu. Tato výměna bude představovat teoreticky jedinou, ale poměrně výraznou investici, jelikož vzhledem k úzkému zvolenému oknu vlnové délky pro downstream (1575nm – 1580 nm) bude vyžadováno chlazení výkonnějších optických zdrojů. Pro upstream byla zvolena přenosová vlnová délka s širším oknem v rozmezí 1260 nm až 1280 nm, což umožní použití nechlazených zdrojů signálu a koexistenci se stávající GPON sítí během transformace. Nicméně souběžný přenos ve standardu GPON a NG-PON1 na totožné infrastruktuře bude vyžadovat použití filtrů vlnových délek k oddělení jednotlivých kanálů, aby nedocházelo k rušení mezi signály downstream a upstream. Probíhá také výzkum a vývoj technologie v optických linkových terminálech, aby umožňovala vyšší odbočný poměr 1 : 256, což by rozšířilo variabilitu při navrhování sítí.

Přerod na pasivní optické sítě NG-PON1 tedy bude jakýmsi evolučním procesem, kdy budou dosluhující prvky nahrazovány novými a výkonnějšími, při rovnoměrnějším rozložení nákladů.

4 Návrh stavebně-technologického projektu

4.1 Dokumentace pro vydání územního rozhodnutí

4.1.1 Průvodní zpráva

Identifikační údaje

Údaje o stavbě

- a) Název stavby: Síť elektronických komunikací FTTH Ponov Skelná Lhota
- b) Místo stavby: sídliště Ponov, k.ú. Skelná Lhota
- c) Předmět dokumentace: nová a trvalá stavba sítě elektronických komunikací

Údaje o žadateli

- a) Město Skelná Lhota, Obecní 1, Skelná Lhota

Údaje o zpracovateli dokumentace

- a) Jan Nemeškal
- b) Tomáš Buřt ČKAIT 000000

Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení

Venkovní část stavby se skládá z liniových tras vedení a zemních komor nacházejících se v místech odbočení přípojek k objektům. Veškerá technologická zařízení jsou umístěna uvnitř objektů.

Seznam vstupních podkladů

- a) polohopisné a katastrální mapy, údaje z katastru nemovitostí
- b) průběhy vedení sítí správců technického vybavení
- c) ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení
- d) Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb
- e) Zákon č. 127/2005 Sb. o elektronických komunikacích
- f) Zákon č. 183/2006 Sb. stavební zákon

4.1.2 Souhrnná technická zpráva

Popis území stavby

Stavba se nachází v zastavěném území obce v ploše OB-všeobecně obytné a je tedy v souladu s jejím funkčním využitím. Dotčená oblast není plochou s archeologickými nálezy ani nepodléhá záplavovým vlivům. Realizace stavby nemá účinek na okolní stavby, pozemky a odtokové poměry v území. Nevyžaduje kácení dřevin, zábor zemědělského půdního fondu ani pozemků určeným k plnění funkce lesa.

Napojení na stávající technickou infrastrukturu je provedeno z technologického kontejneru na střeše objektu č.p. 108 v ul. Univerzitní. Trasou vedení jsou dotčeny parcely č. 1000/98, 1000/99 a 1000/100 zapsané na LV č.1 v k.ú. Skelná Lhota a v totožných pozemcích také vzniká ochranné pásmo komunikačního vedení.

Celkový popis stavby

Základní charakteristika stavby a jejího užívání

Předmětem dokumentace je výstavba veřejné pasivní optické telekomunikační sítě v lokalitě sídliště Ponov v obci Skelná Lhota. Účelem stavby je distribuce služeb pro přenos dat, vysílání IPTV a VoIP telefonie v objektech v ul. Česká, Zemědělská a Univerzitní. Pokládka venkovních tras v délce 525 m proběhne do zemních výkopů o šířce 35 cm a minimální hloubce krytí 0,6 m v chodnících a 0,8 m ve volném terénu. Trasy jsou navrženy převážně v zeleni při okraji stávajících chodníků. Křížení chodníků bude provedeno příčným překopem s přesahem obnovy povrchu min. 0,5 m na každou stranu. Přechody komunikací budou zhotoveny bezvýkopovou technologií mikrotunelováním.

Do zemní rýhy bude na pískové lože umístěn svazek HDPE mikrotrubiček 4 x 12/8 (rozměry vnější/vnitřní [mm]), který bude v celé délce z vrchu opatřen výstražnou folií. Přípojky k objektům budou realizovány chráničkami HDPE 12/8 napojenými pomocí spojek na hlavní svazek. Do soustavy chrániček budou následně pneumatickým kompresorem zafouknuty optické kabely vedoucí od terminálu v č.p. 108 ul. Univerzitní k jednotlivým objektům v zájmové oblasti. V bytových domech budou přívodní kabely v suterénním rozvaděči napojeny na vertikální rozvody natažené k jednotlivým bytovým jednotkám.

Uvedením stavby do užívání vznikne ochranné pásmo podzemní komunikační sítě v šířce 0,5 m na obě strany vedení. V ochranném pásmu je bez souhlasu jeho vlastníka, nebo rozhodnutí stavebního úřadu, zakázáno provádět zemní práce, terénní úpravy, umisťovat stavby a jiné konstrukce (zákon č. 127/2005 Sb. o elektronických komunikacích).

Bezpečnost při užívání stavby

Napájené technologické prvky sítě se nacházejí jen v uzamykatelných rozvaděčích uvnitř objektů. Při provádění výkopových prací je nutné dbát na bezpečnost práce, opatření proti pádu osob do výkopu a zajištění dostatečného průchodu pro pěší, maminky s kočárkem i pro osoby na invalidním vozíku.

Základní technický popis stavby

Telekomunikační síť je navržena pro pasivní optickou přenosovou technologii spočívající v rozbočování optických vláken mezi více účastníků. Vzhledem k menšímu rozsahu stavby bylo zvoleno rozbočení vláken již v technologickém rozvaděči v suterénu objektu Univerzitní 108. Stavba tedy nevyžaduje budování nadzemních částí (technologických pilířů), ale pouze zemních komor, které budou kompletně zahloubeny pod úroveň terénu.

Základní popis technických a technologických zařízení

Nová technologická zařízení jsou umístěna v technické místnosti v suterénu každého objektu. V č.p. 108 se bude nacházet 19palcový stojan, ve kterém bude instalována technologie pro rozbočení a distribuci signálu do všech bytových domů. V ostatních objektech budou již pouze propojovací boxy pro svaření přírodních vláken s vlákny domovních rozvodů.

Zásady požárně bezpečnostního řešení

V průběhu provozu není navrhovaná stavba komunikačního vedení zdrojem požárního nebezpečí. Při výstavbě musí být zabezpečen příjezd vozidel Hasičského záchranného sboru k objektům a přístup k odběrným místům požární vody. Vnitřní rozvody se skládají ze skleněných vláken opatřených ochranným LSHF (low smoke halogen free) pláštěm, který snižuje možnosti šíření požáru a vzniku zplodin hoření.

Hygienické požadavky na stavby, požadavky na pracovní a komunální prostředí

Stavba nemá vliv na ovzduší. V případě výstavby dojde ke krátkodobé níže uvedené hlukové zátěži: Hygienický limit akustického tlaku ze stavební činnosti nesmí přesahovat $L_{aer} 65$ dB v době Od 7.00 – 21.00 hod. $L_{aer} 60$ dB v době od 6.00 – 7.00.

Zásady ochrany stavby před negativními účinky vnějšího prostředí

Díky uložení optických kabelů v ochranných trubičkách s plynotěsnými spoji je stavba částečně chráněna před technickou seizmicitou, povodňovými vlivy či výskytem metanu. Ochrana před hlukem, pronikáním radonu z podloží a bludnými proudy není vyžadována, a tudíž není předmětem dokumentace.

Připojení na technickou infrastrukturu

Napojení na technickou infrastrukturu bude provedeno v rozvaděči OLT lokalizovaném v technickém kontejneru na střeše objektu Univerzitní č.p.108.

Dopravní řešení

Před započítím výkopových prací je nutné zpracovat dokumentaci dopravně inženýrských opatření, která bude odsouhlasena Policií ČR a příslušným silničním správním úřadem. Při návrhu opatření je třeba dbát pokynů dle TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích a TP 66 Označování pracovních míst v pozemních komunikacích. Veškerá opatření musí splňovat parametry stanovené v nařízení vlády č. 362/2005 Sb.

Řešení vegetace a souvisejících terénních úprav

Bude chráněna vzrostlá zeleň, výkopy v místech vegetace a zatravněných ploch budou prováděny ručně a v souladu s ČSN 83 9011 Práce s půdou, ČSN 8309021 Rostliny a jejich výsadba, ČSN 83 9031 Trávníky a jejich zakládání, ČSN 83 9051 Rozvojová a udržovací práce o vegetační plochy a ČSN 83 9061 Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích. Během realizace stavby nedojde ke kácení a mýcení dřevin a keřů. Dotčené povrchy zeleně budou upraveny a po dokončení stavby uvedeny do původního stavu.

Popis vlivů stavby na životní prostředí a jeho ochrana

Provoz vybudované sítě nemá žádný vliv na životní prostředí. Po dobu provádění stavby dojde k nutným místním omezením schůdnosti některých pěších komunikací, které je však možné minimalizovat vhodnou organizací práce dodavatelů. Při realizaci může docházet ke krátkodobému zvýšení prašnosti, což je však možné omezit zkrápním otevřených výkopů a deponií zeminy. Odpady vzniklé ze stavební činnosti budou odevzdány v příslušných sběrných dvorech.

Ochrana obyvatelstva

Při výstavbě a provozu stavby nedojde k omezení přístupu k úkrytům civilní ochrany obyvatel.

Zásady organizace výstavby

Přístup na staveniště je umožněn ze stávající dopravní infrastruktury. Prostor staveniště (výkop) bude ohraničen vodorovnými zábranami Z2 a v místech křížení tras chodců opatřen přechodovými lávkami se zábradlím. Realizace nevyžaduje asanace, demolice nebo kácení dřevin. Stavba nemá trvalé zábory. Dočasné zábory budou probíhat pouze v rámci výkopových prací a samotné pokládky vedení. Dočasný zábor má zpravidla šířku jeden metr po celé délce výkopu.

Navrhovaný záměr je v souladu s vyhláškou 398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb, neboť splňuje požadavky vyplývající z §4 odst. 6, jelikož výkop a staveniště budou zabezpečeny tak, aby nebyly ohroženy osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace ani jiné osoby.

Vytěžená zemina bude uložena na mezideponii na staveništi. V případě jejích dobrých fyzikálních vlastností dojde k jejímu prosátí a částečnému navrácení do výkopu a přebytky budou odvezeny na skládku.

4.1.3 Situační výkresy

1. Přehledová situace
2. Katastrální situační výkres
3. Koordinační situační výkres

4.2 Dokumentace pro provedení stavby

4.2.1 Technologická zpráva

Zemní práce a pokládka mikrotrubiček

Z důvodu zvýšené hustoty stávajících inženýrských sítí budou výkopové práce prováděny ručně. Poloha inženýrských sítí vynesena v koordinační situaci je pouze orientační a před zahájením výkopových prací je potřebné provést jejich vytyčení či ověření polohy kopanou sondou. V kořenové zóně vzrostlých dřevin je nutné postupovat se zvýšenou opatrností, přičemž přerušeny nesmí být kořeny o průměru nad 30 mm. Obnažené kořeny je nezbytné chránit po celou dobu otevření výkopu proti vysychání a namrzání. Křížení komunikace Univerzitní bude provedeno bezvýkopovou technologií, tzv. mikrotunelováním, bez narušení silničního provozu.

Před provedením zásypu zemní rýhy bude pořízena důkladná fotodokumentace uložených prvků a dojde ke geodetickému zaměření trasy vedení. Ve volném terénu bude kyneta ošetřena dostatečnou vrchní vrstvou humusu a oseta travním semenem. Dotčené povrchy chodníků budou obnoveny v rozsahu dle požadavků správce komunikace, minimálně však s přesahem 0,5 m na obě strany výkopu. Než proběhne finální pokládka krytu je zapotřebí důkladné zhutnění podkladních vrstev, což bude doloženo hutnicími zkouškami od akreditované laboratoře.

Pokládka trubičkových svazků 4x 12/8 mm bude prováděna v souladu se situačními a schematickými plány, které jsou součástí projektu. Vhodná místa pro umístění spojek trubiček jsou zanesena v trasovém výkresu pokládky mikrotrubičkových svazků. Rozložení spojek na svazku mikrotrubiček musí být provedeno kaskádovitě v rozptylu maximálně 20 cm. Trubičky se opatřují spojkami přímo, bez přídavného ochranného tělesa. Při odbočení trubičky se odpláštíje přibližně 25 cm svazku a přeruší se jen odbočující trubička. Spojky musí zaručit průchodné a tlakutěsné spojení trubiček až do tlaku o výši 1 MPa. V případě rezervní chráničky před č.p. 112 v ul. Univerzitní se použije koncovka pro zaslepení trubičky a zamezení vnikání vlhkosti a nečistot.

Místa vstupu svazků do připojovaných domů budou upřesněna v rámci akvizičních jednání se zástupci společenství vlastníků bytových jednotek. Veškeré prostupy do objektů budou řádně protipožárně a plynotěsně ošetřeny.

Realizace optických distribučních tras

Po provedení úspěšné kalibrové a tlakutěsné zkoušky bude přistoupeno k zafukování optických kabelů do trubiček pro jednotlivé objekty. K zafukování kabelů bude použit pneumatický kompresor s dostatečným výkonem, přičemž by mělo být vždy snahou zafukovat směrem z kopce. Před finálním spojováním kabelů je nutné pomocí laseru prověřit neporušenost jádra optických vláken.

Hlavní technologický uzel se bude nacházet v objektu Univerzitní č.p. 108, ve kterém bude v dosavadním technologickém střešním kontejneru provedeno napojení na konektivitu operátora. Z modulu OLT ve stávajícím stojanu budou přes nový distribuční rám 1U svedena tři vlákna do ODF v novém 19palcovém stojanu v suterénu. Pomocí tří splitterů (2 x 1:128 a 1 x 1:32) bude optický signál rozbočen pro 288 bytových jednotek v zájmové oblasti. Do každé chráničky pro konkrétní objekt bude zafouknut optický mikrokabel s 24 vlákny. V propojovacích boxech v jednotlivých domech dojde ke svaření přívodních vláken s těmi v riseru pro výstavbu vertikálních rozvodů.

Vnitřní rozvody

Instalaci kabelů uvnitř objektu je třeba provádět dle požadavků výrobce týkajících se zejména dovolených instalačních teplot, poloměru ohybu a tahové síly, kvůli zamezení mechanického poškození a namáhání kabelu. Optický kabel bude po umístění označen odpovídajícím štítkem. Kabely budou v objektech vedeny v nehořlavých chráničkách a ihned za vstupem do objektu bude provedena plynotěsná redukce. Riser kabely budou z místa napojení na příchozí vlákna taženy vertikálně až do nejvyššího patra objektu, kde bude uložena dostatečná rezerva. V jednotlivých patrech budou v odbočném boxu otvorem vytvořeným v plášti vytažena odpovídající vlákna vedoucí k jednotlivým bytovým jednotkám. Předpokládané délky riser kabelů včetně rezerv jsou uvedeny ve schématu vnitřních rozvodů. Po dokončení a propojení optických tras bude provedeno měření kvůli zjištění útlumu a případných poruch. Z výsledků měření bude vystaven protokol, který bude součástí dokumentace k předání stavby.

Bezpečnost práce

Výkopy v zastavěném území, na veřejných prostranstvích a v uzavřených objektech, kde probíhají současně i jiné činnosti, musí být zakryty, nebo u okraje, kde hrozí nebezpečí pádu fyzických osob do výkopu, zajištěny zábradlím dle nařízení vlády č.

362/2005 Sb., zábradlí se skládá alespoň z horní tyče (madla) a zarážky u podlahy (ochranné lišty) o výšce minimálně 0,15 m. Je-li výška podlahy nad okolní úrovní větší než 2 m, musí být prostor mezi horní tyčí (madlem) a zarážkou u podlahy zajištěn proti propadnutí osob osazením jedné nebo více středních tyčí, případně jiné vhodné výplně, s ohledem na místní a provozní podmínky. Za dostatečnou se považuje výška horní tyče (madla) nejméně 1,1 m nad podlahou, nestanoví-li zvláštní právní předpisy jinak. Prostor mezi horní tyčí a zarážkou u podlahy je nutno zajistit proti propadnutí osob způsobem odpovídajícím místním a provozním podmínkám bez ohledu na hloubku výkopu.

Ve vzdálenosti větší než 1,5 m od hrany výkopu lze zajištění provést vhodnou zábranou zamezující přístupu osob do prostoru ohroženého pádem do hloubky. Za vhodnou zábranu se považuje zábradlí, u něhož nemusí být dodrženy požadavky na pevnost ani na zajištění prostoru pod horní tyčí proti propadnutí, přenosné dílcové zábradlí, bezpečnostní značení označující riziko pádu osob upevněné ve výšce horní tyče zábradlí, překážka nejméně 0,6 m vysoká nebo zemina z výkopu, uložená v sypkém stavu do výše nejméně 0,9 m. Zábradlí a zábrany smí být přerušeny pouze v místech přechodů nebo přejezdů. Pokud výkop tvoří překážku na veřejně přístupné komunikaci pro pěší, musí být zajištěn vždy zábradlím podle věty první, přičemž zarážka u podlahy slouží zároveň jako zarážka pro slepeckou hůl.

Na veřejných prostranstvích a veřejně přístupných komunikacích musí být přes výkopy zřízeny přechody nebo přejezdy, kapacitně odpovídající danému provozu, dostatečně únosné a bezpečné. Přechody o šířce nejméně 1,5 m musí být opatřeny zábradlím včetně zarážky pro slepeckou hůl na obou stranách.

4.2.2 Výkresová dokumentace projektu FTTH

4. Trasový výkres mikrotrubičkových svazků
5. Schematický výkres mikrotrubiček
6. Schéma vedení optických vláken
7. Schéma vnitřních rozvodů

4.2.3 Management vyvádění optických vláken

Tabulka č.1: Management vláken na ODF (zdroj: Autor)

stavba: SEK_FTTH_Ponov_SL

OLT: Univerzitní 108

OMK1: přívod z OLT

číslo ODF	rozměr	počet vláken	Adaptér
ODF 3	2U	144	LC/APC

č. kabelu	pozice	vláskno	splitter	směr	byt č.	patro	č. kabelu	pozice	vláskno	splitter	směr	byt č.	patro	č. kabelu	pozice	vláskno	splitter	směr	byt č.	patro		
1	1	1	splitter č. 1 (1:128)	Univerzitní č.p. 108	1	OMK 2	25	25	splitter č. 1 (1:128)	Univerzitní č.p. 104	1	OMK 3	49	49	splitter č. 1 (1:128)	Česká č.p. 103	1	OMK 4	1	splitter č. 1 (1:128)	Zemědělská č.p. 105	1
2	2	2			26		26	2			2		50	50			2					
3	3	3			27		27	3			3		51	51			3					
4	4	4			28		28	4			4		52	52			4					
5	5	5			29		29	5			5		53	53			5					
6	6	6			30		30	6			6		54	54			6					
7	7	7			31		31	7			7		55	55			7					
8	8	8			32		32	8			8		56	56			8					
9	9	9			33		33	9			9		57	57			9					
10	10	10			34		34	10			10		58	58			10					
11	11	11			35		35	11			11		59	59			11					
12	12	12			36		36	12			12		60	60			12					
13	13	13			37		37	13			13		61	61			13					
14	14	14			38		38	14			14		62	62			14					
15	15	15			39		39	15			15		63	63			15					
16	16	16			40		40	16			16		64	64			16					
17	17	17			41		41	17			17		65	65			17					
18	18	18			42		42	18			18		66	66			18					
19	19	19			43		43	19			19		67	67			19					
20	20	20			44		44	20			20		68	68			20					
21	21	21			45		45	21			21		69	69			21					
22	22	22			46		46	22			22		70	70			22					
23	23	23			47		47	23			23		71	71			23					
24	24	24			48		48	24			24		72	72			24					
73	73	73	splitter č. 1 (1:128)	Univerzitní č.p. 102	1	OMK 5	97	97	splitter č. 1 (1:128)	Česká č.p. 101	1	OMK 6	121	121	splitter č. 1 (1:128)	Zemědělská č.p. 105	1	OMK 7	1	splitter č. 2 (1:128)	Zemědělská č.p. 105	1
74	74	2			98		98	2			2		122	122			2					
75	75	3			99		99	3			3		123	123			3					
76	76	4			100		100	4			4		124	124			4					
77	77	5			101		101	5			5		125	125			5					
78	78	6			102		102	6			6		126	126			6					
79	79	7			103		103	7			7		127	127			7					
80	80	8			104		104	8			8		128	128			8					
81	81	9			105		105	9			9		129	129			9					
82	82	10			106		106	10			10		130	130			10					
83	83	11			107		107	11			11		131	131			11					
84	84	12			108		108	12			12		132	132			12					
85	85	13			109		109	13			13		133	133			13					
86	86	14			110		110	14			14		134	134			14					
87	87	15			111		111	15			15		135	135			15					
88	88	16			112		112	16			16		136	136			16					
89	89	17			113		113	17			17		137	137			17					
90	90	18			114		114	18			18		138	138			18					
91	91	19			115		115	19			19		139	139			19					
92	92	20			116		116	20			20		140	140			20					
93	93	21			117		117	21			21		141	141			21					
94	94	22			118		118	22			22		142	142			22					
95	95	23			119		119	23			23		143	143			23					
96	96	24			120		120	24			24		144	144			24					

číslo ODF	rozměr	počet vláken	Adaptér
ODF 4	2U	144	LC/APC

č. kabelu	pozice	vláskno	splitter	směr	byt č.	patro	č. kabelu	pozice	vláskno	splitter	směr	byt č.	patro	č. kabelu	pozice	vláskno	splitter	směr	byt č.	patro		
1	1	1	splitter č. 2 (1:128)	Zemědělská č.p. 106	1	OMK 8	25	25	splitter č. 2 (1:128)	Zemědělská č.p. 107	1	OMK 9	49	49	splitter č. 2 (1:128)	Univerzitní č.p. 109	1	OMK 10	1	splitter č. 2 (1:128)	Univerzitní č.p. 111	1
2	2	2			26		26	2			2		50	50			2					
3	3	3			27		27	3			3		51	51			3					
4	4	4			28		28	4			4		52	52			4					
5	5	5			29		29	5			5		53	53			5					
6	6	6			30		30	6			6		54	54			6					
7	7	7			31		31	7			7		55	55			7					
8	8	8			32		32	8			8		56	56			8					
9	9	9			33		33	9			9		57	57			9					
10	10	10			34		34	10			10		58	58			10					
11	11	11			35		35	11			11		59	59			11					
12	12	12			36		36	12			12		60	60			12					
13	13	13			37		37	13			13		61	61			13					
14	14	14			38		38	14			14		62	62			14					
15	15	15			39		39	15			15		63	63			15					
16	16	16			40		40	16			16		64	64			16					
17	17	17			41		41	17			17		65	65			17					
18	18	18			42		42	18			18		66	66			18					
19	19	19			43		43	19			19		67	67			19					
20	20	20			44		44	20			20		68	68			20					
21	21	21			45		45	21			21		69	69			21					
22	22	22			46		46	22			22		70	70			22					
23	23	23			47		47	23			23		71	71			23					
24	24	24			48		48	24			24		72	72			24					
73	73	73	splitter č. 2 (1:128)	Univerzitní č.p. 110	1	OMK 11	97	97	splitter č. 2 (1:128)	Univerzitní č.p. 111	1	OMK 12	121	121	splitter č. 3 (1:32)	Univerzitní č.p. 112	1	OMK 13	1	splitter č. 2 (1:128)	Univerzitní č.p. 112	1
74	74	2			98		98	2			2		122	122			2					
75	75	3			99		99	3			3		123	123			3					
76	76	4			100		100	4			4		124	124			4					
77	77	5			101		101	5			5		125	125			5					
78	78	6			102		102	6			6		126	126			6					
79	79	7			103		103	7			7		127	127			7					
80	80	8			104		104	8			8		128	128			8					
81	81	9			105		105	9			9		129	129			9					
82	82	10			106		106	10			10		130	130			10					
83	83	11			107		107	11			11		131	131			11					
84	84	12			108		108	12			12		132	132			12					
85	85	13			109		109	13			13		133	133			13					
86	86	14			110		110	14			14		134	134			14					
87	87	15			111		111	15			15		135	135			15					
88	88	16			112		112	16			16		136	136			16					
89	89	17			113		113	17			17		137	137			17					
90	90	18			114		114	18			18		138	138			18					
91	91	19			115		115	19			19		139	139			19					
92	92	20			116		116	20			20		140	140			20					
93	93	21			117		117	21			21		141	141			21					
94	94	22			118		118	22			22		142	142			22					
95	95	23			119		119	23			23		143	143			23					
96	96	24			120		120	24			24		144	144			24					

4.2.4 Předběžný odhad nákladů na realizaci stavby

Tabulka č. 2: Předběžný odhad cenových nákladů stavby (zdroj: Autor)

stavba: SEK_FTTH_Ponov_SL

položka č.	typ / druh	název	jednotky hod/ks/m/m ² /m ³	cena za jednotku Kč	počet jednotek	cena celkem Kč
1	zemní práce	vytyčení sítě	hodiny	1 500,00 Kč	6	9 000,00 Kč
2		geodetické zaměření trasy vedení	hodiny	1 500,00 Kč	1	1 500,00 Kč
3		ruční výkop v zeleni 35 x 80 cm (š x h)	m	320,00 Kč	427	136 640,00 Kč
4		ruční výkop v asf. chodníku 35 x 60 cm (š x h)	m	750,00 Kč	79	59 250,00 Kč
5		technologické jámy / sondy	m ²	900,00 Kč	16	14 400,00 Kč
6		řízený podvrt (průměr 63 mm)	m	1 250,00 Kč	19	23 750,00 Kč
7		pokládka chrániček, zásyp, ochranná fólie	m	16,00 Kč	506	8 096,00 Kč
8		obnova povrchu asfalt tl. 5 mm (nad rámeček)	m ²	950,00 Kč	98	93 100,00 Kč
9		hutnicí zkouška dynamickou zatěžovací deskou	ks	2 500,00 Kč	6	15 000,00 Kč
10		mikrotrubičkový svazek 4x 12/8 mm	m	26,70 Kč	457	12 201,90 Kč
11	ochranné prvky kabelů	mikrotrubička 12/8 mm	m	5,40 Kč	120	648,00 Kč
12		chránička vnitřní 10/8 LSHF	m	10,30 Kč	1440	14 832,00 Kč
13		spojka MT 12/8 na 12/8 mm	ks	211,80 Kč	10	2 118,00 Kč
14	vláknové trasy	optický mikrokabel 24 vláken (venkovní)	m	15,80 Kč	1368	21 614,40 Kč
15		riser kabel 24 vláken	m	29,70 Kč	720	21 384,00 Kč
16		mechanická ochrana svaru 45mm	ks	5,20 Kč	288	1 497,60 Kč
17		patchcord SC/APC to LC/APC 3m	ks	113,50 Kč	3	340,50 Kč
18		patchcord SC/APC to SC/APC 1,5m	ks	74,30 Kč	288	21 398,40 Kč
19		konektor LC/APC	ks	109,10 Kč	291	31 748,10 Kč
20		konektorový adaptér	ks	49,65 Kč	146	7 248,90 Kč
21	technický materiál	propojovací box	ks	1 603,30 Kč	12	19 239,60 Kč
22		patrový odbočovací box	ks	243,20 Kč	96	23 347,20 Kč
23		účastnická jednotka ONT	ks	1 890,40 Kč	288	544 435,20 Kč
24		rack 19" (24U)	ks	2 702,50 Kč	1	2 702,50 Kč
25		ODF 24 pozic	ks	1 500,40 Kč	2	3 000,80 Kč
26		ODF144 pozic	ks	2 575,80 Kč	2	5 151,60 Kč
27		splitter 1:128	ks	29 878,20 Kč	2	59 756,40 Kč
28		splitter 1:32	ks	6 115,70 Kč	1	6 115,70 Kč
29		splitter panel 1U	ks	213,50 Kč	1	213,50 Kč
30	montáž	zafukování kabelů	m	15,40 Kč	1368	21 067,20 Kč
31		svar vlákna	ks	120,90 Kč	288	34 819,20 Kč
32		osazení konektoru	ks	94,10 Kč	291	27 383,10 Kč
33		vnitřní instalace rozvodů (v lištách)	m	45,50 Kč	435	19 792,50 Kč
34		vnitřní instalace rozvodů (zasekávání)	m	672,30 Kč	45	30 253,50 Kč
35		vnitřní instalace rozvodů (vertikální stoupačky)	m	42,10 Kč	720	30 312,00 Kč
36		osazení propojovacích boxů	ks	43,00 Kč	12	516,00 Kč
37		měření vláken	ks	208,70 Kč	288	60 105,60 Kč
38	projekční práce	projektová dokumentace DUR	ks	23 500,00 Kč	1	23 500,00 Kč
39		získání stanovisek dotčených orgánů a správců	ks	8 000,00 Kč	1	8 000,00 Kč
40		zajištění smlouvy o smlouvě budoucí	ks	1 500,00 Kč	1	1 500,00 Kč
41		zajištění vydání Rozhodnutí o umístění stavby	ks	21 500,00 Kč	1	21 500,00 Kč
42		projektová dokumentace DSP	ks	26 500,00 Kč	1	26 500,00 Kč
cena celkem					1 464 979,40 Kč	

Uvedené ceny jsou pouze orientační dle kvalifikovaného odhadu autora. V ceně ručních výkopů je zahrnuta i obnova povrchu s přesahem 0,5 m na obě strany kynety. Hutnicí zkoušky jsou uvažovány v místech narušení povrchů chodníků, kdy se provádí jedna zkouška na každých započatých 30 m trasy. V souhrnu není uveden modul OLT, který je dodáván operátorem. Množství komponentů je navrženo pro 100 % penetraci účastníků v zájmové oblasti. Účastnické jednotky ONT jsou zákazníkovi dány k užívání formou pronájmu, či je umožněn jejich odkup.

5 Závěr

V souladu s postupem a technologickými možnostmi popsanými v teoretické části práce byl v praktické části proveden návrh projektu telekomunikační sítě FTTH ve fiktivní urbanistické lokalitě. V rámci návrhu byla vypracována projektová dokumentace potřebná k vydání rozhodnutí o umístění stavby a technologický projekt určený k její realizaci. Snahou autora bylo znázornění jedné ze současných metod návrhu a prezentace projektů telekomunikačních sítí. Výchozí podklady představovaly digitální mapy zájmové oblasti, technické normy a zákony související s výstavbou vedení elektronických komunikací a současné trendy v budování optických přístupových sítí. Pro přehlednost prezentace byla zvolena menší až střední lokalita se zástavbou z panelových domů.

Grafické přílohy projektu, zobrazující především polohopisné umístění liniového vedení stavby a schematickou strukturu sítě, byly vytvořeny v programu AutoCAD 2019. Textová část vycházela z požadavků uvedených ve vyhlášce o dokumentaci staveb a potřeby popsat ideální pracovní postupy při výstavbě.

Díky zvolené technologii bylo možné navrhnout moderní telekomunikační síť, jejíž náklady na realizaci a provoz jsou srovnatelné s dosluhujícími metalickými rozvody. Největší výhodou pasivní optické sítě je však její dlouhá životnost, spolehlivost a budoucí možnosti modernizace.

Zejména při návrhu sítí ve větších lokalitách, by našly uplatnění specializované nástavby výkresových programů, které by samotný proces zjednodušily a zrychlily. V teoretické rovině neomezených nákladů by s využitím nejmodernějších technologií a paralelního přenosu dat šlo dosáhnout přenosové kapacity sítě až 1 Tbit/s, avšak běžný uživatel by pro takovou rychlost zřejmě nenašel využití a návratnost nákladů na realizaci stavby by byla nereálná.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN 73 6005. *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. Praha: Český normalizační institut, datum vydání 11/2020.
- [2] ČSN 83 9061. *Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích*. Praha: Český normalizační institut, datum vydání 02/2006.
- [3] ČESKO. Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb. In: *Zákony pro lidi* [online]. Platnost od 28. 11. 2006 [cit. 2023-03-10]. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499#>
- [4] ČESKO. Zákon č. 127/2005 Sb. o elektronických komunikacích, § 104. In: *Zákony pro lidi* [online]. Platnost od 31. 3. 2005 [cit. 2023-03-10]. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-127#>
- [5] YANG Song, YANG Ying. *Urban planning and design based on AutoCAD to expand GIS function* [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné také z: [http://cad-journal.net/files/vol_17/CAD_17\(S2\)_2020_11-21.pdf#](http://cad-journal.net/files/vol_17/CAD_17(S2)_2020_11-21.pdf#)
- [6] BUBNÍK, L., KLAJBL, J., MAZUCH, P. *Optoelektrotechnika*. Code creator s.r.o.. ISBN 978-80-88058-20-5. [online]. [cit. 2023-03-12]. Dostupné také z: <https://publi.cz/books/185/Cover.html#>
- [7] PRAT, J.; *Next-generation FTTH passive optical networks*. Springer, ISBN 978-1-4020-8470-6. [online]. Dostupné také z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-8470-6_1#
- [8] HÁJEK, M., ŠVRČEK, M. *Základní měření optických tras při prvním setkání s optikou*. MIKROKOM, Praha 2011
- [9] SCHALLER, J., GNAEDINGER J., REITH, L. at al. *GeoDesign: Concept for integration of BIM and GIS in landscape planning*. Wichman Verlag, ISBN 978-3-87907-629-1. [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné také z: https://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/DLA_2017/537629011.pdf#
- [10] ČESKÝ TELEKOMUNIKAČNÍ ÚŘAD. [online]. Dostupné také z: <https://www.ctu.cz/#>
- [11] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. [online]. Dostupné také z: <https://www.eru.cz/#>
- [12] ITU-T G.984.1. Recommendation. *Transmission and media, digital systems and network, Gigabit-capable passive optical networks*. [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné také z: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/en#>

- [13] ČESKO. Zákon č. 183/2006 Sb. stavební zákon, § 92. In: *Zákony pro lidi* [online]. Platnost od 11. 5. 2006 [cit. 2023-03-11]. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183#>
- [14] ČESKO. Zákon č. 416/2009 Sb. liniový zákon, § 3. In: *Zákony pro lidi* [online]. Platnost od 27.11. 2009 [cit. 2023-03-11]. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-416#>
- [15] BATEGELJ, B., ERZEN, V., TRATNIK, J., et al. *Optical access network migration from GPON to XG-PON*. ISBN 978-1-61208-205-9. [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné také z: https://www.researchgate.net/publication/281536873_Optical_access_network_migration_from_GPON_to_XG-PON#

Seznam příloh

Příloha č.1 – výkresová projektová dokumentace DUR + DPS (7 x A3)

Příloha č.2 – prezentace teoretické a praktické části práce