

Návrh pasivní datové infrastruktury založené na optických rozvodech

Bc. Nikol Krejčová

Diplomová práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav počítačových a komunikačních systémů

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Nikol Krejčová**
Osobní číslo: **A19442**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Počítačové a komunikační systémy**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Návrh pasivní datové infrastruktury založené na optických rozvodech**
Téma práce anglicky: **Design of a Passive Data Infrastructure Based on Optical Cables**

Zásady pro vypracování

1. Provedte rešerši na dané téma.
2. Zaměřte se na možnosti pozemních a kancelářských optických rozvodů.
3. Navrhněte vzorové realizace pomocí optických rozvodů.
4. Popište typické prvky nutné k realizaci navržených řešení.
5. Realizujte úpravu běžné datové zásuvky i pro použití v optických rozvodech.
6. Postup při konstrukci zásuvky zdokumentujte a ověřte její funkčnost.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. CHRISTIAN, N. L. a L. K. PASSAUER. Fiber optic component design, fabrication, testing, operation, reliability, and maintainability. Park Ridge, N.J., U.S.A.: Noyes Data, c1989. ISBN 978-0815512035.
2. RAMASWAMI, Rajiv, Kumar N. SIVARAJAN a Galen H. SASAKI. Optical Networks [online]. Amsterdam: Elsevier, 2010. [cit. 2021-11-17]. ISBN 9780123740922. Dostupné z: doi:10.1016/C2009-0-17339-7
3. PAL, Bishnu P. Guided Wave Optical Components and Devices – Basics, Technology, and Applications. Elsevier. 2006. ISBN 978-0120884810
4. DUNLOP, J., & SMITH, D.G. Telecommunications Engineering (3rd ed.). Routledge. 1984. <https://doi.org/10.1201/9780203737309>
5. MEASURES, Raymond M. Structural monitoring with fiber optic technology. San Diego, Calif.: Academic, 2001., (xvii, 716 pages). ISBN 9780080518046.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D.**
Ústav řízení procesů

Datum zadání diplomové práce: **3. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2022**

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Miroslav Matýšek, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. února 2022

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 20.5. 2022

Bc. Nikol Krejčová v. r.
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na optické rozvody s efektivní a snadnou úpravou běžné datové zásuvky, která je rozšířena o optickou část. Vzorové realizace včetně trojrozměrného modelu, způsob demontáže, úpravy a finální montáže zásuvky se svařením optických vláken jsou prakticky zhotoveny a podrobně popsány. Navržená řešení se zabývají i kamerovým bezpečnostním systémem, a to jak uvnitř budovy, tak i v prostoru světelně signalizačního zařízení. Provedena je i kontrola průchodnosti trasy a pro úplnost jsou doloženy měřicí protokoly. Výsledkem práce je levnější a časově nenáročné řešení rozšíření stávající metalické sítě o optickou část při zachování stávajícího vzhledu interiéru a při nenarušení provozu.

Klíčová slova:

Optický rozvod, zásuvka, kamera, bezpečnost, bod – bod topologie, optické vlákno, protokol

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on optical distribution with efficient and easy modification of a common data socket, which is extended by an optical part. Exemplary realizations, including a three-dimensional model, the method of disassembly, modification and final assembly of a socket with optical fiber welding are practically made and described in detail. The proposed solutions also deal with the camera security system, both inside the building and in the area of the light signaling device. The route is also checked and measurement protocols are documented for completeness. The result of the work is a cheaper and time-saving solution of extending the existing metal network with an optical part while maintaining the existing appearance of the interior.

Keywords:

Optical distribution, socket, camera, security, point – point topology, optical fiber, protocol

„Hlavní smysl v tomto životě je pomáhat druhým. A pokud jim nemůžete pomoci, aspoň jim neublížíte.“ — Dalajláma [1]

Děkuji svému vedoucímu práce doc. Ing Jiřímu Vojtěškovi, Ph.D. za přisun pozitivní energie, dodání odvahy a motivace při psaní práce, za přátelskou atmosféru, trpělivost, vstřícnost, předání osobních zkušeností, cenných rad a v neposlední řadě za věnovaný čas. Dále děkuji své rodině, která je mi velkou oporou po celou dobu mého studia.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 1 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 3 |
| 1 OPTICKÉ KABELOVÉ VEDENÍ | 4 |
| 1.1 UMÍSTĚNÍ KABELOVÉHO VEDENÍ | 4 |
| 1.1.1 Podzemní..... | 5 |
| 1.1.2 Nadzemní | 7 |
| 2 STRUKTURA ZEMNÍ OPTICKÉ TRASY | 9 |
| 2.1 OCHRANA OPTICKÝCH KABELŮ | 9 |
| 2.2 OPTICKÉ KABELY A VLÁKNA | 13 |
| 2.2.1 Barevné kódy optických vláken a kabelů..... | 14 |
| 2.2.2 Typy optických kabelů a vláken | 14 |
| 2.2.3 Zakončení optických kabelů | 16 |
| 2.3 METODY MĚŘENÍ OPTICKÝCH VLÁKEN | 22 |
| 2.4 OPTICKÉ KABELOVÉ SPOJKY | 24 |
| 2.4.1 Umístění hrncových optických spojek | 24 |
| 2.4.2 Struktura rozvláknění | 26 |
| 3 KAMEROVÉ SYSTÉMY | 28 |
| 3.1 ANALOGOVÉ KAMEROVÉ SYSTÉMY | 28 |
| 3.2 DIGITÁLNÍ KAMEROVÉ SYSTÉMY | 29 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | 31 |
| 4 VZOROVÉ REALIZACE | 32 |
| 5 VNITŘNÍ ŘEŠENÍ KAMEROVÉHO ZABEZPEČENÍ | 33 |
| 5.1 VÝHODY ŘEŠENÍ..... | 34 |
| 5.2 NEVÝHODY ŘEŠENÍ | 35 |
| 5.3 NÁVRH ŘEŠENÍ | 35 |
| 5.4 POSTUP PŘI REALIZACI | 36 |
| 5.5 NÁSTROJE PRO SESTAVENÍ A MONTÁŽ ZÁSUVKY | 42 |
| 5.6 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI VYTVOŘENÉHO ŘEŠENÍ | 45 |
| 5.7 NÁKLADY NA REALIZACI..... | 49 |
| 6 VNĚJŠÍ ŘEŠENÍ KAMEROVÉHO ZABEZPEČENÍ | 53 |
| 6.1 NÁVRH ŘEŠENÍ | 54 |
| 6.2 NÁKLADY NA REALIZACI..... | 54 |
| 7 ALTERNATIVY A POROVNÁNÍ RŮZNÝCH ŘEŠENÍ | 57 |
| 7.1 MOŽNÉ ALTERNATIVY | 57 |
| 7.1.1 Bezdrátové řešení | 57 |
| 7.1.2 Porovnání optické sítě s metalickou sítí..... | 58 |
| ZÁVĚR | 60 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 62 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 66 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 68 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| SEZNAM TABULEK..... | 70 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 71 |

ÚVOD

Toto téma práce jsem si zvolila z toho důvodu, že už několik let pracuji v oboru, s podobnými problémy se setkávám v praxi a motivuje mě zjišťovat si k tomuto odvětví více informací. Práce je zaměřena na pozemní a kancelářské optické rozvody s bezpečnostním kamerovým systémem, ke kterým jsou zhotoveny dvě vzorové realizace a podrobně popsány včetně využití poznatků z praxe. Optické rozvody modelových řešení jsou navrženy topologií bod – bod, kterou je vyjádřeno přímé připojení a propojitelnost páteřních tras do infrastruktury bez použití aktivních prvků, jelikož z modulu síťové karty vede patchcord přímo do upravené zásuvky a ze zásuvky vede patchcord přímo do modulu kamery. Z toho důvodu práce řeší pouze hardwarovou část, jelikož se nezabývá aktivními prvky. V práci jsou popsány typické prvky nutné k realizaci navržených řešení. Dále je realizována snadná a levná úprava běžné datové zásuvky, která je obohacena o optickou část. Úprava zásuvky je zdokumentována, podrobně popsána a poté byla ověřena její funkčnost vhodnými přístroji. Největším bonusem tohoto řešení je schopnost integrace optické sítě do již stávající zásuvky, a to i v místech, kde nejsou velké prostorové možnosti. Ocení ho především podniky s nepřetržitým provozem, jelikož nedochází k narušení klidu pracovníků, především z důvodu hlučnosti, protože není potřeba bourání zdí a není tedy nutný zásah do vzhledu interiéru. Navíc navržené řešení nevyžaduje velkou časovou náročnost při úpravě. Dá se tedy využít všude tam, kde je nutnost tiché demontáže – například v nemocnicích a také se vyplatí v místech, kde je potřeba řešit úpravu většího počtu zásuvek, jelikož samotná úprava zásuvky vychází cca na 100 Kč, ale už hotová zásuvka s optickou částí vychází o pár set dráž.

Hlavní výhodou této navržené topologie je bezpečnost přenosu informací, jelikož je známo, že je optický přenos mnohem hůře odposlechnutelný než přenos metalický nebo bezdrátový.

V teoretické části práce je popsáno kabelové vedení s možnostmi jeho uložení pod povrchem nebo nad povrchem. Podrobně jsou rozebrány ochranné prvky optických kabelů, jsou zmíněny i různé druhy samotných optických kabelů a pozornost je soustředěna i na způsobu a místech zakončení optických vláken. Zmíněna je i struktura rozvláknění optických vláken v optických spojkách.

Praktická část práce je zaměřena na inovaci stávajících sítí v praxi pomocí finančně a časově nenáročné úpravy běžné zásuvky, která je obohacena o optickou část. K projektovaným realizacím nechybí ani rozpočtová část a technická zpráva. K práci byl pro lepší názornost a přehled vytvořen i trojrozměrný model projektovaných řešení s podrobným popisem.

V závěrečné části práce je uvedeno kontrolní ověření funkčnosti vytvořeného řešení, které je doložené příslušnými protokoly z měření. Dále jsou zmíněny alternativy a porovnání různých řešení a jsou popsány jejich výhody i nevýhody.

Pokud není uvedeno jinak, použité fotodokumentace je pořízena autorkou práce, stejně tak i schémata rozvláknění, která jsou použita z autorčiny praxe.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OPTICKÉ KABELOVÉ VEDENÍ

Optické kabelové vedení je umístováno několika možnými způsoby. Podle prostředí je konstrukce optického kabelu prováděna dvojím způsobem, vnitřním nebo vnějším (venkovní řešení). Při vnitřním řešení jsou optické kabely už samy o sobě chráněny budovou, takže je v tomto případě řešeno především estetické hledisko. Z tohoto pohledu je optické kabelové vedení uvnitř budov vedeno v panelových žlabech (lišťách) většinou na zdech místností tak, aby co nejméně zasahovaly do vzhledu interiéru. Pro uložení a krytí kabelů jsou často použity také rošty nebo zdvojené podlahy. Oproti tomu venkovní řešení je mnohem náchylnější na ochranu, která je více potřebná než u vnitřního řešení. Je využíváno především dvou možných způsobů realizace optického kabelového vedení podle určeného umístění optického kabelového vedení dle požadavků investora. Jedná se o různé způsoby uložení tohoto vedení – pod povrch tedy do země nebo na povrch, což se často využívá umístění kabelového vedení převěsem. Jako sekundární ochrana kabelového vedení jsou použity sekundární ochrany kabelů, které jsou dále umístěny přímo v zemi v další ochranné trubce, v kanálech (multikanálech), kolektorech atd. Více je o těchto možnostech popsáno v podkapitolách níže.

1.1 Umístění kabelového vedení

Realizace kabelového vedení je vždy závislá na lokalitě a finančních možnostech investora akce. Kabelové vedení je možno umístit pod povrchem země nebo na povrchu převěsem. Pokládka kabelových vedení přímo do země do pískového lože ve výkopu není u nás častá a provádí se spíše v zahraničí. U nás se běžně setkáváme s uložení kabelových vedení do země s pomocí příslušných ochran. Jako ochrany slouží sekundární trubky, které bývají běžně uloženy buď ve volném terénu nebo v kabelovodu. Před zahájením výkopových prací je vždy nutné mít vyřízená veškerá potřebná povolení. Po obdržení vyjádření s kladným stanoviskem, je možné postupovat dle podmínek dotčených orgánů státní správy a správců inženýrských sítí. Zpravidla je vždy nejdříve kontaktován správce komunikačních ploch, se kterým jsou dohodnuty podmínky následných prací a je sjednán souhlas s uskutečněním plánovaných prací. Častou podmínkou správce je, že před zahájením výkopových prací musí investor vyzvat správce k řádnému vytyčení všech stávajících inženýrských sítí, které bývá prováděno orientačně.

1.1.1 Podzemní

Mezi nejčastěji používané možnosti pokládky kabelů pod povrch země patří pokládka kabelů přímo do země, zatahování a zafukování kabelů do sekundární ochrany. Pokládka optických kabelů je prováděna vždy na základě schváleného projektu dle přesných technologických postupů za daných podmínek správců jednotlivých inženýrských sítí. Pokud se v místě plánované stavby nachází kabelová vedení a předpokládá se jejich dotčení, většinou je požadován správci sítí ruční výkop trasy. Ruční výkopové práce se provádí v ochranném pásmu kabelu ve vzdálenosti jednoho metru. Pokud dochází ke křížení jiné podzemní sítě, je potřeba dodržet podmínky normy ČSN 736005, která se týká prostorové úpravy vedení technického vybavení. Po odkrytí kabelových vedení je vždy nutné zajistit jeho řádné zabezpečení vůči případnému poškození, a to nejen při práci, ale např. i nepovolanou osobou. Před záhozem kabelových vedení jsou vyzváni správci sítí ke kontrole a po odsouhlasení správného provedení následně stavebníci provedou zához do pískového lože dle ČSN 33 2000 5-52. Pozice vedení bývá vyznačena výstražnou fólií nebo jiným vhodným označením dle ČSN 736006. Při instalaci kabelových vedení je třeba dodržet platné předpisy, normy, vyhlášky a nařízení, které se týkají mimo jiné i bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Při pokládce sdělovacích kabelů a ochranných trubek by mělo být vedení uloženo do výkopu o minimálním krytí dle ČSN 73 6005. Prostor, který neslouží provozu nebo stání vozidel (chodník) by měl mít krytí 40 cm, volný terén 60 cm, vozovka 90 cm a rychlostní komunikace nebo silnice první třídy by měla mít krytí 120 cm. V místech, kde není možné z nějakého důvodu dodržení předepsaného krytí, musí být projektované vedení opatřeno zvýšenou mechanickou ochranou a tyto případy jsou řešeny individuálně se zástupci investorů staveb a projektanty.

Kabelová vedení jsou umístěna ve vybraných oblastech s ohledem na bezpečnost a vhodnou instalaci. Zvolená oblast by měla splňovat určité požadavky nutné pro uložení jako je ochrana před vnějšími faktory, a to jak lidskými, tak povětrnostními. Místo uložení by mělo být dostatečně prostorné jak pro samotnou kabeláž, tak i pro potřebné přístroje používané ve stavebním provozu. Kotouče by měly být uloženy po okrajích s přístupy na boční strany. Pro zafukování a zatahování kabelů se využívá navijáku, na kterém je kabel chráněn speciálním tepelným obalem, který poskytuje vnější ochranu proti nepříznivým povětrnostním vlivům. Standardním postupem zafukování a zatahování optických kabelů do sekundární ochrany je umístění podzemních kabelů do podzemních potrubních systémů, do kterých musí být vhodný přístup, ať už průlezy nebo šachtami. Prostor by měl být vybrán dostatečně

velký, aby se vešlo nejen kabelové vedení, ale i přístroje nutné k výstavbě a provozu. Je potřeba dodržení určitého postupu a daných hodnot, převážně je kladen důraz na ohybové a tahové napětí. Pro umístění standardních optických kabelů zatahováním či zafukováním do sekundární ochrany se využívá mnoha přístrojů, z nichž jsou často využity tažné navijáky, které existují v mnoha různých provedeních. Setkat se lze s přenosným otočným navijákem viz *Obr. 1*, s navijákem namontovaným na přívěsu, s tažným a vzduchovým navijákem, se speciálním přívěsem na kabelovou cívku atd. V Kanadě se lze setkat s celým vozem speciálně upraveným pro tuto činnost viz *Obr. 1*. [2]



Obr. 1 Přenosný otočný naviják a speciální vůz pro zafukování a zatahování

Zatahování do sekundární ochrany

Do sekundární ochrany se optické kabely zatahují buď ručně nebo pomocí speciálních přístrojů. Způsob umístění optických kabelů pomocí ručního zatahování je využíván na kratší vzdálenost, kde se jedná o jednotlivé úseky dané trasy. K zatahování se používá naviják, na kterém je navinut optický kabel. Tato metoda je velmi oblíbená u komunikačních kanálů, kde se jedná o větší průměr ochrany. Při zatahování kabelů je nutno dbát na pečlivou a důslednou manipulaci s kabelem z důvodu kontroly ohybů, které by měly být co nejmenší. S optickým kabelem by měla být vždy velmi opatrná manipulace z důvodu předejití jakýchkoliv pozdějších vad. U zatahování za pomoci přístrojů je možno počítat s větší délkou úseku. U zatahování pomocí přístroje se používá zatahovací lano, které je připevněno k tahovému prvku optického kabelu pomocí zatahovací hlavičky. Zatahovací hlavička se používá z důvodu vyrovnání ohybů a zkrutových sil mezi zatahovacím lanem a kabelem. Vždy je nutné sledovat vypnutí navijáku, aby se předešlo závadám a práce proběhla bez problémů. [3]

Zafukováním do sekundární ochrany

Pro zafukování optického kabelu do sekundární ochrany je využíváno kabelového vleku, hydraulické jednotky, zafukovacího zařízení a kompresoru. Zafukování je možno provádět dvěma různými způsoby. Jedná se buď o zafukování s pomocí pístu nebo zafukování bez pístu. Pomocí pístu je vhodné zafukování optických kabelů do rovných tras, jedná se o metodu, kdy je píst vložen do trubky a následně je pomocí vzduchem natlakovaného kompresoru zafouknut optický kabel. Mechanismus zafukování optického kabelu bez pístu je složitější než s pístem. V tomto procesu je využito síly drážkových dutých kol, která jsou pneumatickými písty poháněna proti kabelu a vzduch proudí okolo zafukovaného kabelu. Tato metoda je vhodnější pro kabelovou trasu, která není rovná, ale je dělená na úseky. [4]

Tlak vzduchu v kompresoru, který fouká optický kabel do ochranné sekundární trubky je vždy nastaven v závislosti na požadované rychlosti. Tato metoda je používána především u kratších a rovných tras, případně tras co nejméně zaoblených. Zafukování se provádí zpravidla směrem z kopce a vždy za vhodných podmínek. Venkovní teplota by měla být optimální pro manipulaci s optickými kabely, to znamená, že by nemělo mrznout. Pro ideální kluzné vlastnosti zafukovaných optických kabelů se využívají speciální chemické přípravky nanášené na vnitřní stěnu trubek. Tím je zajištěn snazší průběh zafukování s docílením větší zafouknuté vzdálenosti bez komplikací a bez poškození kabelu. [4]

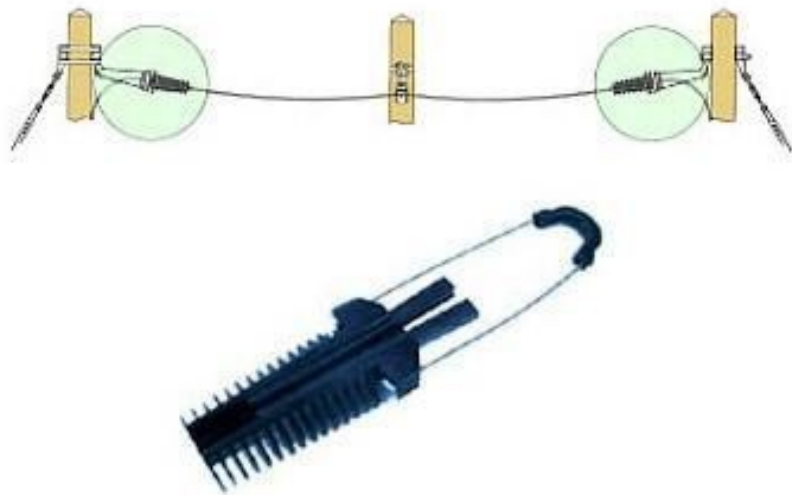
Pro bezproblémovou instalaci optického kabelu je předem nutno zjistit vnitřní průměr sekundární ochrany, do které bude optický kabel zafouknut. Podle vnitřního průměru sekundární ochrany je přizpůsoben vnější průměr zafukovaného optického kabelu. [5]

1.1.2 Nadzemní

Povrchové řešení převěsem je voleno v oblastech, kde není možné využití podzemní instalace, popřípadě nelze realizovat výkopové práce z bezpečnostních důvodů. Používá se také v případech, kde by řešení podzemní instalace vyžadovalo velké finanční náklady z důvodu výkopových prací. Dalším případem častého použití kabelového vedení je nutnost realizace v krátkém časovém úseku, jelikož řešení převěsem je časově mnohem méně náročnější než všechny metody pod povrchem. Nevýhodou tohoto řešení jsou vnější povětrnostní vlivy, teplotní změny či snadnější přístup veřejnosti. Vedení je oproti instalacím pod povrchem náchylnější na neodbornou manipulaci a je málo odolné případnému zničení lidským faktorem při stavební činnosti nebo také úmyslným nevhodným chováním (vandalstvím). Pro instalaci samonosných optických kabelů převěsem jsou využívány kotvy optických kabelů

viz *Obr. 2*. Kotvy bývají zavěšeny přímo na nadzemních sloupech elektrického vedení či na sloupech veřejného osvětlení atd. V tomto případě je ale nutné mít před zahájením plánované výstavby vyřízené povolení vlastníků daných nemovitostí či správců dotčených parcel. Často se jedná o vlastníky nebo správce veřejného osvětlení, na které se kabely umísťují.

Umístění je voleno vždy s ohledem na snadný přístup a manipulaci. Z důvodu ochrany je vedení instalováno většinou v horní třetině sloupů. Pro instalaci převěsem se využívá dvou druhů optických kabelů, jsou to kabely samonosné a závěsné. Rozdíl mezi těmito dvěma druhy kabelů je v jejich konstrukci, kdy samonosný kabel obsahuje nosnou část a ochranný obal. Závěsný kabel obsahuje nosnou část přizpůsobenou výstavbě optických sítí vzdušnou cestou. [6]



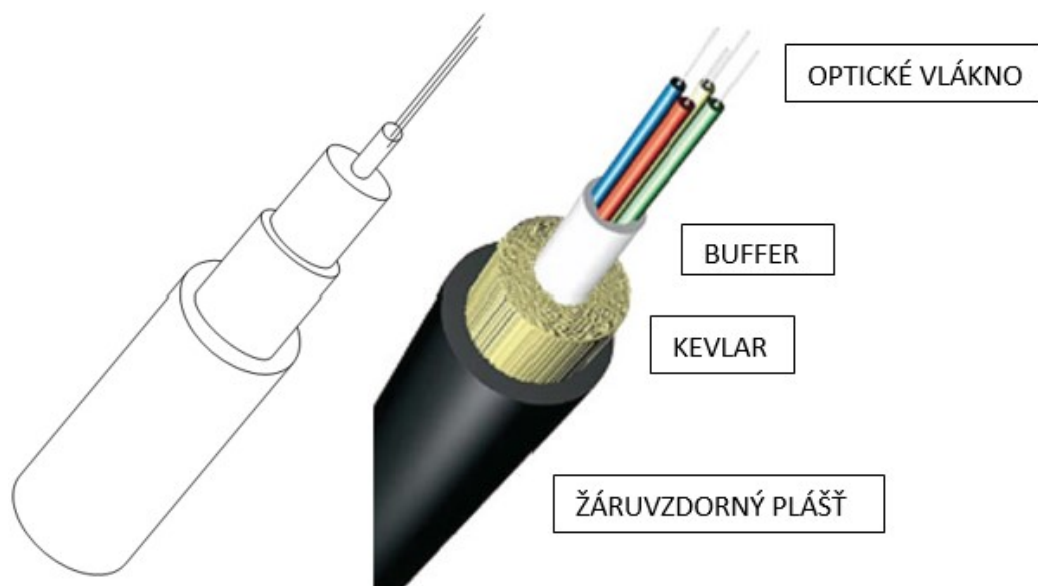
Obr. 2 Kotva pro optické kabely [7]

2 STRUKTURA ZEMNÍ OPTICKÉ TRASY

Optická kabelová vedení jsou často vedena pod zemí. Nejen tato vedení musí být chráněna dle určitých standardů. Komunikační vedení by měla být pokládána vždy dle prostorových norem ČSN 73 6005. S výjimkou protlaků se zemní výkopové práce provádějí převážně ručně. Jednotlivé ochrany optických kabelů jsou řazeny do několika kategorií od primárních po sekundární. Všechny ochranné vrstvy optických kabelů jsou podrobně rozebrány.

2.1 Ochrana optických kabelů

Optické kabely jsou chráněny několika vrstvami ochrany tvořené z několika druhů materiálů pro větší pevnost a odolnost viz *Obr. 3*. Optické vlákno je kryto volnou trubkou (primární ochranou) označenou dle barevného standardu viz Tab. 1 v podkapitole 2.2.1. Po této volné trubce následuje buffer, což je sekundární ochrana optického kabelu tvořena většinou z nylonu nebo PVC (polyvinylchlorid) materiálu. Dále jsou tyto dvě základní ochrany (primární a sekundární) chráněné vysoce odolnou textilií, tzv. para-aramidovou přízí neboli kevlarem. Finální ochranu optického kabelu tvoří speciální žáruvzdorný plášť. [8]



Obr. 3 Průřez optickým kabelem [11]

Volné trubky uvnitř kabelu (viz *Obr. 3*) jsou navrženy tak, aby vlákno bylo chráněno a zároveň mělo možnost se stále volně pohybovat. Vlákno má možnost volně se pohybovat v trubce během jakékoli změny teploty a fyzickém namáhání kabelu jako je ohyb nebo sevření. Vlákno není díky ochraně v podobě volné trubky vystaveno mikroohybům, které by mohly výrazně přispět ke zvýšení útlumu vlákna. Vlákna jsou zpravidla uložena

ve štěrbinách, okolo nichž jsou volné trubky. Kolem volných trubek se nachází pevnostní prvek vyrobený z oceli nebo dielektrického materiálu v závislosti na dané aplikaci. Tento pevnostní prvek je pokrytý povlakem. Mezi volnými trubkami se nachází prázdné prostory, které jsou obecně vyplněny výplňovou hmotou, většinou gelem, proto se jim také říká gelové kabely (trubička naplněna gelem). Je ovšem možné i použití prášku, aby se zabránilo vniknutí vody či jiných hydrofilních složek k samotným vláknům. Tento druh kabelů se používá při venkovních instalacích, jelikož má vysokou odolnost vůči okolním vlivům prostředí. [8]

Je vhodný pro mnoho aplikací včetně anténní instalace při použití přenosového drátu a instalací potrubí. Může být určen pro přímou pokládku do země nebo pro samonosnou anténní instalaci. V závislosti na jejich velikosti mohou tyto kabely pojmout 1 až 144 vláken. Volné trubky mohou být složitější na zakončení oproti konstrukci kabelů s těsnými trubkami, a to kvůli materiálovým vlastnostem. Materiál by měl být dostatečně ohybný, aby umožnil dostatečný pohyb koncového bodu při umístění v konektoru, přesto by měl být dostatečně pevný, aby poskytl vláknu dostatečnou ochranu. Pokud by byl materiál trubky příliš pevný, mohlo by se vlákno ohnout až zlomit. Konstrukce kabelu s volnou trubkou tak chrání vlákno před možnými mikroohyby a umožňují vláknu se volně pohybovat v trubce. Pokud by tyto aspekty nebyly zohledněny při návrhu kabelu ve výběrových kritériích, mohla by být následně značně dlouhá doba opravy. [8]

Dalším možným způsobem umístění optického vlákna je umístění v těsné trubce. Pevné trubky (těsné tlumicí kabely) mají povlak, kterým je optické vlákno ze stran kolem dokola pevně utlačováno. Opláštěná vlákna jsou spojena kabely dohromady kolem centrálního (hlavního) pevnostního prvku. Obvykle je zde nejdříve vrstva para-aramidových vláken (kevlar), přes kterou je pak umístěn vnější plášť. Vzhledem k tomu, že vlákna jsou pevně obalena, je tento typ kabelu více kompaktní, lehčí, menší v průměru a pružnější než typ kabelu s volnými trubkami. Díky těmto vlastnostem je kabel odolnější vůči mechanickému poškození (vysoké nárazy). Tento typ kabelu s těsnou trubkou je hojně využíván v armádě pro jeho malou velikost a také nízkou hmotnost. Protože se vlákna nemohou volně pohybovat jako v kabelu, kde jsou vlákna umístěna ve volných trubkách, je tento kabel náchylnější k mikroohybům, které zhorší spolehlivost systému, pokud je s kabelem zacházeno nesprávným způsobem. [8]

Tento způsob, kdy je optické vlákno umístěno v těsné trubce, by neměl být používán u anténních instalací nebo pokládkou přímo do země. Obvykle má tento typ kabelu vyšší útlum než kabel se systémem volné trubky. Je to způsobeno působícími nárazy (vnějšími

mechanickými vlivy), kdy plášť působí přímo na optické vlákno. Jedná se o typ suchých vláken, ty se využívají při potřebě zhotovení spojení vláken (svárů) bez optických spojek v rámci využití pouze malé kazety k zakončení optických vláken. [8]

Dalším vyráběným kabelem je kabel, který byl speciálně navržen pro použití ve vzduchotechnice nebo v přetlakovém prostoru. Kabely, které jsou instalované v těchto prostorách, musí splňovat požadavky národního elektrického kódu (NEC – National Electric Code) pro požární odolnost a látky produkující kouř. Může mít buď těsné nebo volné trubky, ačkoli většina dosud vyrobených kabelů tohoto typu je ve stylu konstrukce s těsnou trubkou. Hlavním rozdílem od ostatních druhů je materiál pláště. Ohnivzdorný plášť musí být vyroben z extrémně ohnivzdorného materiálu, jako je teflon (PTFE – polytetrafluorethylen) nebo tetrafluorethylen (ETFE – ethylen-tetrafluoroethylen). [8]

Dalším dostupným kabelem je plochý kabel. Jedná se o kabel, který je svazkem potažených vláken s malými vnějšími průměry. Jedná se o průměry přibližně 0,24 mm. Je uspořádán lineárně po 6 až 12 vláknech. Vlákna jsou upevněna na svém místě mylarovou páskou, která je vytlačována přes vlákna. Pásky plochého kabelu jsou pak umístěny do pláště kabelu. Tento typ kabelu je velmi prostorově objemný a může díky tomu pojmout velké počty vláken. Jeho typické využití je v telefonních společnostech v síťových linkách. Ačkoliv jsou vlákna u tohoto typu kabelu dostatečně chráněna, nebylo by vhodné použití tohoto kabelu např. pro taktická vojenská prostředí nebo v podmínkách, kde by byl kabel vystaven nárazům, případnému rozdrčení, nadměrným ohybům či jinému mechanickému poškození. Vlákna jsou potažena tenkým ochranným bufferem, což je ochranná trubička. Tento tenký buffer je speciální na rozdíl od silnějších, a tak i více ochranných bufferů, které jsou běžně používány u jiných typů kabelů, což je činí náchylnějšími k mikroohybům. Konektoriace může být prováděna individuálně nebo hromadným spojováním vláken. [8]

V České republice se s ním sice nesetkáme, ale existuje i podmořský kabel umístěvaný pod vodní plochou jako jsou řeky, jezera, oceány atd. Kabel má obecně konstrukci tvořenou systémem volných trubek, které jsou ale silně chráněny tak, aby vydržely vysoké tlaky a nepodlehly mechanickým vlivům prostředí. Musí být chráněny tak, aby odolaly i případným útokům vodních živočichů. V závislosti na hloubce vody je přizpůsobena vrstva nutné speciální ochrany. Obecně jsou tyto kabely spojeny s běžným kabelem typu volné trubky v bodě velmi blízkém břehu. Uvolněné trubkové kabely jsou pak vedeny do koncových zařízení. Je specifický pro podvodní použití a je využíván také u vodních přejezdů. Podvodní

kabelové instalace vyžadují mnohem více času na opravu než u jiných typů kabelů, protože kabel musí být nejdříve vynesena na povrch před samotným prováděním oprav. [8]

Sekundární ochrany optických kabelů

Mechanickou ochranu optickým kabelům tvoří nejčastěji polyethylenové trubky různých hustot. Poskytují prostor optickým kabelům pro uložení metodou zatahování či zafukování. Výhodou je jejich tlaková i tepelná odolnost, odolnost vůči vnějším vlivům, vlhkosti a jiným nepříznivým faktorům pod povrchem. Polyethylen je materiál s dlouhou životností, i proto je pro sekundární ochranu kabelů velmi oblíbený a používá se několik jeho typů – s vysokou hustotou, se střední hustotou a s nízkou hustotou nebo velmi nízkou hustotou.

HDPE (High density polyethylene) je polyethylen s vysokou hustotou. Jedná se o materiál nejběžněji používané sekundární ochrany optických kabelů. Nejčastěji se s ním setkáváme ve formě trubek, kanálů nebo žlabů. Trubky HDPE se používají nejen pro montáž optických, ale i metalických kabelů. Chrání kabely z velké části proti mechanickému a chemickému poškození, ale umožňují také opakovanou výměnu kabelů, je-li potřeba z trubek vyfouknout staré a znovu zafouknout nové kabely. HDPE kabelové trubky se obecně používají pod povrchem do výkopů země nebo do interiéru jako kabelový žlab. Oba konce potrubí jsou zpravidla utěsněny plastovými krytkami pro ochranu vnitřních kabelů. HDPE potrubí je vyrobeno mimo lineární polyetylen (PE-HD) ještě z dalších přísad jako jsou např. různé pigmenty, UV stabilizační látky atd. [9]

Na výběr je z více typů standardně vyráběných ochrany dle průměru, délky nebo barvy, které jsou dostupné dle konkrétních požadavků zákazníka. Je možné vybrat si z 12 standardních barev nebo si objednat jinou barvu na přání. Běžně dostupné barvy trubek jsou bílá, šedá, žlutá, oranžová, červená, fialová, světlá a tmavá modrá, světlá a tmavá zelená, hnědá a černá. Trubky jsou mimo barvu značeny pro lepší identifikaci i pomocí pruhů, např. trubky s jedním nebo dvěma pruhy. Standardně se vyrábí dvouvrstvé trubky, které mají tenkou vnější vrstvu zbarvenou identifikační barvou pro snadné rozlišení ve výkopu a černou vnitřní vrstvu základního materiálu. Dalším typem je třívrstvá trubka, která se skládá nejen z vnitřní černé vrstvy a vnější identifikační barevné vrstvy, ale i z vnitřní polymerní mazací vrstvy. Životnost potrubí z HDPE materiálu je udávána na cca 50 let. [9]

Všechny trubky jsou z výroby kontrastně potištěny základním označením délky, názvem výrobce, jménem prodejce, typem, rozměrem atd. Údaje nejsou pevně stanovené a liší se výrobci. HDPE trubky jsou vyráběny v několika rozměrech, ve vnějších průměrech 32, 37, 40

a 50 mm. Trubky ve velikosti 40 mm jsou zobrazeny na obrázku z vlastní praxe viz *Obr. 4*.



Obr. 4 HDPE sekundární ochrany kabelů

Existují ještě typy MDPE (Medium density polyethylene), což je pěnový polyethylen se střední hustotou a LDPE (Low density polyethylene) neboli nízkohustotní polyethylen, které ale nejsou tak hojně využívány jako HDPE materiál. MDPE se používá např. u plynových nebo vodovodních potrubí a LDPE v kolektorech.

2.2 Optické kabely a vlákna

Optické kabely a optická vlákna jsou dnes běžně využívána v odvětví komunikace, především komunikace hlasové, datové, v oblasti řízení procesů, PC aplikací atd. Oproti krouceným dvoulinkám nabízí optické systémy značné výhody především z ohledu bezpečnosti, čehož je využíváno v mnoha oborech. Jedná se speciálně o státní bezpečnostní složky jako je Zdravotnická záchranná služba, Hasičský záchranný sbor, Policie, Celní správa, Vězeňská služba, Generální inspekce bezpečnostních sborů (GIBS), Bezpečnostní informační služba (BIS), Úřad pro zahraniční styky a informace (ÚZSI) atd. Optické kabely a vlákna jsou ale využívána i v jiných komerčních i nekomerčních budovách (domácnostech). [8]

Existuje mnoho různých typů optických kabelů a optických vláken. Každý kabel a vlákno má své dané optické a mechanické parametry. Mezi parametry optického vlákna patří útlum [dB], šířka pásma [MHz.km], ztráty způsobené ohyby, disperse, numerická apertura atd. [8]

V podkapitolách níže jsou popsány typy optických kabelů a vláken včetně jejich mechanických a optických parametrů. Je popsán také způsob značení a místo zakončení konkrétních optických kabelů a vláken.

2.2.1 Barevné kódy optických vláken a kabelů

Optická vlákna a kabely jsou obvykle značena pro snadnou identifikaci dle standardu vycházejícím z normy ANSI/TIA/EIA-598-B. Existuje mnoho mezinárodních norem barevných kódů, ale tato norma je používána nejvíce. Vlákna jsou barevně značena a od sebe tak odlišena především kvůli zlepšení správy kabelů. Díky správnému zapojení dle barevného pořadí jsou aktuálně používaná vlákna lépe, snáze, a především rychleji rozeznána. V případě speciálních požadavků investora lze barevný kód zaměnit, takže se v praxi lze setkat s odlišnostmi a barevnými odchylkami od zmíněného standardu. Standardní barevná posloupnost optických vláken dle dané normy je vyznačena v *Tab. 1*.

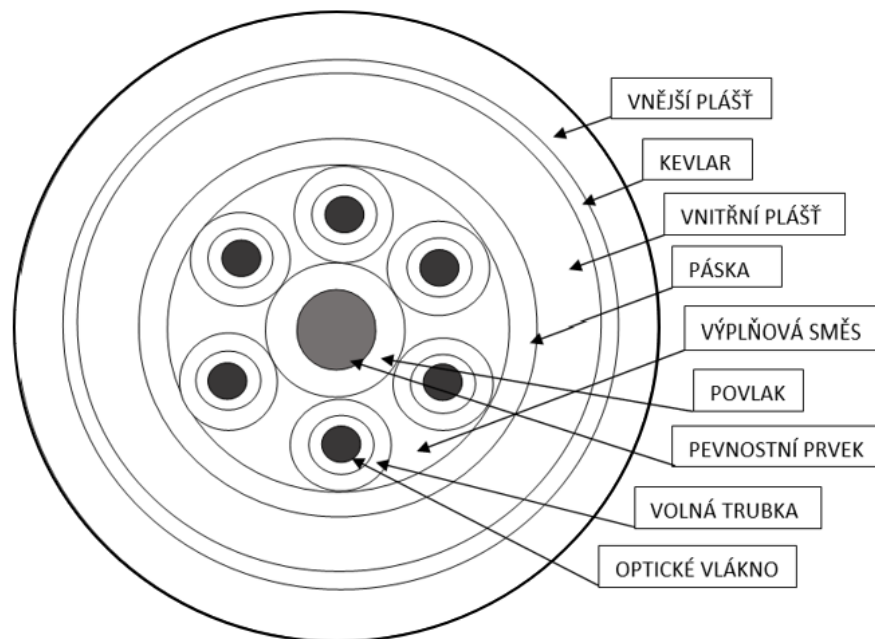
Tab. 1 Standardní barevné značení [10]

| Číslo vlákna | Barva vlákna |
|--------------|--------------|
| 1 | Modrá |
| 2 | Oranžová |
| 3 | Zelená |
| 4 | Hnědá |
| 5 | Šedá |
| 6 | Bílá |
| 7 | Červená |
| 8 | Černá |
| 9 | Žlutá |
| 10 | Fialová |
| 11 | Růžová |
| 12 | Tyrkysová |

2.2.2 Typy optických kabelů a vláken

Jednovidové typy optických vláken (SM – single mode) jsou běžně dostupné se skokovým profilem indexu lomu. *Jednovidové* vlákno má velmi malý průměr jádra, obvykle v rozmezí 2 až 10 mikrometrů. Velikost jádra je dostatečně malá, takže vlákno může efektivně šířit pouze jeden režim, čímž je omezena modální disperze. Malá velikost jádra je velmi nevýhodná v tom, že dochází k obtížnému spojení vláken vzhledem k vysokému stupni přesnosti potřebnému k vyrovnání malých jader. To obvykle znamená více času potřebného

na instalaci a údržbu. Používá se pro vysokokapacitní (vysokorychlostní) data, kde jsou vyžadována dlouhá spojení. Prostorovost je mnohem větší než ve vícevidovém systému, typický rozsah pro jednovidový systém je 30 až 40 km. To má menší vliv na údržbu zařízení. Celý systém je spolehlivější hlavně kvůli malým částem, které by mohly zkolabovat. Tento typ vlákna je často využíván telefonními společnostmi pro jejich dlouhé páteřní optické trasy. [8]



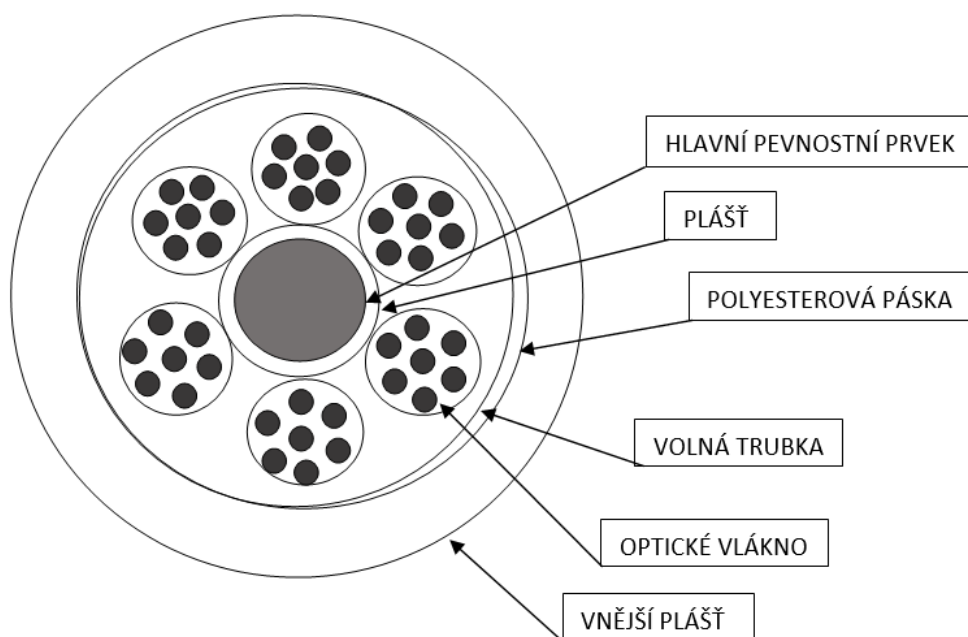
Obr. 5 Vnitřní pohled do SM optického kabelu

Pevnostní prvky, které jsou typicky využívány v optických kabelech, jsou vyrobeny z aramidové příze, skleněné epoxidové tyče (FGE) a ocelového drátu. Aramidová příze je asi pětikrát pevnější než ocel. [11]

Vícevidová optická vlákna (MM – multi mode) jsou používána ve dvou možných provedeních. Jedná se o vícevidová vlákna se skokovým profilem indexu lomu a vícevidová gradientní vlákna. Vlákna se skokovým indexem lomu se používají na krátké vzdálenosti. [8]

U vláken se skokovým profilem indexu lomu má jádro jednotný index lomu. Tento typ vlákna je nejjednodušším typem a má průměr jádra v rozmezí 50 až 1000 mikrometrů. Vzhledem k relativně velké velikosti jádra, přesnost konektizace a spojení není tak kritická jako u jednovidových optických vláken, což má za následek méně časově náročné postupy instalace a opravy. Gradientní vícevidová vlákna mají jádro vyrobené ze série soustředných prstenců, přičemž každý následující prsteneček má nižší refrakční index lomu. Vzhledem

k vlastnostem lomu světla, světlo v gradientním vícevidovém vlákně je dále od osy a pohybuje se rychleji díky svému nižšímu indexu lomu. [8]



Obr. 6 Vnitřní pohled do MM optického kabelu

2.2.3 Zakončení optických kabelů

Pro zakončení optických kabelů se používá speciální příslušenství. Jedná se o pigtail, konektory, adaptér, ODF (Optical Distribution Frame) neboli optický rozváděcí rám, patchcord, modul atd. Zmíněné příslušenství je podrobně popsáno níže.

Pigtail

Jedná se o kabel z optických vláken zakončený od výroby instalovaným konektorem na jednom konci kabelu a slouží k zakončení optické trasy. Optická trasa bývá zakončena obvykle v zařízení určeném pro bezpečné uložení optických vláken. Často je takovým zařízením optický box (ODF) či optická kazeta (vana či rozvaděč). Pro zajištění správného fungování sítě je mimo jiné důležitý způsob připojení optických kabelů k systému. Existuje více druhů optických pigtailů, které se dělí podle různých typů konektorů na vláknový pigtail s koncovkami SC, LC, FC, MT-RJ, E2000 a ST, které jsou často používané v průmyslových halách.

Podle typu optického vlákna se pigtaily dělí na *jednovidové* a *vícevidové*. *Jednovidové* pigtaily jsou obvykle *žluté* a *vícevidové* *oranžové* viz Obr. 7. Barevně jsou rozlišeny z důvodu snadnějšího a rychlejšího zapojení a pro budoucí bezproblémovou správu kabelů. Vzhledem k odlišným strukturám a také vzhledu má každý pigtail své určité výhody pro různé aplikace

v systémech. Nejběžněji používané pigtaily jsou typu SC, FC nebo ST. Pigtail s konektorem SC se často používá v aplikacích CATV, LAN, WAN, při různém testování a měření. FC pigtaily mají výhodu kovového těla a používají se u běžných instalací. Dalším oblíbeným a často používaným pigtailem je ST konektor, který se používá pro *vícevidové* optické LAN aplikace. Pigtaily lze také dělit podle zabroušení úhlu na konektoru na UPC a APC pigtaily. Nejčastěji používané jsou SC/APC, FC/APC a MU/UPC pigtaily. [12]



Obr. 7 Optické pigtaily – vlevo SM, vpravo MM [27]

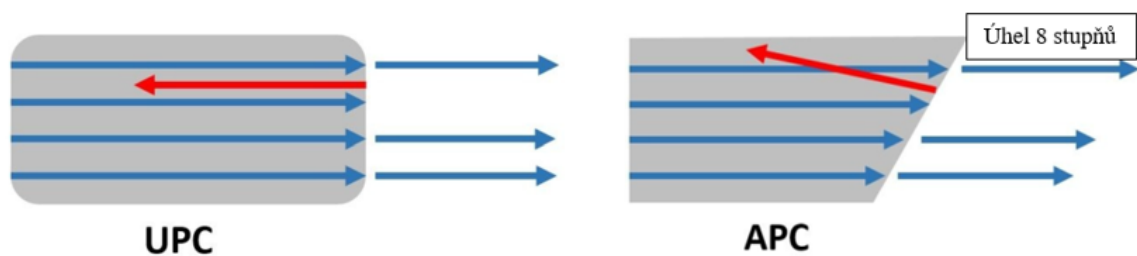
Konektor

Na trhu je mnoho optických konektorů různých parametrů. Nejběžněji používaným typem konektoru je LC konektor. K dostání jsou dva hlavní druhy optických konektorů LC. Jedná se o konektor pro *jednovidová* a *vícevidová* vlákna. Tyto konektory se dále dělí podle úhlu zabroušení konektoru na tři typy nepoužívanějších konektorů, jedná se o konektor s přímým kontaktem (PC), poté konektor s ultra přímým kontaktem (UPC) a v neposlední řadě konektor s úhlovým přímým kontaktem (APC) viz Obr. 7.



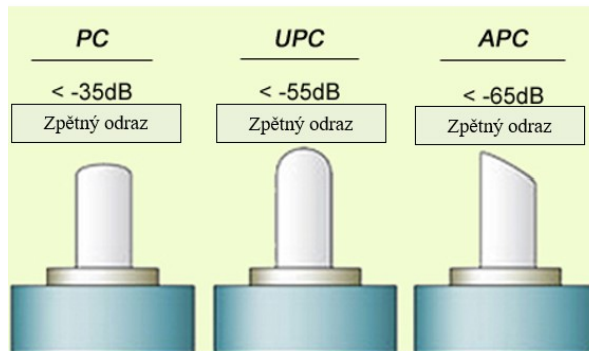
Obr. 7 LC konektory [13]

Hlavním rozdílem mezi konektory APC a UPC je koncová plocha vlákna. Konektory APC mají zakončení vlákna, které je zabroušeno pod úhlem osmi stupňů, zatímco konektory UPC jsou zabroušené bez úhlu viz *Obr. 8*. Broušení pod úhlem osmi stupňů je prováděno z důvodu vyloučení možného vytváření vzduchových mezer mezi konci optických vláken a tím pádem dosažení lepších výsledků. Konektory UPC i přes zabroušení bez úhlu, nejsou úplně ploché, mají mírné zakřivení pro lepší vyrovnání jádra. Dalším zjevnějším a pouhým okem rozpoznatelným rozdílem je barva. Konektory UPC jsou modré, zatímco konektory APC jsou zelené. [11]



Obr. 8 Zabroušení konektorů

S konektory UPC se jakékoli odražené světlo odráží přímo zpět ke zdroji světla. Šikmý konec konektoru APC způsobuje, že se odražené světlo odráží pod úhlem do pláště a přímo zpět ke zdroji. To způsobuje určité rozdíly ve zpětném útlumu, což je měření odraženého světla, které je vyjádřeno jako záporná hodnota dB. Platí, že čím je vyšší hodnota dB, tím lépe. Průmyslové normy doporučují, aby zpětná ztráta konektoru UPC byla -55 dB nebo vyšší, zatímco ztrátová ztráta zpětného signálu konektoru APC by měla být -65 dB nebo vyšší viz *Obr. 9*. Zpětný útlum se liší od vložného útlumu, který se týká množství optického výkonu ztraceného konektorem nebo délkou kabelu. Dosažení nízké vložné ztráty je obvykle snazší s konektory UPC díky menším vzduchovým mezerám než konektory APC, nicméně výrobní techniky se výrazně zlepšily, aby se vytvořily přesnější úhly na konektorech APC a přiblížily se tak vložným útlumům na konektorech UPC. [11]



Obr. 9 Zpětné ztráty konektorů [13]

Adaptér

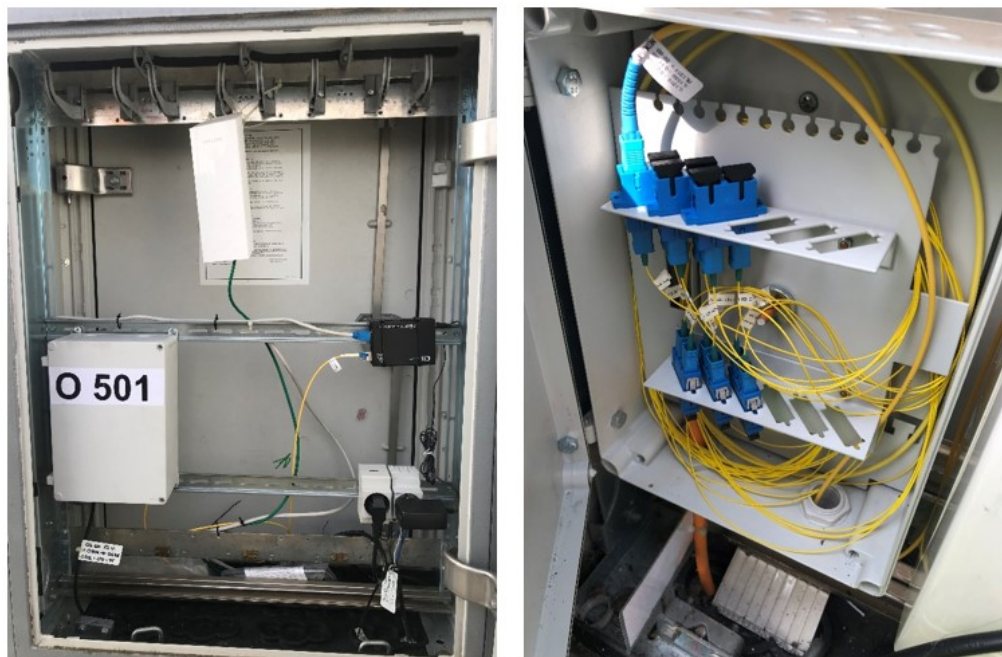
Existuje více druhů adaptérů rozdělených dle barev vnějšího plastu. Jsou určeny pro různé konektory podle APC nebo UPC/PC úhlů zabroušení. Optické adaptéry dělíme na běžné modré s jednovidovým vláknem, které mají zabroušení UPC/PC. Tento typ adaptéru byl použit v praktické části práce pro zhotovení řešení projektu úpravy zásuvky. Dále se používá zelený typ adaptéru s *vícevidovým* vláknem se zabroušením APC. Pro *vícevidová* vlákna se využívá šedý adaptér se zabroušením UPC/PC. U typů SM, MM, APC a UPC se jedná stále o stejný adaptér lišící se pouze barvou, která odpovídá jinému optickému rozlišení. [13]

Optický rozváděcí rám (ODF)

ODF je zařízení určené pro bezpečné uložení, ochranu a zároveň zakončení optických vláken pro jejich budoucí snadnou správu (dostupnost). Jedná se o taková koncová zařízení, která jsou opatřena speciálními kazetami pro uložení spojených optických vláken svařením. Je možno výběru z několika variant ODF různých tvarů a velikostí. Podle struktury lze vany rozdělit hlavně na tři typy, ODF pro montáž na stěnu, montáž do rozvaděče nebo na podlahu, kde má uzavřenou strukturu s relativně pevnou kapacitou vláken. Dále vany dělíme podle funkce a vzhledu také na výsuvné, výklopné či pevné. Jsou vyrobeny především z hliníku, jehož výhodou je nízká hmotnost a nízká rzivost. [14]

Mezi nejčastěji používané vany jsou nástěnné ODF, kterých je využito u koncových bodů optické sítě uvnitř budov nebo např. v rozvaděčích na světelné signalizačních zařízeních. Obvykle se jedná o krabičku menších rozměrů, kterou lze jednoduše instalovat na stěnu, ať už se jedná o zdi budov nebo rozvaděčovou vnitřní stranu stěny. S rostoucím počtem optických připojení ve vytížených místech jako jsou datová centra, vzrůstá poptávka po vanách s větším prostorem. Běžně jsou k dostání vany s 24, 48 nebo 144 porty pro optická vlákna. Prodejci se snaží vyjít maximálně vstříc a splnit požadavky zákazníků, je možnost

se tedy v praxi setkat s jakoukoliv vanou, jelikož nejsou pevně stanovené parametry platné pro všechny. ODF by mělo poskytovat technikům jednoduché prostředí pro správu. Základním požadavkem je, aby byl k vaně snadný přístup, a to především ke konektorům na přední i zadní straně z důvodu zapojování aktivních optických vláken. To vyžaduje dostatek prostoru pro zmíněnou vanu. Z důvodu předejití chybných připojení, barva instalovaných adaptérů zůstává v souladu s barevným kódem konektorů optických vláken. [14]



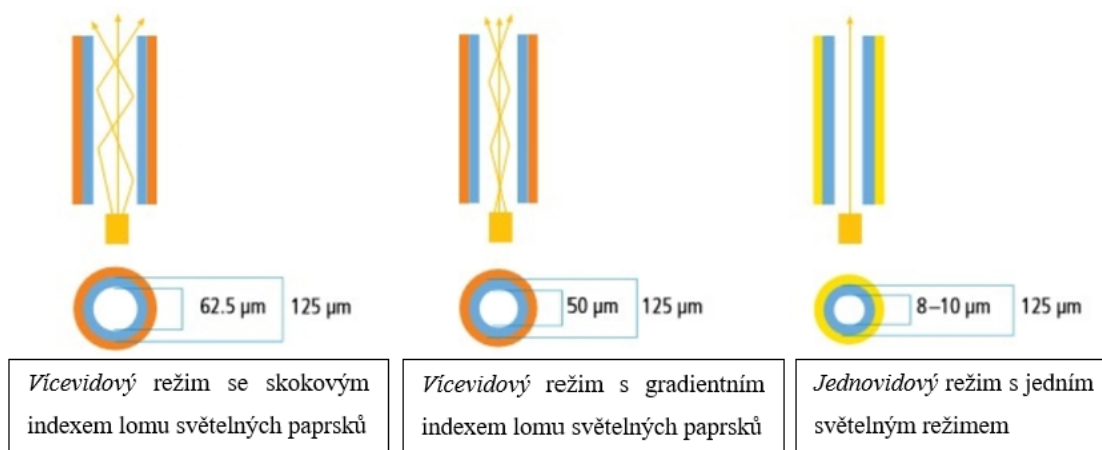
Obr. 10 ODF v rozvaděči

Patchcord

Jedná se o propojovací kabel pro připojení aktivního zařízení k optické trase. Je to takový typ kabelu, který má na obou koncích zakončení optickými konektory (LC, SC, ST atd.). Konektory umožňují rychlé a snadné připojení propojovacího kabelu z optických vláken k optickému prepínači nebo jinému telekomunikačnímu (počítačovému) zařízení. Běžně se využívá u vnitřních prostor komerčních i nekomerčních objektů, jako jsou serverové místnosti, datová centra, kanceláře nebo bytové jednotky. Díky vynikající spolehlivosti, a především vhodnému zabezpečení se vláknový propojovací kabel stal nejlepší volbou pro aplikace, u kterých nedostačují použití běžných měděných kabelů. [15]

Propojovacích kabelů z optických vláken je již na trhu mnoho druhů. Dělí se především na běžné typy propojovacích kabelů s optickými vlákny a na speciální typy propojovacích kabelů s optickými vlákny. Na základě různých specifikací a norem lze běžné propojovací

kabely z vláken kategorizovat z hlediska režimu optického kabelu, režimu přenosu, typu pláště, typu konektoru atd. Rozlišujeme dva zásadní druhy propojovacích kabelů podle dvou různých režimů. Jedná se o kabely pro jednovidový nebo vícevidový režim. Rozdíly jednotlivých režimů jsou vidět na *Obr. 11*, kde lze vidět pohyb světelných paprsků uvnitř vláknových propojovacích kabelů. Vlevo oranžové zbarvení kabelu znázorňuje *vícevidový* režim se skokovým indexem lomu světelných paprsků. Dalším typem kabelu je *vícevidový* režim s gradientním indexem lomu světelných paprsků. Poslední žluté zbarvení patchcordu na *Obr. 11* vpravo zobrazuje patchcord s *jednovidovým* režimem. Jádro propojovacího kabelu s *vícevidovým* režimem je větší, viz dané průměry na *Obr. 11*. Větší průměr jádra umožňuje přenos více světelných režimů na rozdíl od *jednovidového* režimu s menším průměrem jádra, který umožňuje přenést jen jeden světelný režim. [15]



Obr. 11 Vícevidové a jednovidový patchcord [16]

Kromě již zmíněných propojovacích kabelů s optickými vlákny existují ještě jiné druhy patchcordů, které jsou vyrobeny z metalických vláken: jsou to propojovací kabely pro koaxiální, UTP, STP použití apod. [16]

Optický modul

Optický modul patří mezi základní komponenty optické komunikace, slouží pro efektivní řízení provozu s vyššími rychlostmi. Je to klíčový stavební kámen pro veškerou síťovou konektivitu uvnitř i vně nejen datového centra. Používán je v aplikacích datové komunikace s velkou šířkou pásma. Má obvykle elektrické rozhraní na straně, která se připojuje k vnitřnímu systému (do počítače) a optické rozhraní na druhé straně, které se připojuje k různým zařízením pomocí kabelu z optických vláken. Optický modul funguje jako fotoelektrický převodník, který převádí elektrický signál na světlo a naopak. K dispozici je

několik typů modulů, které lze použít v telekomunikačních aplikacích. Mají různé specifikace a provedení podle potřeb zákazníků. [17]

Optický modul se obvykle dodává v *jednovidovém* nebo *vícevidovém* režimu. *Jednovidové* moduly podporují přenos dat s delším dosahem a vyšší rychlostí než moduly *vícevidové*. Je to hlavně proto, že *vícevidové* moduly mají kratší vlnovou délku (kolem 850 nm) než *jednovidové* moduly, které mají vlnovou délku nejčastěji 1310 nm nebo 1550 nm viz Obr. 12. [17]



Obr. 12 Optické moduly [17]

2.3 Metody měření optických vláken

Funkčnost optické trasy by měla být vždy dokázána finálním měřením útlumu. Útlum je parametr ztráty energie, který nastává při průchodu světelného záření optickým vláknem. Velikost útlumu závisí na materiálových vlastnostech vláken, technologií jejich výroby a také samotnou manipulací s vlákny před a po svaření. Snahou je docílit co nejmenšího možného útlumu, aby bylo dosaženo co nejkvalitnější optické trasy. Útlum je značen $u(\lambda)$ a jeho jednotkou je dB. V praxi je používána i jednotka měrného útlumu, což je útlum vztažený na jednotku délky v km. Celkový měrný útlum by neměl být zpravidla větší jak 1 dB/km. Pro měření útlumu se nejčastěji používají polovodičové lasery nastavené pro měření o dvou vlnových délkách – jsou to délky 1310 nm a 1550 nm. [18]

V praxi jsou nejčastěji používány tři standardní metody měření, z nichž dvě jsou metody přímé (transmisní) a jedna metoda nepřímá. Nejběžněji používaná přímá měření jsou metoda dvou délek (cut-back) a metoda vložných ztrát (insertion loss). Nejčastěji používanou metodou je metoda nepřímá nazývána jako OTDR metoda optické reflektometrie neboli metoda

zpětného rozptylu (Optical Time Domain Reflectometer – backscattering method). Nejpřesnější metodou je metoda dvou délek (metoda referenční). Není vhodná pro měření stávajících tras, jelikož se při měření měřená trasa zkracuje zpravidla o dva metry. [18]

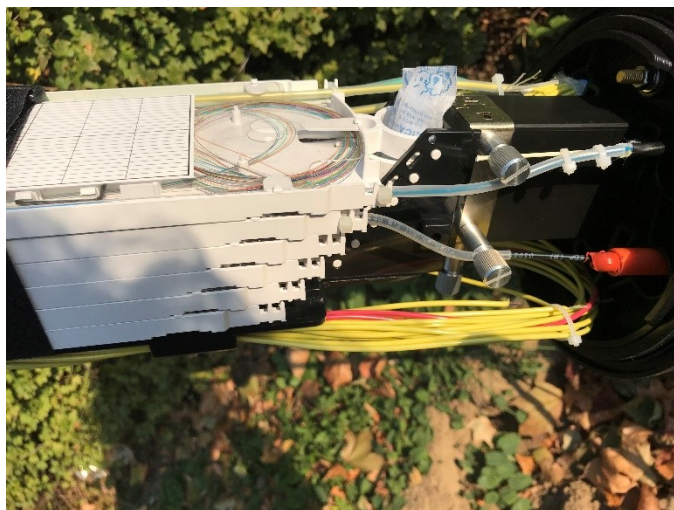
Další přímou metodou je metoda vložných ztrát, která je podobná metodě předchozí. Nedochozí zde však k lomu vlákna. Je prováděna ve dvou krocích. Nejdříve je propojen zdroj záření se spojovacím modulem opatřeným konektory, tím je získán první výkon. Dále je připojena měřená trasa ke zdroji záření a měřiči optického výkonu a je odečten druhý výkon. [18]

Mezi často používané metody je nepřímá OTDR metoda. Je to metoda založená na dvou druhích odrazů světla. První odraz je Rayleighův rozptyl, kdy světelný impuls vyzařuje do jednoho konce optického kabelu a odražený signál se vrací zpět. Je to metoda, při které je část světla přenášeného kabelem rozptýlena a část je odražena a vrácena. Síla zpětných impulzů je měřena jako funkce času a zobrazena jako funkce délky vlákna. Druhým odrazem je Fresnelův odraz, ke kterému nastane, když světlo dopadá na rozhraní dvou prostředí s různým indexem lomu. Je možno zjistit ztrátu energie, která je způsobena útlumem vlákna a také polohu a útlum konektorů a jednotlivých svárů, tím se dá zjistit i vada vlákna. OTDR je jedinou metodou umožňující odhalení poruchy či vady na trase s jejím přesným určením místa. Tato metoda je měřena kalibrovaným reflektometrem. Konkrétní reflektometr, který byl použit pro tuto diplomovou práci, je zobrazen na obrázku v praktické části práce. Při měření nepřímou metodou OTDR je nutno dbát na počáteční mrtvou zónu kvůli které se pro měření používá předřadné vlákno. Předřadné vlákno je vlákno chráněné v plastovém krytu, který slouží jako ochrana vlákna především před mechanickým poškozením. Je výbornou pomůckou pro měření metodou OTDR a je zhotovena z krátké optické stejnorodé trasy bez svarů či jiných rozpojení po trase. Používá se z důvodu pokrytí mrtvé zóny měřicího přístroje a umožňuje změření útlumu po celé délce vlákna. [19]

Moderní přístroje započítávají mrtvou zónu automaticky, čímž odpadá následné složité počítání průměrů ze vzorců, jak tomu bylo dříve. Mrtvá zóna je udána nejkratší možnou počáteční vzdáleností, kterou nelze měřit a není započítána do následného měření vláken. Existují dva druhy mrtvých zón: identifikační (event dead zone) a útlumová (attenuation dead zone). Identifikační mrtvá zóna udává nejmenší vzdálenost dvou odrazných poruch, při které lze poruchu rozlišit. Útlumová mrtvá zóna udává vzdálenost za poruchou s danou velikostí odrazu, kde není možné měřit útlum vlákna. Délka mrtvé zóny závisí na více faktorech, např. na velikosti poruchy, odrazu či použité šířce impulsu. [19]

2.4 Optické kabelové spojky

Optické kabelové spojky (OS) slouží k bezpečnému uložení a uchování optických svárů (spojů optických kabelů). Běžně jsou uloženy v zemi v kabelových komorách (romoldech různých druhů, velikostí a provedení) nebo jsou umístěny na sloupech nadzemních kabelových vedení. Podle druhu provedení se dělí na optické kabelové spojky hrncové nebo průběžné (horizontální).



Obr. 13 Kazety s optickými vlákny v OS

2.4.1 Umístění hrncových optických spojek

Optické spojky bývají umístěné v místech chráněných proti vnějšímu poškození mechanicky nebo přírodními vlivy. Chrání spojené optické svazky vláken před okolními vlivy a poškozením. Je proto důležité chránit i samotné optické spojky, většinou plastovými zemními vodotěsnými boxy (komorami). Je na výběr mnoho druhů odolných zemních ochranných parametrů, hlavně co se týče velikosti. Plastové komory jsou většinou sestaveny z několika částí (modulů) nebo se jedná o dvě části jako je tělo se dnem v celku a poklop. Tělo komory je vyrobeno většinou z velmi odolného materiálu HDPE. Poklopy komor musí být dle třídy zatížení v souladu s platnou normou ČSN EN 124. Kabelové komory jsou oblíbené pro snadnou manipulaci vzhledem k jejich nízké hmotnosti. Výhodou je nejen ochrana optických spojek, ale i prostor na uložení více optických spojek, a hlavně také prostor pro uložení příslušných kabelových rezerv. [21]

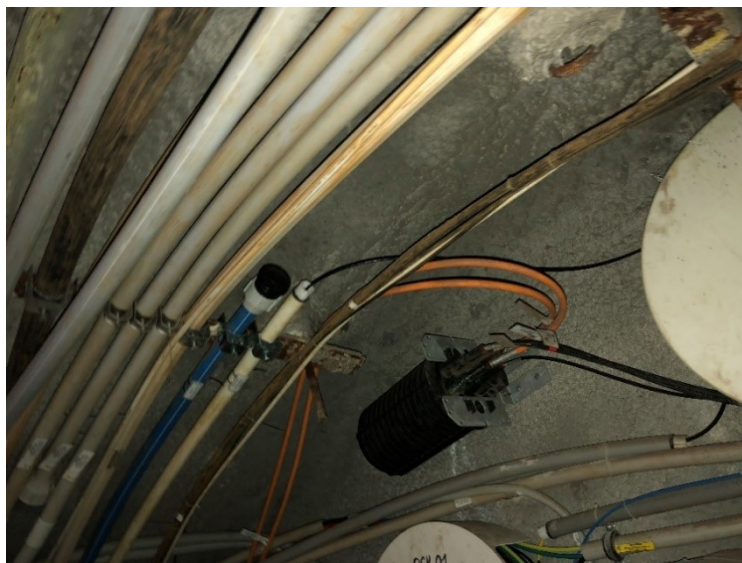
Přístupovým kabelovým komorám pro umístění optických spojek se říká romold. Těchto romoldů je více druhů, které se liší výškou (velikostí), hmotností a tvarem. Romoldy jsou kulaté, hranaté, oválné či jinak tvarované dle specifických požadavků zákazníků. Uložení

romoldu je pevně dáno, zpravidla se umísťuje do předem připraveného výkopu. Komora se podsypává a obsypává pískem. Ten chrání romold před mechanickým poškozením obzvláště ostrými kamínky, které by mohly prorazit dnem či tělem romoldu a zničit jej tak, protože by dále nebyl voděodolný a tím pádem by neposkytoval dostatečnou ochranu vůči vlhku optickým spojkám. Hrncové OS v romoldu hranatého i kulatého provedení jsou zobrazeny pod povrchem země na fotografiích z praxe viz *Obr. 14*.



Obr. 14 Optické spojky v romoldu

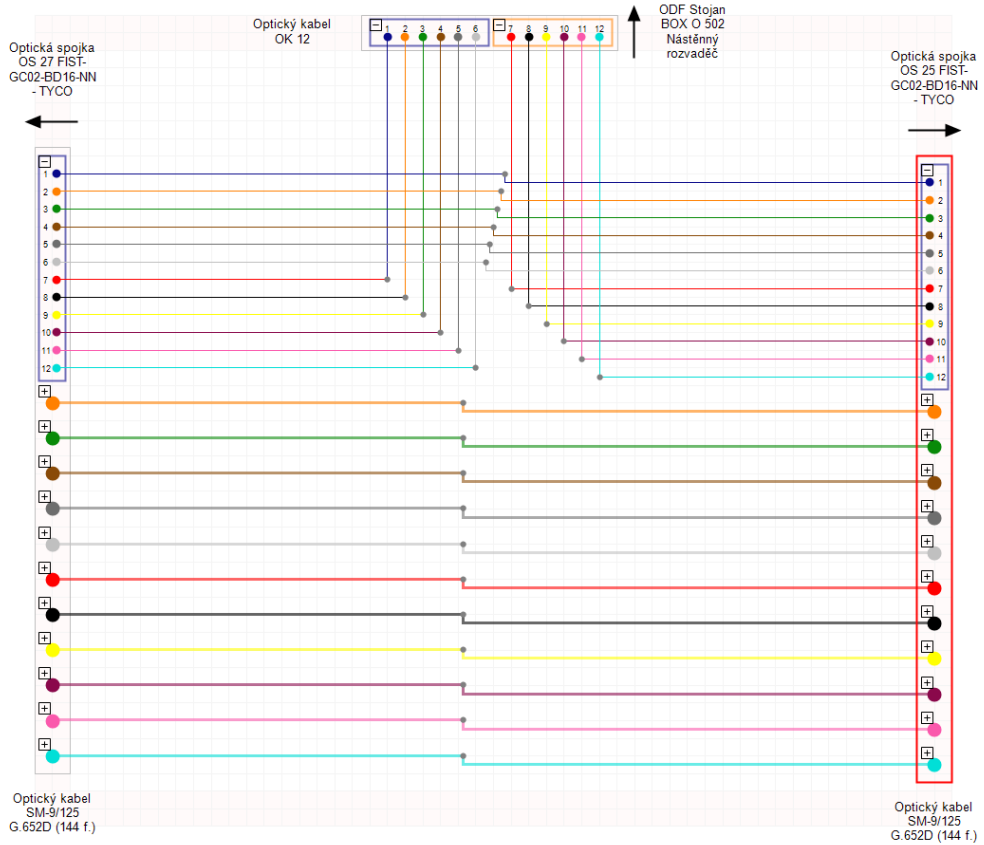
Další možností, jak můžeme umístit OS, je také pod povrchem v prostoru zvaném kolektor, což je tzv. podzemní tunel sloužící k uložení kabelových vedení viz *Obr. 15*. Tento tunel je průchozí a zajišťuje tím snadnou správu a údržbu kabelů. Výhodou kolektoru je, že v případě problému se nemusí provádět finančně i časově náročné výkopové práce. Kolektory dělíme na dva druhy podle jejich hloubky, primární kolektory jsou vyraženy v zemi cca 30 metrů hluboko a sekundární kolektory mají hloubku cca 5 metrů pod povrchem země.



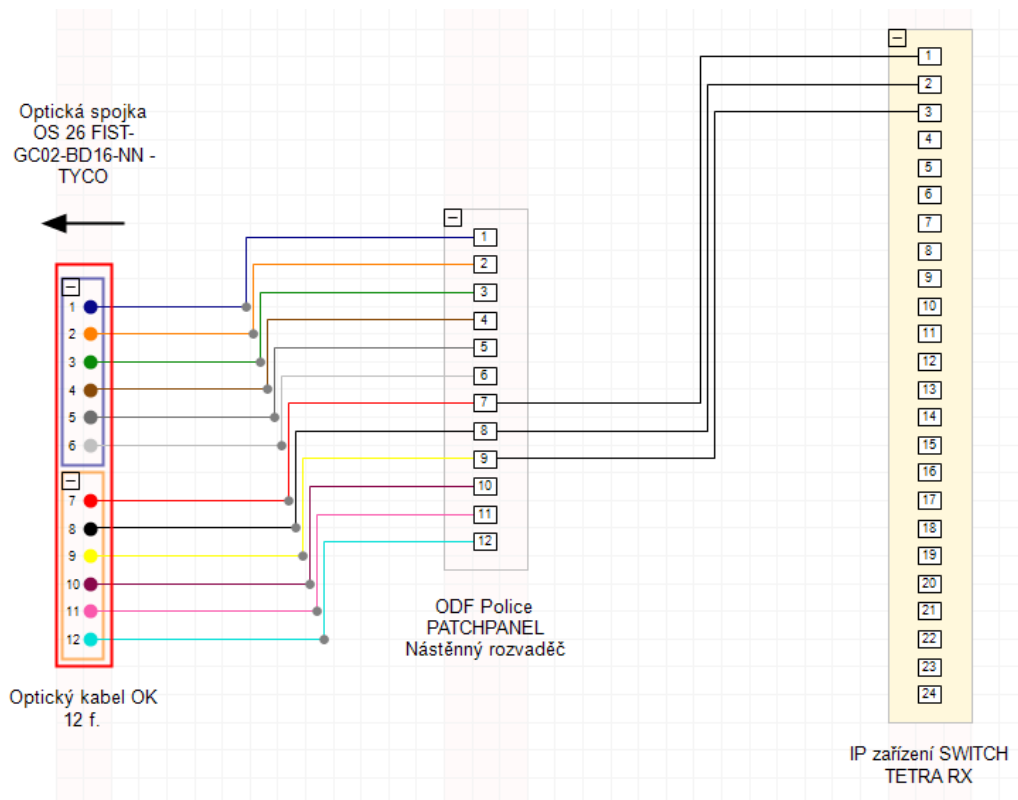
Obr. 15 OS v kolektoru

2.4.2 Struktura rozvláknění

Na *Obr. 16* lze vidět schematické rozvláknění vláken po svaření OK v OS. Po stranách obrázku je pro názornost a lepší představu vidět 144 vláknový hlavní páteřní SM OK, který je veden z budovy ze serverovny do další budovy (velínu) přes několik optických spojek a SSZ. Na páteřní SM OK je navařen 12 vláknový SM OK. Na horní straně obrázku je vidět tento 12 vláknový SM OK, který vede z OS do optické skříně (rozvaděče) do kamery umístěné na SSZ. V rozvaděčové skříně v nástěnném rozvaděči (boxu) je umístěno i napájení kamerového systému. V rozvaděči je umístěno IP zařízení Switch. Obrázky *16* a *17* jsou vytvořeny v softwarovém programu NetStork, který umožňuje zakreslení kompletní telekomunikační infrastruktury (průběh OK, HDPE, optických spojek, zemních spojek, sloupů, skříní atd.). Je v něm možný zakres průběhu sítí uvnitř budov, struktury trubek a schematické rozvláknění OK v OS, kde je graficky znázorněno modelování spojů jednotlivých vláken.



Obr. 16 Schéma rozvláknění v optické spojce



Obr. 17 Vnitřní schéma rozvaděče

3 KAMEROVÉ SYSTÉMY

Podle typu přenosu obrazové informace se kamerové systémy dělí na analogové, digitální a hybridní.

3.1 Analogové kamerové systémy

U analogového kamerového systému se data přenáší pomocí koaxiálního kabelu, kde jeden kabel umožňuje přenos obrazu pouze jedné kamery, ke které musí být přivedeno napájení. Koaxiální kabel přenáší záběry do digitálního videorekordéru DVR (Digital Video Recorder), což je zařízení zaznamenávající obraz z IP kamery na pevný disk. Výhodou tohoto typu kamerového systému je jeho široká dostupnost, a naopak nevýhodou je použití koaxiálního kabelu, který není vhodný pro použití u větších vzdáleností. Přenos videosignálu tímto typem kamerového signálu je možný v řádech stovek metrů. [22]

Videosignál se přenáší kromě koaxiálního kabelu (nesymetrického vedení) také kroucenou dvojlinkou (symetrickým vedení), bezdrátově a po optickém vlákně. Výhodou přenosu videosignálu kroucenou dvojlinkou je, že oproti koaxiálnímu kabelu umožňuje přenos i na větší vzdálenosti v řádech pár kilometrů. Pro přenos na ještě větší vzdálenost nebo v případě míst, kde nelze provést kabelový rozvod, je možnost využití bezdrátového přenosu. Nevýhodou tohoto přenosu je snadnější odposlechnutelnost, dále musí být zajištěna přímá viditelnost mezi přijímací anténou a vysílačem. K velmi oblíbeným přenosům dnešní doby patří přenos po optickém vlákně, jelikož je to způsob bezpečnějšího přenosu dat, a to z toho důvodu, že není snadno odposlechnutelný. Další výhodou je odolnost vůči elektromagnetickým vlivům, ale oproti tomu nevýhodou přenosu po optickém vlákně mohou být vyšší pořizovací náklady. Existují ještě hybridní kamerové systémy, což znamená kombinaci analogových a digitálních systémů. [22]



Obr. 18 Analogová kamera HiLook THC-B340-VF [23]

3.2 Digitální kamerové systémy

V digitálním kamerovém systému je využito síťových kamer (IP neboli Internet Protocol), kde zpracování videosignálu probíhá v digitální podobě. Výhodou je vysoké rozlišení (až 4x větší než u analogových kamer) a bezpečný přenos dat, naopak nevýhodou může být finanční náročnost kamery i následné realizace. [22]

Digitální bezpečnostní kamery přijímají a odesílají videozáznamy prostřednictvím internetového protokolu. Na rozdíl od analogových kamer nevyžadují IP kamery místní záznamové zařízení, ale jen místní síť. Tyto kamery se k síti připojují stejným způsobem jako počítače. Jsou připojeny k síťovému videorekordéru NVR (Network Video Recorder – síťová nahrávací zařízení) bezdrátově, ethernetovým kabelem nebo přes USB (Universal Serial Bus – univerzální sériová sběrnice). Každá taková kamera je vybavena procesorovým čipem, který komprimuje videozáznam při jeho nahrávání. Čím vyšší je rozlišení kamery, tím více dat obsahuje každý videozáznam. Záznamy s vysokým rozlišením vyžadují více úložného prostoru a větší šířku pásma pro přenos dat než záznamy nižší kvality. Pro přenos HD obrazu přes síť musí kamery komprimovat soubory (zmenšit je), aby nespotřebovaly příliš velkou šířku pásma. [24]

Při konfiguraci IP kamer je možnost nastavení tří síťových možností – bezdrátovou síť, kabelovou síť pomocí ethernetu a mobilní síť. Data v bezdrátové síti jsou odesílána a přijímána do bezdrátového modemu. Jedním ze způsobů zobrazení záznamu IP kamery je zadání její statické IP adresy do webového prohlížeče. Kabelová síť připojuje IP kameru k síti pomocí ethernetového kabelu. Toto nastavení je považováno za nejbezpečnější, jelikož existuje jen malá šance narušení signálu, a tedy neoprávněného přístupu cizí osoby. Přenosová rychlost je u tohoto typu (kabelového připojení) vyšší než u bezdrátového připojení. Ze všech tří sítí je tou nejpomalejší síť mobilní. [24]



Obr. 19 IP kamera TP-LINK Tapo C320WS [23]

Kamery se dělí do několika kategorií – podle možnosti umístění a podle jejich vzhledu a funkce. Podle typu umístění jsou děleny na vnitřní nebo venkovní kamery a podle vzhledu a jejich funkce jsou děleny na stacionární (fixní) a otočné (pohyblivé) kamery. Dále se venkovní kamery dělí podle svých funkcí na kamery s nočním viděním, se záznamem a detekcí pohybu, s mikrofonom a otočnou o 360°. [22]

Existuje více typů vnitřních kamer se záznamem, kde se jedná o Bullet, Dome, Turret a Cube viz *Obr. 20*. Bullet kamera je kulová kamera určená pro bezpečnostní aplikace a je obvykle připojena k monitorovacímu systému. Další kulovou kamerou je typ Dome, jejichž konstrukce dokáže díky vestavěným infračerveným LED (Light-Emitting Diode – elektroluminiscenční dioda nebo také světelná dioda) diodám pracovat s kamerou i při slabém osvětlení nebo úplně bez něj. Turret kamery mají konstrukci složenou ze tří os ve stylu věžičky, která umožňuje specialistům pro kamerové systémy namířit objektiv v libovolném směru a většina těchto kamer má vestavěné noční vidění, které umožňuje kameře snímat video i v úplné tmě. Kamera typu Cube má pevně zabudovaný objektiv a má pevně daný úhel sledování. [25]



Bullet kamera

Dome kamera

Turret kamera

Cube kamera

Obr. 20 Typy vnitřních kamer se záznamem [25]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 VZOROVÉ REALIZACE

V návaznosti na teoretickou část práce byly teoretické poznatky aplikovány na dvě vzorové realizace v rozvodu optickými kabely v rámci vnitřního i vnějšího řešení, které jsou popsány níže. Dále jsou řešeny možnosti využití optických kabelů při běžných či poloběžných instalacích. Lze se s nimi setkat například u kamerového systému uvnitř komerčních i nekomerčních budov nebo při venkovním použití kamerového systému nejen na SSZ při monitorování např. dopravní situace či snímání SPZ atd.

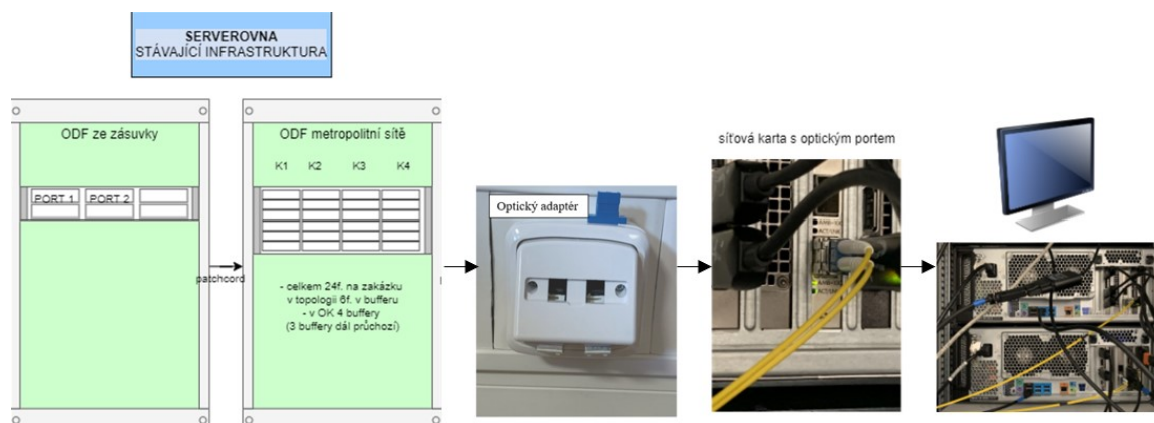
Jsou navrženy možnosti pozemních a kancelářských optických rozvodů včetně vzorových realizací pomocí doplňkové instalace optických rozvodů. Vzorové realizace jsou zaměřeny na efektivní jednoduché a rychlé řešení provedení optické zásuvky a také na výhody a nevýhody jednotlivých řešení. Řešeny jsou i samotné prvky a příslušenství nutné k realizaci těchto navržených řešení a vlastní realizace samotné úpravy zásuvky.

U obou řešení je kladen důraz na bezpečný přenos informací s využitím topologie P–P (point to point) neboli bod – bod topologie, která je popsána v rámci vnitřního řešení. Vzhledem k totožnosti této topologie u obou řešení, není dále u vnějšího řešení opakován postup realizace úpravy zásuvky, demontáže zásuvky z panelové lišty ve stávajícím objektu ani finální montáž zásuvky. To se týká i výhod a nevýhod realizace, kapitoly ověření funkčnosti vytvořeného řešení a také problémů, které by mohly nastat při realizaci. Rozdíl mezi těmito modelovými řešeními je v umístění skříní, a tedy zakončením optických kabelů, kdy ve vnějším provedení je jedna optická rozvaděčová skříň umístěna mimo technickou místnost (serverovnu) navíc ve vnějších prostorách SSZ.

Obě řešení jsou realizována s ohledem na bezpečnost a ochranu zdraví při práci, což je detailně popsáno v technické zprávě včetně patřičných norem viz příloha P III.

5 VNITŘNÍ ŘEŠENÍ KAMEROVÉHO ZABEZPEČENÍ

Projekt řeší bezpečnostní kamerový systém a zabývá se připojením do lokální sítě. V rámci tohoto řešení bylo vycházeno z toho, že budova je již stávající. U výstavby nové budovy by bylo řešení jiné, což by mohlo být námětem na budoucí rozšíření práce. Výhodou vnitřního řešení ve stávající budově je snadná úprava zásuvky v rámci panelové lišty s jednoduchou manipulací demontáže a úpravy samotné zásuvky bez většího zásahu do celkového vzhledu interiéru a tím pádem jeho případného narušení například bouráním zdí apod. Panelové lišty jsou využívány pro vedení vnitřních optických rozvodů, které jsou tak chráněny proti mechanickému poškození, a navíc slouží i z estetického hlediska, jelikož jsou uvnitř kabely schovány. Zásuvka se dá jednoduše upravit, jak je popsáno v kapitole 4.5.1 Vlastní úprava běžné síťové zásuvky. V případě realizace nového projektu novostavby jakéhokoliv objektu, by byly tyto řešení bezpředmětné, jelikož by se daly naprojektovat již hotové optické zásuvky. V tomto případě je využito stávajících možností z praktického důvodu, jelikož kvůli snadné a tiché demontáži, úpravě zásuvky a finální montáži nemusí dojít k přerušení nonstop provozu v budovách. Dále je toto řešení finančně nenáročné, takže se vyplatí všude tam, kde je potřeba řešit úpravu většího počtu zásuvek.

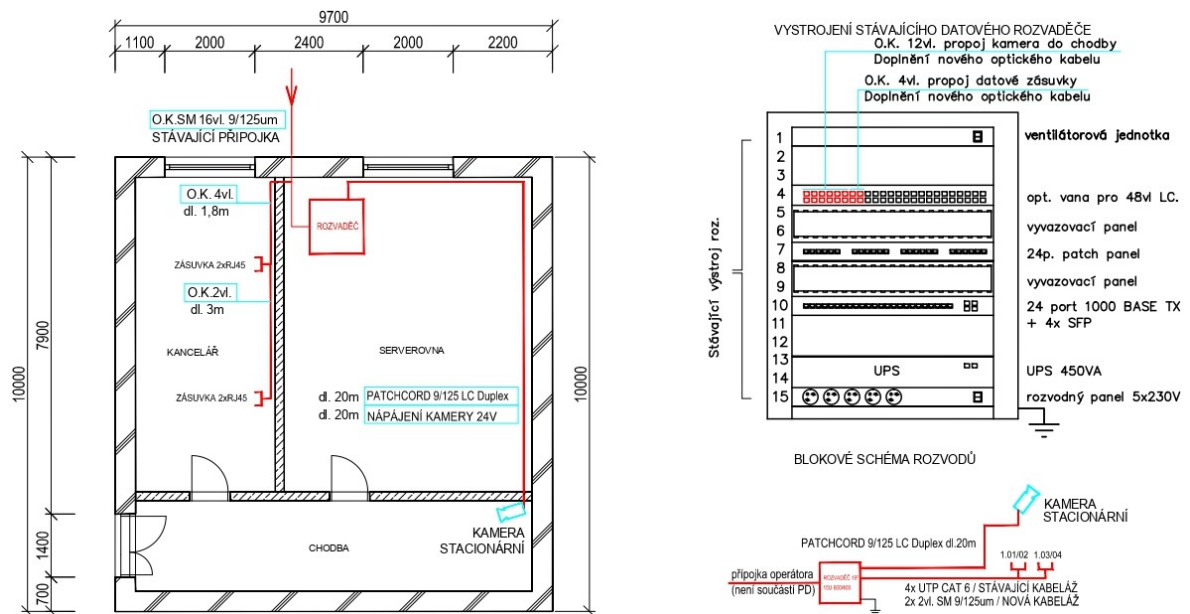


Obr. 22 Návrh kamerového zabezpečení uvnitř budovy.

Optické rozvody modelových řešení jsou navrženy topologií P–P, kterou je vyjádřeno přímé připojení a propojitelnost páteřních tras do infrastruktury bez použití aktivních prvků v serverovně, kdy je pouze patchcoldem propojeno ODF lokální s ODF metropolitní sítí. Tohoto řešení je využito hlavně z důvodu bezpečnosti přenosu informací, jelikož je z velké části neodposlechnutelné a také kvůli rychlosti přenosu dat.

Jedná se o první navržené řešení, které představuje připojení do lokální sítě v kancelářských rozvodech. V projektu viz příloha P I vede druhým směrem 12 vláken z 16 vláknového SM

9/125 μm optického kabelu v délce 20 metrů v rámci kamerového systému (CCTV) na stacionární kameru umístěnou v rohu chodby. Stacionární kamera využívá dvě vlákna nové optické kabeláže, která je součástí projektové dokumentace (PD), které slouží k bezpečnému přenosu dat. Ke kameře také vede napájecí kabel 24 V.



Obr. 21 Návrh vnitřního řešení

5.1 Výhody řešení

Mezi hlavní výhody řešení patří jednoznačně přenos dat na větší vzdálenost a také rychlost na větší vzdálenost. V projektech této práce byl kladen zásadní důraz na bezpečný přenos informací, proto je u kritické infrastruktury využito P–P topologie. Jedná se o přímé připojení a propojitelnost do infrastruktury páteřních tras bez použití aktivních prvků v serverovně (patchcord je napřímo propojen ODF lokální s ODF metropolitní sítí). Ze standardní stávající zásuvky, která doposud neměla připojení na optickou přípojku, se snadnou úpravou stane zásuvka s přidanou optickou sítí. V řešení je uvažována stávající budova (v nově projektovaných budovách řešení postrádá smysl, jelikož je možnost naprojektování už hotové zásuvky s nainstalovanou optickou sítí). V projektu je řešena stávající zeď s datovou zásuvkou a je řešeno efektivní a nenáročné přidání optické sítě snadnou demontáží a úpravou stávající zásuvky. Výhodou projektu je snadnost převedení běžné metalické zásuvky instalované v panelové liště za metalickou s optickou dohromady. Nemusí se řešit bourání a jakékoliv jiné porušení zdi. Běžná zásuvka se upraví dle postupu popsáném pod nadpisem Vlastní úprava běžné síťové zásuvky v podkapitole 5.4 Postup při realizaci.

Vložený rámeček jako nástavba ke stávající zásuvce stojí přibližně 20 Kč, takže celkové řešení materiálu potřebného pro úpravu vyjde zhruba na 100 Kč. Cena svaření vláken není do cen materiálu započítána, týká se cen realizace a stejně tak by se týkala i hotové koupené upravené zásuvky, kam by také byla potřeba vlákna navařit specializovanou firmou.

Největší výhodou je schopnost integrace optické sítě do již stávající zásuvky, i přes omezení prostoru a nemožnosti bourání zdí. Samotná montáž je provedena specializovanými firmami, investor se o montáž nezajímá. Když je potřeba dostat na velkou vzdálenost optickou infrastrukturu z jednoho bodu do druhého při zajištění dostatečné bezpečnosti informací, což je v těchto projektech klíčové, topologie P–P je u kritické infrastruktury, kde je chráněná kabeláž, jediným možným způsobem, jak dostat data z jednoho bodu do druhého bezpečně.

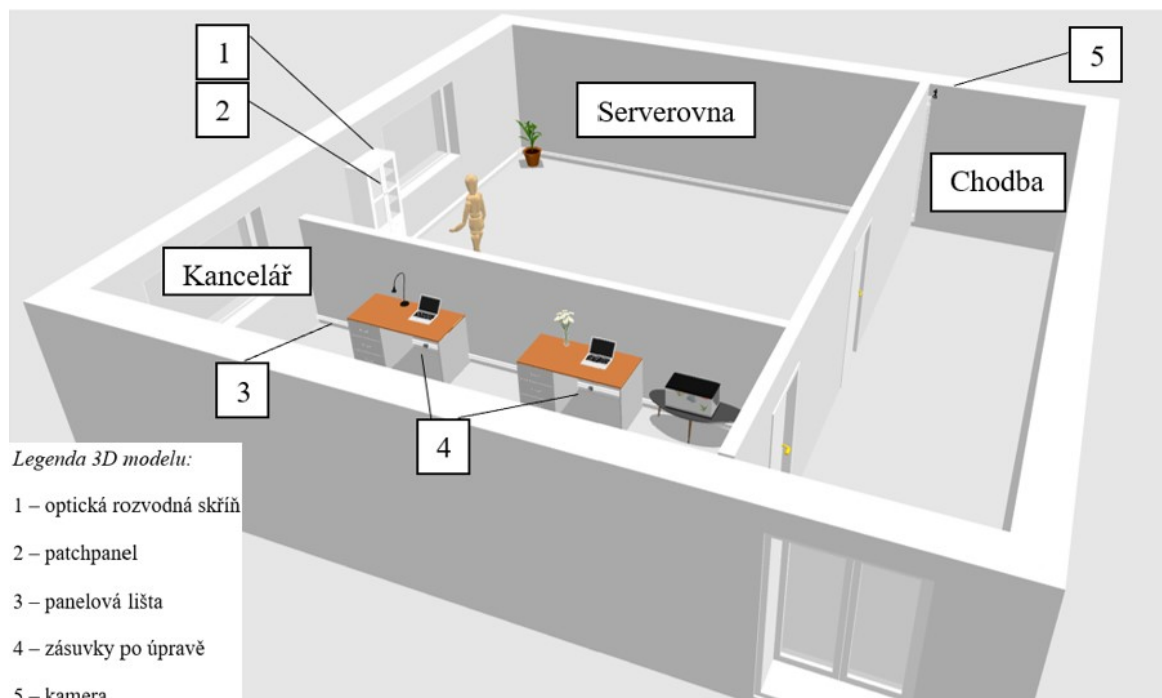
5.2 Nevýhody řešení

Celkově je vybudování optické trasy mnohem finančně náročnější řešení než vybudování metalické sítě, což je její značná nevýhoda. K optické síti je potřeba drahé vybavení a speciální příslušenství, které vyjde mnohem draž než při řešení pomocí metalických rozvodů. Je zapotřebí vlastnit nebo zapůjčit svářečku optických vláken, což je finančně velmi nákladné, proto jsou na tuto část řešení objednávané specializované firmy zabývající se svářením vláken, které většinou vlastní své vybavení nebo mají vše potřebné zajištěné.

5.3 Návrh řešení

Řešení jsou zaměřena na efektivní přidání optické sítě do již existující stávající metalické zásuvky instalované v panelové liště. Ukázkové řešení je na 3D modelu viz *Obr. 22* 3D model byl vytvořen pro názornost a lepší představu celého popsaného řešení. Model byl tvořen v bezplatném softwarovém programu Sweet Home 3D určeném pro návrhy designu interiérů. Softwarový program splnil veškeré požadavky pro práci, i přesto, že ne všechny prvky šly snadno dosadit. Prvky byly vzhledově upraveny tak, aby co nejvíce odpovídaly skutečnosti. Například šatní skříň zde byla vzhledově ponechána, ale její funkčnost byla zaměněna za skříň telekomunikační (rozvodnou). Cílem bylo zhotovení úpravy stávající zásuvky tak, aby došlo k co nejmenšímu zásahu v interiéru, což obě řešení plně splňují. Projekty této práce jsou zaměřeny především na bezpečný přenos informací, proto je u kritické infrastruktury využito P–P topologie, která nevyužívá aktivních prvků v serverovně, ale je jen patchcordem propojeno ODF lokální s ODF metropolitní sítí. Z toho důvodu se tato

práce nezabývá aktivními prvky, ale řeší pouze hardwarovou část. Funkčnost řešení byla ověřena viz příslušná fotodokumentace a měřicí protokoly.



Obr. 22 3D model vnitřního řešení

5.4 Postup při realizaci

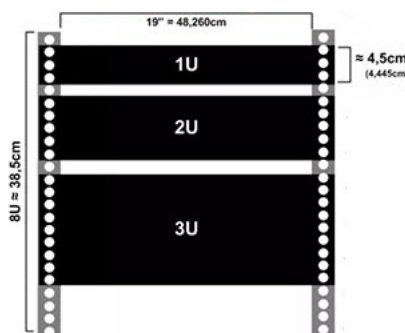
V níže uvedené kapitole jsou popsány shodné atributy pro obě řešení. Realizace praktické části je v příložených dvou projektech viz příloha I a II a část realizace řešení je také nahrána na příloženém CD jako videodokumentace. Obě řešení se zabývají doplněním bezpečnostního kamerového systému s využitím zabezpečovacího systému se zaměřením na P–P topologii. První projekt se zabývá vnitřním připojením do lokální sítě, zatímco druhý projekt řeší vnější připojení kamery na světelné signalizační zařízení (SSZ). V obou projektech je uvažována budova se zastaralou stávající kabeláží, která nepřenese větší rychlosti na danou vzdálenost, proto je zde návrh efektivního řešení vložení optického kabelu do již existující stávající datové metalické zásuvky. V obou případech je uvažována pouze tato stávající budova, ve které jsou již existující rozvody, není zde tedy řešena stavba nové budovy včetně kabeláže. Podstata přidané optické části tkví v tom, že je umožněno zafouknutí optického kabelu i do stávajícího parapetového žlabu a je možné ho tak bez problému přidat i do stávající zásuvky, a to za pomoci několika snadných úprav. Zafukování je běžně používaná metoda instalace optických kabelů. Úpravy jsou snadné pro specializující firmu,

ne však pro běžného uživatele, a to především kvůli finanční náročnosti veškerého potřebného vybavení. Obě řešení mají stejné blokové schéma rozvodů, ve kterém jsou celkem tři místnosti a to kancelář, serverovna a chodba. V serverovně je umístěn 19“ 15 U 600/440 rozvaděč (rack), který je vybaven ventilátorovou jednotkou, optickou vanou pro 48 vláken LC, vyvazovací panel, stávající switch 24 port 1000 BASE TX + 4 x SFP, UPS 450 VA a rozvodný panel 5 x 230 V. Vystrojení stávajícího datového rozvaděče umístěného v místnosti je vyobrazeno na *Obr. 22 (1)*. Samotný rozvaděč je zobrazen na *Obr. 23*.



Obr. 23 Rozvaděč 19“ RACK jednodílný 15U [22]

Uvnitř rozvaděče je umístěna jednotka míry (Unit 1 U) viz *Obr. 24* používaná především k popisu výšky zařízení umístěných uvnitř rozvaděčů. Jedna jednotka míry 1 U udává výšku příslušného zařízení a odpovídá velikosti 1,75“ (palců), což je přibližně 4,45 cm. Do optických rozvodných skříní je běžně přidávána zásuvka o velikosti 1 U nazývaná patchpanel. Patchpanel je vyobrazen na *Obr. 24 (2)*.



Obr. 24 Vyobrazení velikosti jednotek v rozvaděči [23]

Do projektovaného rozvaděče vede stávající přípojka včetně optického kabelu (OK), v tomto případě se jedná o 16 vláknový SM 9/125 μm . V těchto projektovaných případech vede část

vláken optického kabelu (celkem čtyři vlákna) do kanceláře uvnitř stávajícího parapetového žlabu (panelová lišta) ve stejné trase jako metalická síť. V projektovaném řešení se jedná o 4 vlákna v délce 1,8 metru k první zásuvce 2 x RJ45, kde jsou svařena dvě vlákna (modré a oranžové) viz kapitola 4.2 Vlastní úprava běžné datové zásuvky. Další dvě vlákna v délce 3 metru pokračují ke druhé zásuvce 2 x RJ45, kde jsou také svařeny. Uložení více svárů v kazetách (zásuvkách) v optické spojnici umístěné v rozvaděči na SSZ je zobrazeno pro názornost na *Obr. 25*.



Obr. 25 Svařená optická vlákna v OS

Vlastní úprava běžné síťové zásuvky

Praktickým výstupem diplomové práce byl návrh působivého bezpečnostního řešení zásuvky a její jednoduché úpravy pro připojení k optickým rozvodům. Jedná se o efektivní řešení již existující standardní metalické zásuvky jakéhokoliv výrobce, která je pomocí drobných úprav obohacena o optickou část. Řešení je především zaměřeno na design interiéru, jelikož samotná úprava zásuvky nevyžaduje větší zásah do prostoru. Je pouze provedena demontáž a finální montáž parapetního žlabu zpátky na své místo bez jakéhokoliv bourání zdi apod. Toto řešení je proto výhodné u stávajících prostor a u prostor s menšími prostorovými možnostmi. V popsaném řešení je také uvažována bezpečnost informací, která je

zásadní např. pro armádu, speciální jednotky a IZS (integrovaný záchranný systém), proto je využito topologie P–P. Úprava zásuvky není žádný nový vynález, metalická zásuvka s optickou částí se již dá zakoupit i hotová, ovšem vyjde momentálně o pár set dráž, než když se jen provede úprava té běžné a v neposlední řadě jde o dodržení shodného designu již stávající instalace bez rušivých elementů.

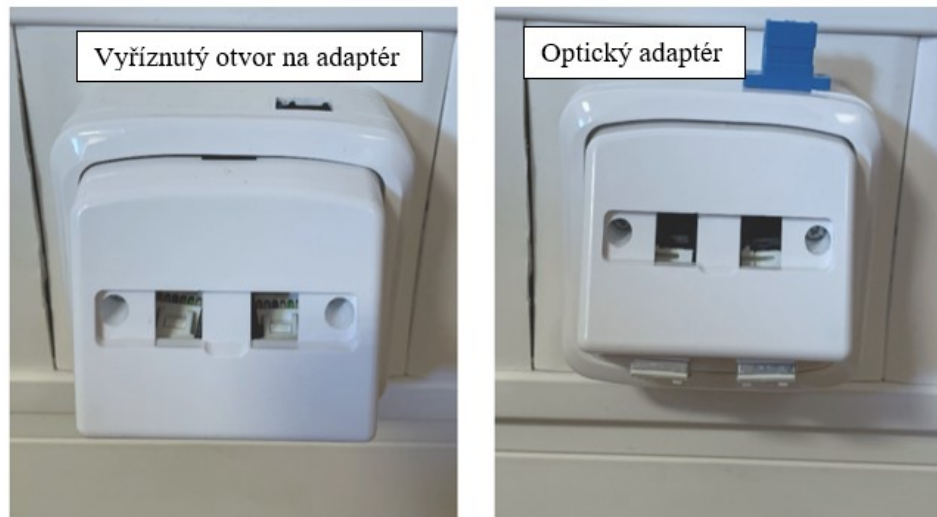
Hlavní výhodou této úpravy a proč dělat právě tuto úpravu je to, že není nutný zásah do již stávající stavby a dané infrastruktury. V projektech proto byla z těchto důvodů řešena právě existující budova s nainstalovanými panelovými žlaby v hotových zdích v kancelářích, přičemž byly uvažovány omezené prostorové možnosti. Nejen pro takové prostory, tj. pro všechny stávající, kde je snaha zachovat stálost prostoru s co nejmenším zásahem do interiéru je tato úprava velmi žádoucí. Úprava byla totiž provedena lehce a jednoduše tak, že se začalo pouze snadnou demontáží. Poté byla provedena i finální montáž zásuvky, kdy se zásuvka uvedla do původního stavu, co se týče velké části vzhledu. Především nedošlo k narušení hotové části interiéru, jelikož úprava zásuvky nevyžaduje žádný složitější zásah do místnosti jako celku. K zásuvce byla šetrným zásahem do parapetního žlabu přidána optická část, kterou se zabývají specializované firmy. V průběhu provádění úprav zásuvky nedojde ani k částečnému omezení provozu na příslušných pracovištích či v místech realizace, což ocení mnoho podniků s nepřetržitým provozem.



Obr. 26 Datová zásuvka ABB Tango 5014A–A100 B [24]

Pro účely praktické části práce byla zvolena běžná datová zásuvka RJ45 ABB Tango, která je výrobcem určena pro domácí a kancelářské počítačové sítě. Kompletní zásuvka se skládá z rámečku, datového krytu, krytky a datového konektoru RJ45.

Běžná síťová zásuvka bývá standardní součástí nekomerčních i komerčních budov. Postup úpravy zásuvky je popsán níže a je také znázorněn na videodokumentaci viz příložené CD.



Obr. 27 Zásuvka před a po úpravě

Úprava zásuvky se dá popsat v následujících bodech:

1. Nejprve byla provedena demontáž stávající datové metalické zásuvky připevněné ke zdi v parapetovém žlabu (instalační liště).
2. Dále byl odšroubován horní kryt obyčejné síťové zásuvky, oddělána krytka od datových konektorů (keystones) a vyšroubován rámeček.
3. V příslušné trase vedoucí k této zásuvce byl specializovanou firmou zafouknut optický kabel, který byl přiveden dovnitř zásuvky. Z metalické obyčejné zásuvky tak byla vytvořena víceúčelová zásuvka. To znamená, že se již nejednalo pouze o zásuvku metalickou, ale i optickou.
4. Optický kabel byl pomocí stahovací pásky přichycen ke spodní vnitřní části zásuvky z důvodu snadnější manipulace a část optického kabelu zůstala uvnitř zásuvky jako rezerva.
5. Část ochrany (bufferu) optického kabelu byla naříznuta a bylo odizolováno jádro optického kabelu.
6. Dále byl oddělen kevlar (para-aramidové vlákno sloužící k ochraně vláken) od optických vláken.
7. Poté byla také jednotlivě oddělena od sebe příslušná vlákna a připravena tak ke svařování.
8. První dvě vlákna, tedy modré a oranžové, byla připravena k následnému svaření optickou svářečkou.

9. Do předem vyříznutého otvoru ve spodní části zásuvky, byl přidán modrý adaptér, který se používá pro SM vlákna s UPC/PC zabroušením (viz *Obr. 27*) a poté byl optický kabel zakončen v zásuvce konektorem LC, což je jeden z nejpoužívanějších konektorů.
10. Pomocí svářečky optických vláken byl na modré a oranžové vlákno navařen pigtail, a to níže popsaným způsobem.
11. Nejdříve byla speciálními kleštičkami odstraněna barevná ochrana vlákna a poté bylo samotné vlákno očištěno speciálním ubrouskem s izopropylalkoholem.
12. Připravené očištěné vlákno bylo vloženo do lámačky optických vláken, která vlákno zalomila a připravila tak ke správnému svaření ve svářečce optických vláken.
13. Vlákno bylo vloženo do svářečky z jedné strany a na druhou stranu byl vložen stejně očištěný a lámačkou zalomený pigtail.
14. Vlákna byla svářečkou svařena, přes svár byla dána předem připravená ochrana sváru, která byla poté zapečena.
15. Poté bylo svařeno druhé vlákno stejným způsobem jako vlákno předchozí.
16. V kazetě byl uchycen optický kabel a do samolepicího hřebínku ve spodní části zásuvky byly umístěny ochrany svárů tak, aby nedošlo k jejich mechanickému opotřebení či jinému poškození při manipulaci uvnitř zásuvky.
17. Do kazety byl vložen pigtail a dále byl zaklapnut modrý konektor LC se SM vláknem a UPC/PC zabroušením.
18. Při finální kompletaci zásuvky byly uchyceny datové konektory (keystones) do rámečku pro ukotvení konektorů ve správné pozici (faceplate).
19. Poté byla provedena finální montáž zásuvky do původního stavu, jen momentálně s přídavkem optického kabelu jako bonus.

V průběhu práce došlo k otočení zásuvky v liště o 180° z důvodu uchycení metalických datových konektorů (keystones) do zásuvky ve finální montáži.

5.5 Nástroje pro sestavení a montáž zásuvky

Jak již bylo uvedeno v postupu výše, při montáži zásuvky bylo nutné využít speciální techniky pro zalomení a spojení vláken, které bylo nutné pro účely diplomové práce zapůjčit. Vhodná svářecí technika včetně potřebného příslušenství je popsána níže.

Svářečka optických vláken

Svářečka optických vláken Fujikura FSM–60 S viz (*Obr. 28*) disponuje napájecím zdrojem. Součástí svářecího příslušenství je lámačka optických vláken CT–30 A (viz *Obr. 8*), propojovací kabel pro nabíjení baterie DCC–14 a baterie pro svářečku optických vláken BTR–08. Baterie má na jedno nabití výdrž 160 cyklů, přičemž jedním cyklem se rozumí jeden svár optických vláken a jedno zapečení ochrany sváru. Baterie je vkládána do spodní části svářečky a k jejímu nabíjení slouží speciální propojovací kabel.

Svářečka FSM–60 S s nastavením vláken systémem PAS (Profile Alignment System) s možností výškového nastavení vláken je vhodná pro svařování vláken SM, MM, DS a NZDS. Díky PAS systému je zajištěna pohodlná obsluha svářečky a je také rychlejší samotný proces svařování. Je možné ovlivnit uživatelem útlum pomocí vystředění vláken. Svářečka je plně automatická a má přehledné uspořádání ovládacích prvků včetně napájecího zdroje a přehledného monitoru s vysokým rozlišením, kde je monitorován výsledek svaření svárů a vlákna jsou zobrazovány ve dvou osách. Lze tedy vidět chybu přímo po svaření a chybu napravit ještě před montáží sváru do zásuvky. Je-li svár správně svařen, následuje zatavení ochrany sváru ve speciální píce, která je součástí svářečky.

Mezi hlavní přednosti svářečky patří snímání polohy vláken dvěma kamerami. Výhodou této svářečky je rychlost svařování vláken, kdy svaření jednoho SM vlákna trvá v řádech pár sekund a ten stejný čas trvá i zapečení svárů do ochranné trubičky. Svářečka vlákna sama identifikuje a volí dle toho i příslušný program, stejně tak probíhá i automatická kalibrace oblouku, takže není nutné provádět zkušební svár. Průměrné útlumy svárů jsou pro SM 0,02 dB, MM 0,01 dB, DS 0,04 dB a NZDS 0,04 dB. Výsledky svárů jsou ukládány do interní paměti.

Manipulace se svářečkou optických vláken je snadná, je však nutné dodržení povětrnostních podmínek, kdy je nutná ochrana proti větru do maximální rychlosti 15 m/s. Okolní teplota by neměla klesnout pod -10 °C, při nižší teplotě, dochází k praskání vláken a svařování je tedy v tento čas nevhodné, až riskantní, pokud se pracuje s již hotovými svařenými vlákny.

Kontrola vláken a jejich údržba se tedy v zimním období nedoporučuje, zvláště u vláken v provozu. Maximální teplota je výrobcem udána na 50 °C a vlhkost by se měla pohybovat v rozmezí 0–95 %. Svářečka s napájecím zdrojem ADC–13 včetně baterie BTR–08 váží 2,7 kg. [24]



Obr. 28 Svářečka optických vláken Fujikura FSM–60 S

Svářečka optických vláken Fujikura FSM–60 S již není k dostání, nicméně na trhu je možnost zakoupení novějšího modelu s vylepšenou technologií a vzhledem. Novější model Fujikura 90 S (Obr. 31) má nové funkce, které umožňují rychlejší a pohodlnější práci se svářečkou. Model je sestaven v nejvyšší možné kvalitě a veškeré úkony provedení jednotlivých cyklů svařování a zapečení svárů jsou prováděny precizně s tou největší možnou přesností. Nejen díky novému designu, ale také přidáním pár dílů navíc dovnitř svářečky, je dosaženo rychlejšího svaření vláken. Navíc disponuje vysokokapacitní baterií s výdrží až 300 cyklů na jedno nabití, což je téměř dvojnásobně více než u modelu svářečky Fujikura FSM–60 S. K novému modelu svářečky Fujikura 90 S je dodáván i nový vylepšený model lámačky optických vláken Fujikura CT50 (Obr. 32).

Celá sada svářečky s lámačkou Fujikura se dá momentálně zakoupit za cca 176 tisíc Kč, což není zanedbatelná částka. K sehnání jsou ale i levnější svářečky optických vláken, které se dají zakoupit už v řádech desítek tisíc, případně lze využít možnosti zapůjčení kompletní sady svářečky s lamačkou a potřebným nářadím pro svařování optických vláken. Zapůjčení sady je obzvláště výhodné v případě plánovaného využití svářečky pro malé množství svárů. Cena zapůjčení celé sady se odvíjí od jednotlivých firem a také na dané době pronájmu. Aktuálně lze sada sehnat např. u firmy IPMEDIA s.r.o. za cca dva tisíce Kč na jeden pracovní den či jeden víkend. K zápůjčce je nutné připočítat ještě dopravné, které si zákazník hradí sám. Ve velké většině případů se ovšem touto částí řešení zabývají specializované firmy, které si poté účtují sazby buď za časový úsek práce či jednotlivé ceny za svár. Ceny se odvíjí nejen od druhu poskytovaných služeb, ale i rozsahu sítí a jsou velmi individuální. Orientačně se pohybují v řádech stovek Kč. Momentálně je to cca 200 Kč za svár podle počtu svárů. Obvykle čím více je objednáno svárů, tím méně poté vychází výsledná cena za jeden svár.



Obr. 29 Svářečka optických vláken Fujikura 90 S [25]



Obr. 30 Lámačka optických vláken Fujikura CT 50 [26]

Lámačka optických vláken

Jak již bylo zmíněno výše, svářečka optických vláken Fujikura FSM-60 S obsahuje v zakoupené či zapůjčené sadě také lámačku optických vláken Fujikura CT-30 A (Obr. 33), která umožňuje zalomování optického vlákna během jednoho kroku. Je dodávána se zabudovaným boxem, kam padají zalomená vlákna, což je velmi efektivní a bezpečný postup. Lámačka je vybavena kruhovým ostrím s 16 možnými pozicemi. Ostrí je možné nastavit do tří výškových poloh. Každá pozice ostrí umožňuje zalomení přibližně 1000 vláken, přičemž celkový počet zalomení bez výměny ostrí je výrobcem udáván na 48 tisíc zalomení. Mezi přední vlastnosti této lámačky patří její lehkost, protože váží pouhých 180 gramů a zároveň kompaktnost. Lámací úhel je od výroby nastaven na 0,5 stupňů. Z důvodu uchování správného úhlu zalomení vlákna je zalomované vlákno umístěno v držáku označeném AD-30 A (Obr. 31), který je součástí dané lámačky.



Obr. 31 Lámačka optických vláken Fujikura CT-30

Po správném zalomení optických vláken a jejich následném spojení svařením, dochází zpravidla k ověření jejich funkčnosti. Jde o kontrolu správného svaření, která probíhá primárně samotnou svářečkou a je následně potřeba zkontrolovat i celkový průběh optického kabelu. To se zjišťuje pomocí několika možných metod, z nichž ty nejpoužívanější jsou popsány níže. Jedná se o vizuální kontrolu chyb a nepřímé měření metodou OTDR.

5.6 Ověření funkčnosti vytvořeného řešení

V práci byla funkčnost vytvořeného řešení ověřena dvěma způsoby. Prvním způsobem byla provedena zkouška průchodnosti pomocí zařízení VFL (Visual Fault Locator – vizuální

kontrola chyb). VFL patří mezi základní vybavení pro testování optických kabelů pomocí jehož laseru (zdroje viditelného světla) je jasné vidět, zda je vlákno průchozí. Funkční průchozí vlákno v celé své délce se pozná tak, že svítí. Výsledek vizuální kontroly chyb s funkčním průchozím vláknem je vyobrazen červenou tečkou (svítivostí laseru) na *Obr. 36*. Pokud by vlákno nevydalo žádné světlo, znamenalo by to neprůchozí vlákno a tedy vadu, která by musela být odstraněna opětovným svařením vlákna. V praxi se zařízením VFL hledají vady, které mohly vzniknout špatnou přípravou vlákna před svařováním či samotným svařováním.

Druhým způsobem ověření funkčnosti bylo provedení nepřímého měření metodou OTDR optickým měřicím přístrojem (kalibrovaným reflektometrem), kterým byla měřena svařená optická vlákna. Další možné metody měření optických vláken jsou popsány v teoretické části v podkapitole 2.3.

Vizuální kontrola chyb

Jak bylo popsáno výše, k vizuální kontrole chyb se používá VFL zařízení, které můžete vidět na *Obr. 32*, přičemž praktické využití VFL je vidět na *Obr. 33*. V této práci je pro toto měření použit přístroj VFL JDSU model FFL-050, kde je viditelná vlnová délka udána výrobcem 650 nm. V zařízení je zabudován vysoce výkonný laser s výkonem 1 mW. Pro SM konektory udává výrobce možnou vzdálenost svítivosti větší jak 7 km a pro MM konektory udává výrobce možnou vzdálenost svítivosti větší jak 5 km.

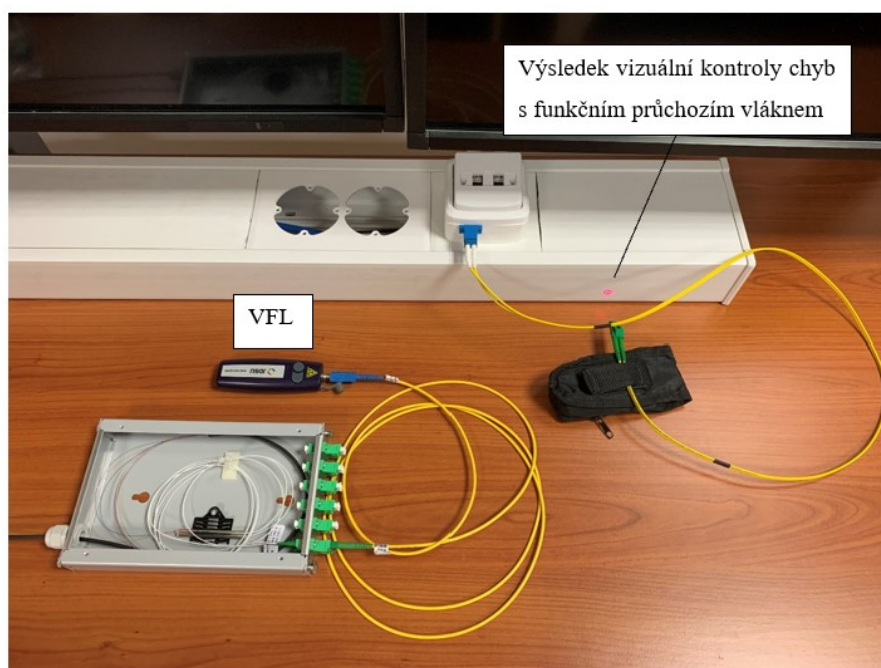
Jestliže je červené světlo zobrazeno laserem na osvětleném předmětu a při ohybu pigtailu nesvítí pouze místo ohybu, znamená to, že je celé vlákno v pořádku viz *Obr. 33*. V opačném případě, kdy se červené světlo nezobrazuje na námi určeném předmětu, to poukazuje na vadu optického vlákna. Díky VFL je tedy možné během krátkého časového úseku přijít na konkrétní místo vady, kdy je jasné vidět červené podsvícení pigtailu v místě jeho ohnutí. Místo ohnutí pigtailu indikuje poškození vlákna (vadu) přesně v jeho bodě.

Tento konkrétní model lze sehnat jen na zahraničních e-shopech, kde stojí cca 5 tisíc bez dopravy. V ČR jsou ale k dostání VFL jiných výrobců, které vychází cenově nastejno.

[28]



Obr. 32 Visual Fault Locator FFL-050



Obr. 33 Visual Fault Locator v praktickém využití

Zařízení je připojené na patchpanel umístěného v rozvodné skříni. Ze zásuvky umístěné v panelové liště je z konektoru veden optický kabel, z jehož jednoho konce vidíme červené světlo (laser) jako výsledek vizuální kontroly chyb, kde byla prokázána funkčnost průchozího vlákna. Kdyby vlákno nebylo funkční, byl by to projev vzniklé poruchy po trase, laser by svítil v místě poruchy a neprosvítal by tedy vlákno takto až do konce.

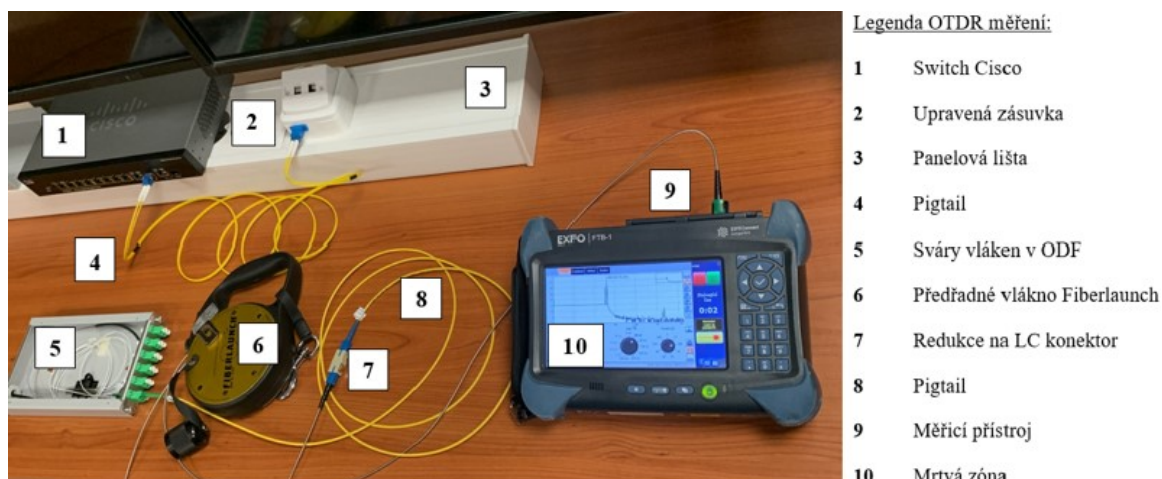
Optický měřicí přístroj

Vlákna byla dále měřena kalibrovaným reflektometrem značky EXFO FTB-1 Connect Compatible (viz Obr. 13). Tímto přístrojem je měřena nepřímá metoda OTDR viz popis výše. Koupě tohoto přístroje není levná záležitost, jelikož stojí přibližně 108 tisíc Kč bez dalšího příslušenství nutného k měření. V ČR je možnost zapůjčení jiného měřicího přístroje modelu MAX-730 C, kdy jeden den jeho půjčení včetně odběru materiálu u stejné

firmy činí cca 3 tisíce Kč a bez odběru materiálu je cena téměř dvojnásobná, tj. cca 6 tisíc Kč. Ceny jsou aktuální k roku 2021. [29]



Obr. 34 Kalibrovaný reflektometr EXFO FTB-1



Obr. 35 Měření optických vláken metodou OTDR

Měření vláken nepřímou OTDR metodou bylo provedeno takto:

- nejdříve bylo do měřicího přístroje viz 9 (Obr. 35) zapojeno předřadné vlákno viz 6 (Obr. 35) o délce 500 metrů,
- poté byl u jednoho vlákna zapojen konektor k redukci viz 7 (Obr. 35) z první strany, která je použita z důvodu zapojení jiného konektoru (LC), z toho důvodu je zde větší nárůst útlumu,
- pak bylo zapojeno samotné vlákno do druhé strany redukce,
- na reflektometru jsou nastaveny parametry jako vzdálenost, délka pulsu a délka trvání,

- bylo provedeno současné měření pro vzdálenost o vlnových délkách 1310 a 1550 nm,
- měřeno bylo ze strany od switche viz **1** (*Obr. 35*), aby bylo lépe vidět, že je zásuvka v pořádku,
- měření bylo provedeno ze dvou stran z důvodu eliminace sváru na druhé straně,
- výsledkem měření byly měřicí protokoly viz příloha VI – IX.

Switch viz **1** na *Obr. 35* není součástí P–P řešení, jedná se pouze o názorný příklad dalšího možného využití zásuvky. V grafu v měřicích protokolech je vidět délka předřadného vlákna a oba sváry (konektory). Obě vlnové délky jsou měřeny současně pro každý svár. Předřadné vlákno s navíjecími pigtaily Fiberlaunch viz **6** *Obr. 35*, které bylo pro praktickou část práce zapůjčeno, se dá koupit v zahraničí v přepočtu za cca 7 tisíc Kč bez dopravy. Předřadná vlákna Fiberlaunch jsou praktická a je s nimi snadná manipulace díky systému navíjení pigtailů. Tato vlákna využívají kvalitní optická vlákna Corning v SM i MM provedení. [20]

U nás v ČR je možné zakoupení jiných předřadných vláken jiných výrobců nebo je možnost si nějaké z těchto nabízených předřadných vláken půjčit. Zapůjčení předřadného vlákna o délce 500 m vychází cenově na cca 300 Kč. Cena je aktuální pro rok 2021.

V případě jiného konektoru se dává redukce navíc. V tom případě je ale nutno brát v potaz nárůst útlumu. Měření je prováděno vždy na konci každé hardwarové trasy. Měřením byla provedena kontrola trasy a funkčnost konektorů. Pro každou stranu a vlákno byl zhotoven protokol, celkem tedy dva protokoly pro každé vlákno, tj. 8 protokolů viz příloha VI – IX. Zveřejněné výsledky měření v těchto přílohách dokazují, že navržená řešení jsou funkční. Dalším možným ověřením funkčnosti průchodnosti vlákna by bylo finální zapojení OK do síťové karty (modulu) v PC, což není předmětem práce z důvodu finanční náročnosti této síťové karty. Funkčnost trasy proto byla dokázána dvěma způsoby, VFL a reflektometrem, popsány výše.

5.7 Náklady na realizaci

Náklady na úpravu samotné zásuvky nejsou velké. Tento konkrétní model, který byl pro práci zvolen pro jeho univerzální použití, snadnou dostupnost a také přijatelnou cenu, se finančně pohybuje v rozmezí 100–300 Kč v závislosti na konkrétním prodejci. Jedná se tak o nízkonákladové řešení projektu, kterého by bylo využito právě v souvislosti, s již existující budovou s již předinstalovanými zásuvkami. Účelově podobná optická již od výroby

hotová zásuvka bez nutných dalších úprav vychází až na několikanásobek ceny běžné zásuvky. Cena hotové optické zásuvky se v závislosti na daném prodejci pohybuje v rozmezí 600–1000 Kč. Samozřejmě je možné využití jiných modelů či typů zásuvek různých výrobců, od kterých se odvíjí také cena v závislosti na kvalitě a značce. Ceny zásuvek se často mění, jsou tedy jen orientační a platné pro rok vydané DP (2022).

Podrobný rozpočet nákladů (dodávky a montáže) pro vnitřní řešení doplnění optických rozvodů do zásuvek a kamerový systém je uveden v Tab. 2 a 3, které znázorňují rozpočty pro realizaci strukturované kabeláže a kamerového systému.

Tab. 2 Rozpočet strukturované kabeláže

| Položka | Popis položky | Materiál | | | | Montáž | |
|----------------|--|----------|------|---------|--------------|---------|---------------|
| | | množ. | m.j. | j. cena | celkem | j. cena | celkem |
| Komponenty | Modul 2x LC adaptér | 2 | ks | 180 | 360 | 25 | 50 |
| | Pigtail 9/1125um | 4 | ks | 150 | 600 | 78 | 312 |
| Kabely | Optický kabel vnitřní 4 vl. 9/125 um | 12 | m | 13 | 156 | 12 | 144 |
| | Optický patchcord LC/LC 2 m | 2 | ks | 245 | 490 | 0 | 0 |
| Kabelové trasy | Demontáž a montáž víka parapetního žlabu | 5 | hod | 0 | 0 | 240 | 1 200 |
| | Měření reflektometrem | 4 | ks | 0 | 0 | 120 | 480 |
| | Optický svár | 8 | ks | 0 | 0 | 480 | 3 840 |
| | Tuhá trubka PVC 25 | 236 | m | 22 | 5 192 | 48 | 11 328 |
| | Trubka 2323 PVC pod omítkou včetně zapravení | 168 | m | 8 | 1 344 | 36 | 6 048 |
| | Pomocné práce | 2 | hod | 0 | 0 | 180 | 360 |
| | SOUČET BEZ DPH | | | | 8 142 | | 23 762 |
| | SOUČET S DPH | | | | 9 851 | | 28 752 |

Tab. 3 Rozpočet kamerového systému

| Položka | Popis položky | Materiál | | | | Montáž | |
|----------------|--|----------|------|---------|----------------|---------|---------------|
| | | množ. | m.j. | j. cena | celkem | j. cena | celkem |
| | Kamera stacionární | | | | | | |
| Komponenty | AXIS Q1659 20 MPixel | 1 | ks | 121 400 | 121 400 | 5 000 | 5 000 |
| | Držák kamery na zdi na chodbě | 1 | ks | 8 000 | 8 000 | 470 | 470 |
| | Napájecí zdroj | 1 | ks | 4 500 | 4 500 | 300 | 300 |
| Kabely | UTP kabel kat.6 A | 20 | m | 14 | 280 | 12 | 240 |
| | CYKY 3x1,5 | 20 | m | 16 | 320 | 12 | 240 |
| | UTP Patch Cords RJ45/RJ 45 1m kat 6 A | 1 | ks | 20 | 20 | 0 | 0 |
| Kabelové trasy | Lišta vkládací LV 40/15 | 17 | m | 65 | 1 105 | 36 | 612 |
| | Osazení hmoždinky 8 mm včetně vrutu | 34 | ks | 2 | 85 | 9 | 306 |
| | Značení modulů RJ | 2 | ks | 0 | 0 | 12 | 24 |
| | Oživení a nastavení kamerového systému | 2 | hod | 0 | 0 | 480 | 960 |
| | Pomocné práce | 2 | hod | 0 | 0 | 480 | 960 |
| | Revize | 1 | ks | 0 | 0 | 1 200 | 1 200 |
| | SOUČET BEZ DPH | | | | 135 710 | | 10 312 |
| | SOUČET S DPH | | | | 164 209 | | 12 477 |

Z výše uvedených tabulek lze vidět, že toto vnitřní řešení vychází cenově přibližně na 215 tisíc Kč s DPH, z toho strukturovaná kabeláž (doplnění optických rozvodů do zásuvek) vychází cca na 39 tisíc Kč s DPH a kamerový systém na cca 177 tisíc Kč s DPH. Jednotlivé položky včetně jejich detailního popisu a přesných cen viz rozpočtová část výše. Veškeré ceny jsou z prosince roku 2021 a jsou uvedeny v českých korunách.

Takto finančně nákladná kamera byla projektována z toho důvodu, aby bylo ukázáno vhodné vyřešení předchozího požadavku zadavatele, který chtěl v nové aplikaci softwaru budoucí rozpoznávání obličejů osob (software není součástí nabídky). Proto je také využito P–P technologie, jelikož musí být zabezpečena komunikace nejen z důvodu citlivých dat (GDPR – Obecné nařízení o ochraně osobních údajů) atd.

Na Obr. 36 lze vidět projektovaná stacionární kamera AXIS Q1659 s rozlišením 20 MPx.



Obr. 36 Stacionární kamera AXIS Q1659 [31]

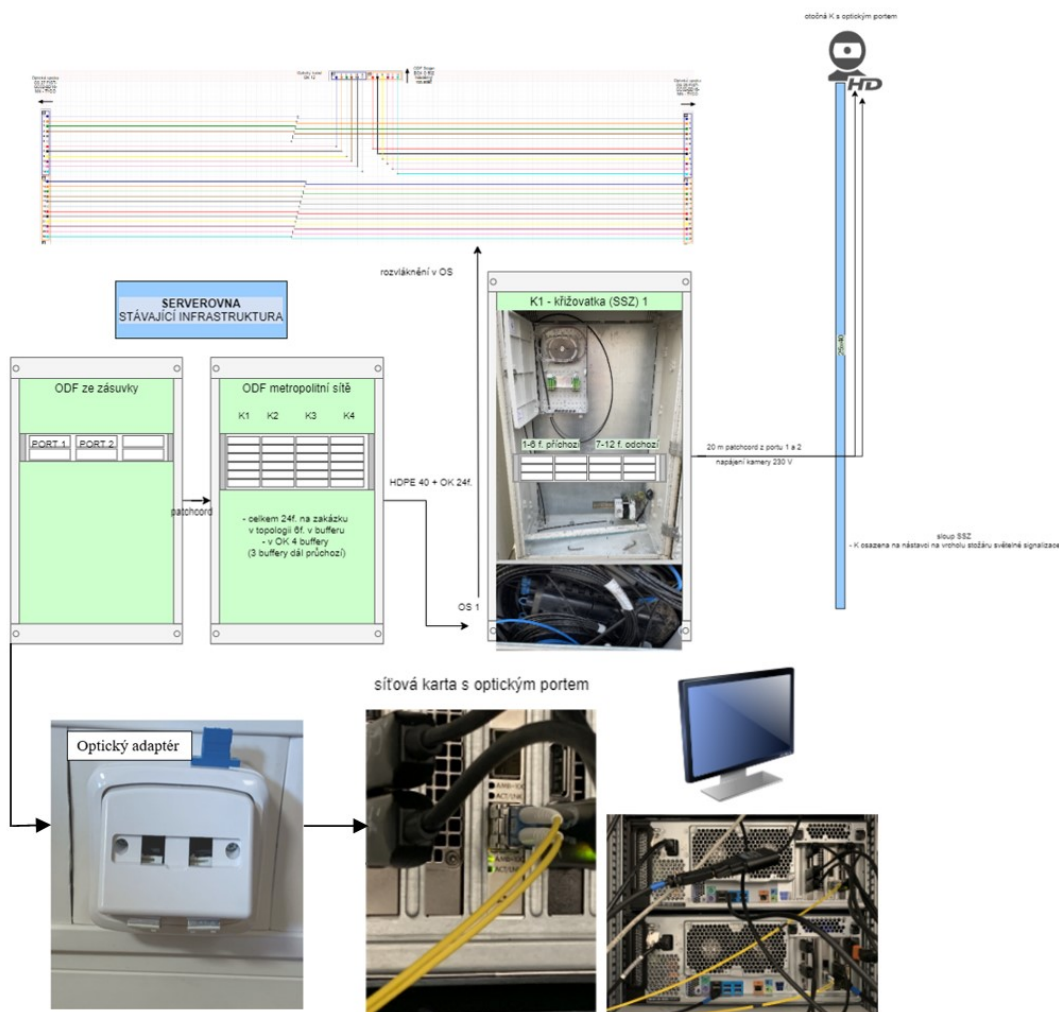
Problémy při realizaci a jejich řešení

Problémy při realizaci vnitřního řešení by mohly nastat už v počátku a to tím, že by ve stávajících prostorách nebyly kabelové žlaby (lišty). Tím by nebylo umožněno zhotovení rozvodů v kabelových žlabech podle projektu. Tento problém by se dal jednoduše vyřešit, pokud bychom netrvali na výhodách plynoucích z navržené snadné úpravy běžné zásuvky. Jestliže by byl totiž nutný zásah do zdi (interiéru) a muselo by tak dojít k pozastavení provozu na pracovištích, kde by mohl být vyžadován nepřetržitý, nerušený a klidný provoz, postrádalo by toto navržené řešení úpravy zásuvky v liště smysl. Stejně tak při návrhu nových budov by tato úprava zásuvky nebyla příliš efektivní, jelikož je jednodušší navrhnout projekt s již instalovanými lištami, ve kterých jsou již namontované hotové optické (i kombinované) zásuvky. Výhodou řešení dodatečné úpravy zásuvky je však mimo jiné i nízká cena samotné úpravy běžné zásuvky. To znamená, že u větších objektů, kde by bylo potřeba mnoho zásuvek, by se stále v některých případech vyplatilo investovat do běžných zásuvek, které by byly následně upraveny než investovat do již hotových zásuvek bez nutnosti dalších úprav.

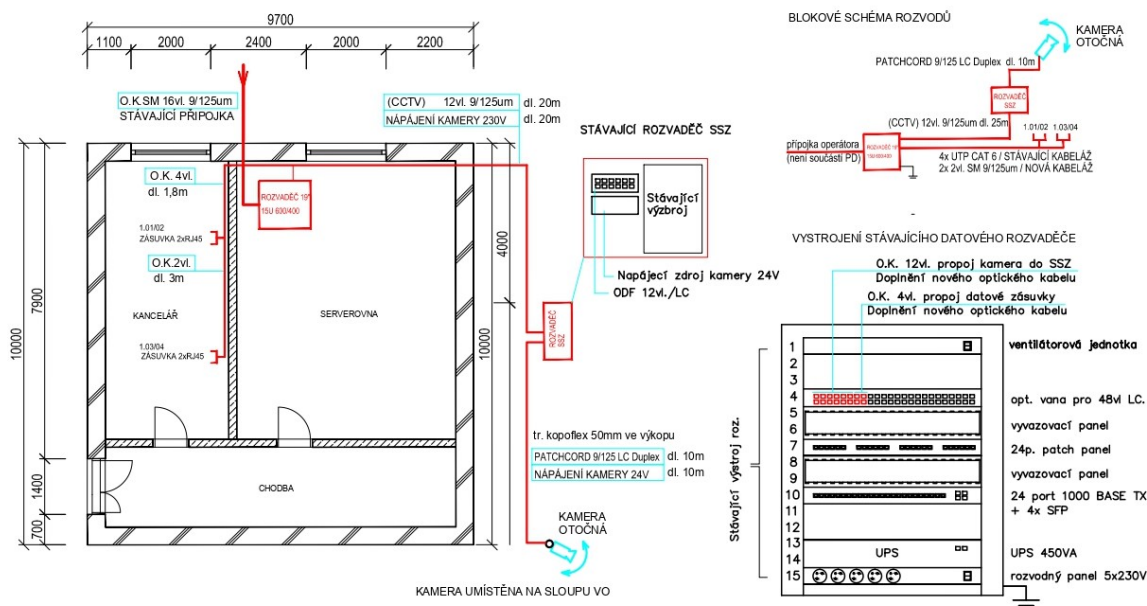
6 VNĚJŠÍ ŘEŠENÍ KAMEROVÉHO ZABEZPEČENÍ

Výše byla popsána realizace vnitřního řešení spolu s jeho výhodami a nevýhodami, úpravou běžné zásuvky včetně měření atd. Vzhledem k tomu, že má vnější řešení totožné kabelové rozvody v serverovně i kanceláři s využitím stejné bezpečné topologie bod – bod jako u vnitřního řešení, nejsou v této kapitole znovu uvedeny. Proto jsou dále popsány jen rozdílné věci, které se od vnitřního řešení liší. Jedná se o rozdíl v bezpečnostním kamerovém systému, kde je u vnějšího řešení umístěna kamera v prostoru SSZ, a ne uvnitř budovy jako u vnitřního řešení. Níže je popsán návrh této realizace včetně nákladů na realizaci.

Projekt řeší bezpečnostní kamerový systém a zabývá se optickou sítí s topologií P–P připojením otočné kamery ze stávajícího rozvaděče na SSZ. Tato topologie je řešena z důvodu bezpečnosti, ale také kvůli vzdálenosti, jelikož je zde uvažován rozvod sítě na větší vzdálenost.



Obr. 37 Návrh kamerového zabezpečení v prostoru SSZ



Obr. 38 Návrh vnějšího řešení

6.1 Návrh řešení

Druhá část projektu popisuje připojení v kancelářských i pozemních rozvodech. V projektu viz příloha P II vede druhým směrem 12 vláken z 16 vláknového SM 9/125 μm optického kabelu v délce 20 metrů v rámci kamerového systému (CCTV) do stávajícího rozvaděče SSZ, ODF pro 12 vláken/LC a stávající výstrojí. Ze stávajícího rozvaděče SSZ viz Obr. 37 vede ve výkopu 50 mm KOPOFLEX chránička kabelu, patchcord z portu a napájení kamery 24 V v délce 10 metrů na otočnou kameru umístěnou na sloupu veřejného osvětlení (VO). Tato otočná kamera využívá dvě vlákna nové optické kabeláže, která je součástí PD, které slouží k bezpečnému přenosu dat.

6.2 Náklady na realizaci

Podrobný rozpočet nákladů (dodávky a montáže) pro vnější řešení doplnění optických rozvodů do zásuvek a kamerový systém je uveden v Tab. 4 a 5, které znázorňují rozpočty pro realizaci strukturované kabeláže a kamerového systému.

Tab. 4 Rozpočet strukturované kabeláže

| Položka | Popis položky | Materiál | | | | Montáž | |
|-----------------------|---|----------|------|---------|--------|---------|---------------|
| | | množ. | m.j. | j. cena | celkem | j. cena | celkem |
| Komponenty | Modul 2x LC adaptér | 2 | ks | 180 | 360 | 25 | 50 |
| | Pigtail 9/1125um | 4 | ks | 150 | 600 | 78 | 312 |
| Kabely | Optický kabel vnitřní 4 vl. 9/125um | 12 | m | 13 | 156 | 12 | 144 |
| | Optický patchcord LC/LC 2 m | 2 | ks | 245 | 490 | 0 | 0 |
| Kabelové trasy | Demontáž a montáž víka parapetního žlabu | 5 | hod | 0 | 0 | 240 | 1 200 |
| | Měření reflektometrem | 4 | ks | 0 | 0 | 120 | 480 |
| | Optický svár | 8 | ks | 0 | 0 | 480 | 3 840 |
| | Tuhá trubka PVC 25 | 236 | m | 22 | 5 192 | 48 | 11 328 |
| | Trubka 2323 PVC pod omítkou vč. zapravení | 168 | m | 8 | 1 344 | 36 | 6 048 |
| | Pomocné práce | 2 | hod | 0 | 0 | 180 | 360 |
| SOUČET BEZ DPH | | | | | | | 23 762 |
| SOUČET S DPH | | | | | | | 28 752 |

Tab. 5 Rozpočet kamerového systému

| Položka | Popis položky | Materiál | | | | Montáž | |
|-----------------------|--|----------|------|---------|--------|----------------|---------------|
| | | množ. | m.j. | j. cena | celkem | j. cena | celkem |
| <i>Kamera otočná</i> | | | | | | | |
| Komponenty | AXIS Q8685-E 2MPixel | 1 | ks | 88 895 | 88 895 | 10 000 | 10 000 |
| | Držák kamery v prostoru SSZ | 1 | ks | 1 500 | 1 500 | 680 | 680 |
| | Napájecí zdroj | 1 | ks | 1 500 | 1 500 | 300 | 300 |
| Kabely | UTP Patch Cords RJ45/RJ 45 10m kat 6 | 1 | ks | 20 | 20 | 0 | 0 |
| | UTP Patch Cords RJ45/RJ 45 1m kat 6 A | 1 | ks | 20 | 20 | 0 | 0 |
| | CYKY 3x1,5 | 10 | m | 16 | 160 | 12 | 120 |
| Kabelové trasy | Zemní výkop 35/80 | 6 | m | 0 | 0 | 360 | 2 160 |
| | Zához výkopu 35/80 | 6 | m | 0 | 0 | 85 | 510 |
| | Bezpečnostní fólie š. 20 cm | 6 | m | 0 | 0 | 25 | 150 |
| | Kabelová chránička Kopoflex 50 | 8 | m | 115 | 920 | 25 | 200 |
| | Trubka HD-PE 40/32 | 8 | m | 24 | 192 | 36 | 288 |
| | Oživení a nastavení kamerového systému | 2 | hod | 0 | 0 | 480 | 960 |
| | Pomocné práce | 2 | hod | 0 | 0 | 480 | 960 |
| | Revize | 1 | ks. | 0 | 0 | 1 200 | 1 200 |
| SOUČET BEZ DPH | | | | | | 93 207 | 17 528 |
| SOUČET S DPH | | | | | | 112 780 | 21 208 |

Z toho důvodu, že se jedná o P–P řešení, bylo nutno vybrat kamery s optickým portem. Použito bylo napájení s napájecím zdrojem, jelikož v P–P řešení není switch, kterým bývá běžně kamera napájena technologií PoE (Power over Ethernet).

Na projekt venkovní kamery umístěné na SSZ byla vybrána velmi kvalitní otočná kamera AXIS Q8685-E viz *Obr. 39*.



Obr. 39 Otočná kamera AXIS Q8685-E [32]

Z výše uvedených tabulek lze vidět, že celé vnější řešení vychází přibližně na 173 tisíc Kč s DPH, z toho strukturovaná kabeláž (doplnění optických rozvodů do zásuvek) vychází cenově stejně jako vnitřní řešení, jelikož je stejné, tj. cca 39 tisíc Kč s DPH a kamerový systém vychází konkrétně u tohoto vnějšího řešení levněji než u předchozího vnitřního řešení, a to na cca 134 tisíc Kč s DPH. Jednotlivé položky včetně jejich detailního popisu a přesných cen viz rozpočtová část výše. Veškeré ceny jsou z prosince roku 2021 a jsou uvedeny v českých korunách.

7 ALTERNATIVY A POROVNÁNÍ RŮZNÝCH ŘEŠENÍ

Existuje více možných řešení, která jsou popsána níže. Žádné řešení se však s ohledem na bezpečnost informací nevyrovná optickému řešení, které je, co se týče úniku informací nejbezpečnější, protože je považováno za velmi obtížně odposlechnutelné. U metalického přenosu je možný odposlech, je to sice bezpečnější metoda než metoda bezdrátová, ale stále má jistá rizika. Bezdrátová komunikace je nejméně bezpečná, jelikož se většinou jedná o nešifrovaný přenos a může ji tak odposlechnout kdokoliv, kdo je v dosahu signálu.

Požadovaný upgrade zásuvky by byl dále proveden z toho důvodu, že metalická síť není tak rychlá na požadovanou vzdálenost jako výše uvedený optický přenos. Optická síť je popsána i v projektu vnitřního řešení, kde by bylo možné uvažovat i metalickou síť, kdyby nebylo uvažováno o možném budoucím připojení úložiště. V dnešní době je využívaná přenosová rychlost úložišť až 16 Gbit/s, čehož není možné dosáhnout přes metalickou síť.

Z hlediska bezpečnosti přenosu dat je stále optická síť jedna z nejbezpečnějších. Je to síť bezpečná nejen z hlediska odposlechu, ale i z důvodu povětrnostních vlivů. U této sítě se jedná o datový přenos na zabezpečených skleněných vláknech, zatímco u metalické sítě se jedná o kovový kabel. Proto by mohl nastat u metalické sítě vnější problém, kdy by mohl do kabelu uhodit blesk a všechna zařízení po trase by byla náhle zničena (vyřazena z provozu), což se u optického kabelu nestane, protože optická vlákna nejsou elektricky vodivá, a tedy by nevedly blesk.

7.1 Možné alternativy

V praxi existují kromě optického řešení ještě další možná řešení dané problematiky, např. bezdrátové či metalické řešení atd. Tato řešení jsou porovnána s ohledem na různé možnosti použití a jsou také popsány výhody a nevýhody konkrétních řešení.

7.1.1 Bezdrátové řešení

Bezdrátové řešení lze jednoduše popsat, protože má výrobcem dané parametry jako je například maximální přenosová rychlost. Na rozdíl od bezdrátového řešení, u použitého optického řešení, je zaručena vyšší přenosová rychlost a odezva. U vnějšího řešení v projektu zobrazeného v příloze nelze použít bezdrátové řešení, jelikož se v tomto případě jedná o větší vzdálenost, než je bezdrátová technologie schopna přenést. Teoreticky by bylo možné

bezdrátovou technologii použít u vnitřního řešení v projektu zobrazeného v projektu s vnitřním řešením, kde je v rámci budovy možnost přenosu videa z kamery (do cca 2 km), ale ani v tomto projektu toto řešení není uvažováno právě s ohledem na bezpečnost informací, která by v tomto případě byla u tohoto řešení nedostačující. Bezpečnost informací je zásadní např. v armádě, speciálních jednotkách a IZS (integrovaném záchranném systému). U bezdrátového řešení by mohl snadno nastat problém při venkovních nepříznivých povětrnostních podmínkách např. při dešti, popřípadě sněžení, kdy by mohla velmi klesat přenosová rychlost. Přenosová rychlost bezdrátového řešení závisí na dosahu vzdálenosti. To znamená, že například pro načtení webových stránek je ještě přenosová rychlost dostačující, ale na potřebné načtení obrazu z kamery už je tato rychlost nedostačující. Neřešitelný problém bývá v tom, že se vzrůstající vzdáleností klesá rychlost, což je navíc zjevné při připojení více klientů. Toto řešení je možné využít v krajní nouzi, ale je vhodnější se mu vyhnout, jelikož musí být při zapojení P–P připojení dodržena vzdálenost vysílače a přijímače maximálně do 600 metrů.

7.1.2 Porovnání optické sítě s metalickou sítí

Porovnání rozvodů metalickými a optickými kabely bylo rozebráno pro řešení uvnitř budovy, kde je řešen kamerový systém uvnitř budovy. Venkovní řešení není uvažováno, jelikož je zde řešena vzdálenost, které není možné dosáhnout metalickou sítí.

Optické řešení je zde řešeno především kvůli bezpečnosti, přičemž dále je optické řešení uvažováno kvůli vzdálenosti, aby bylo možné propojení ze serverovny patchcordem přímo s kamerou. Stačí vložit pouze propojka, zásuvka a vzniká tak propoj kamery, která je i 100 km daleko, což je případ projektu venkovního řešení kamery na SSZ viz příloha projektu s vnějším řešením. Dále je řešen projekt vnitřní části budovy viz příloha, kde by sice ve standardním případě mohla stačit na propojení pouze metalická síť, kdyby ovšem nebyla uvažována topologie P–P. Z důvodu bezpečnosti by tedy metalická síť nebyla zcela ideálním řešením. Navíc díky optické síti je i prostor pro budoucí vývoj (upgrade). Zásuvka je koncipována na SM na možné budoucí propojení s dalším SM OK (nelze kombinovat SM a MM). V tento moment by to bylo sice na kratší vzdálenost dražší řešení po optické síti než po metalické, nicméně do budoucna by to bylo ideálním řešením hlavně kvůli rychlosti. Bude tak možnost snadné výměny kamery např. z 1 MPx rozlišení na lepší vyšší rozlišení 20 MPx. Tím pádem by vzrostl datový tok a kamera by po metalické síti už nedosahovala

požadované rychlosti na danou vzdálenost, to znamená, že by nestíhala přenos dat. Zatímco optická síť by tuto rychlost bez problému pojala, jelikož je vždy rychlejší.

Metalická síť není uvažována ani z důvodu možného připojení SAN (Storage Area Network) úložiště, což je vyhrazená datová síť oddělená od LAN (Local Area Network), VLAN (Virtual Local Area Network) atd., která slouží pro připojení externích zařízení jako jsou disková pole, páskové knihovny, zálohovací zařízení atd. k serverům. Vznikla kvůli narůstajícím potřebám zabezpečení a sjednocení dat.

Většina úložišť používá FCP (Fibre Channel Protocol), který s SCSI (Small Computer System Interface), což je PC rozhraní využívané především pro vysokorychlostní přenosy, mapuje nosné medium. Za nosné medium je nejběžněji použit OK. FCP využívá těchto přenosových rychlostí: 1, 2, 4, 8, 10 a 16 Gbit/s. Přenosovou rychlost 16 Gbit/s však není možné využít přes metalickou síť. Úložiště není zahrnuto v projektech, ale dá se zvažovat jako budoucí rozšíření projektu. Žádná metalická síť není schopna přenést data v lokálním řešení při takových rychlostech (dané kapacitě) uvnitř budovy jako síť optická. Je proto potřeba vybudovat optickou zásuvku (a rozvaděč atd.), aby byla možnost přenosu dat danou rychlostí. Pokud by bylo bráno v potaz úložiště, které by potřebovalo ukládat 16 Gbit/s dat kontinuálně, bylo by potřeba propojení 2 sítí: LAN a SAN kvůli rychlosti a krátkým latencím. Bylo by tedy možné uvažovat ještě třetí řešení v budoucím projektu, kde by bylo místo kamery umístěno úložiště a switch SAN, kde by došlo k výměně SM OK za MM OK.

ZÁVĚR

Cílem práce byla inovace stávající pasivní datové infrastruktury založené na optických rozvodech v praxi pomocí finančně a časově nenáročné úpravy běžné datové zásuvky, která je rozšířena o optickou část. Byly navrženy a popsány dvě modelové realizace i trojrozměrný model pro lepší orientaci a názornost. První modelové řešení se týkalo vnitřního kabelového vedení, které bylo vedeno v panelovém kanále uvnitř projektovaného komerčního objektu a druhé řešení bylo zaměřeno na venkovní pozemní optické rozvody.

Obě realizace se zabývaly také kamerovým bezpečnostním řešením a byla k nim vypracovaná rozpočtová část, příslušná fotodokumentace z praxe a technická zpráva, kde jsou popsány mimo jiné povinnosti dodavatele a bezpečnost práce. U prvního modelového řešení byl popsán vnitřní zabezpečovací systém s připojením do lokální sítě, kde byla umístěna stacionární kamera uvnitř budovy. Druhé modelové řešení je zaměřeno na vnější kamerový systém. Venkovní otočná kamera je umístěna v prostoru světelně signalizačního zařízení, kde je monitorována situace dopravních prostředků a chodců v místě přechodu.

U obou případů je využito upravené zásuvky s topologií bod – bod z důvodu bezpečného přenosu dat, jelikož je známo, že optický přenos není snadno odposlechnutelný na rozdíl od přenosu metalického či bezdrátového. Pro obě řešení byla nejdříve provedena snadná demontáž běžné stávající datové zásuvky. Poté došlo ke spojení vláken pomocí svářečky optických vláken a následovala časově nenáročná finální montáž zásuvky. Postup úpravy a kompletace zásuvky byl realizován a zdokumentován autorkou práce na příloženém CD.

Navržené řešení inovace zásuvky je velmi výhodné, jelikož vychází levněji než hotová originální zásuvka. To znamená, že při větší potřebě zásuvek je pak velký finanční rozdíl, protože jedna vyrobená zásuvka vychází přibližně na 100 Kč oproti přímo koupené originální již hotové zásuvce, která vychází draž, a to cca na 600 Kč. Ceny jsou pouze orientační, platné pro rok vydané diplomové práce (2022) a liší se dle konkrétního výrobce, aktuální nabídky a poptávky dané doby. U tohoto řešení lze navíc využít stávajících rozvodů a není tak potřeba zasahovat do vzhledu interiéru i ve vytížených prostorech.

K realizaci navržených projektů včetně úpravy zásuvky bylo potřeba několika přístrojů, které byly zapůjčeny, popsány i prakticky použity v praxi. Především pro zhotovení úpravy zásuvky svařením optických vláken bylo nutno zapůjčit finančně nákladnou svářečku optických vláken včetně lámačky optických vláken a další potřebné příslušenství. Funkčnost

svařených vláken byla zkontrolována reflektometrem, kterým byla jednotlivá optická vlákna změřena a výsledné měřicí protokoly byly doloženy v přílohové části práce.

Výsledkem práce je tedy efektivní, snadné, finančně a časově nenáročné rozšíření stávající metalické sítě o optickou část. Navrhnuté realizace vychází celkově se strukturovanou kabeláží a kamerovým bezpečnostním systémem cca na 200 tisíc Kč. To se může zdát jako vysoká částka, nicméně navrhnuté řešení jsou mnohem bezpečnější a modernější, připravená na budoucí snadnou výměnu původních projektovaných kamer za kvalitnější a novější modely, což by mohlo být námětem pro budoucí rozšíření práce a využití obou řešení v praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Citáty slavných osobností. *Sbírka citátů, myšlenek a aforismů*. [Online] <https://citaty.net/autori/dalajlama/?page=2>.
- [2] Sterlite Technologies. *Integrátor digitálních sítí*. [Online] 2017. https://www.stl.tech/optical-interconnect-products/optical-fibre-cable/pdf/Underground_Installation_of_Optic_Fiber_Cable_Placing-_New-_Final.pdf.
- [3] Code Creator, s.r.o. *Cloudová platforma pro interaktivní multimediální materiály*. [Online] <https://publi.cz/books/185/08.html>.
- [4] Alternetivo s.r.o. *Specializovaný distributor v oblasti síťových technologií a telekomunikací*. [Online] 1996. https://www.alternetivo.cz/default.asp?inc=inc/info/b2btechn_info_zafukovani.htm.
- [5] Časopis ElektroPrůmysl.cz. *Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky*. [Online] <https://www.elektroprumysl.cz/kabely-vodice-a-konektory/instalace-optickych-kabelu-ve-venkovnich-sitich>. ISSN 2571-0761.
- [6] Zelinková, Vlasta. *Diplomová práce*. Brno : FEKT VUT v Brně, 2012. Optické kabeláže - srovnání.
- [7] Lancomat s.r.o. *Velkoobchod materiálem a komponenty pro instalaci počítačových sítí*. [Online] 2007. <https://www.lancomat.cz/ac681260-kotva-pro-opticke-kabely-6-9mm-p11919/#gallery>.
- [8] N. L. Christian, L. K. Passauer. *Fiber Optic Component Design, Fabrication, Testing, Operation, Reliability, and Maintainability*. New Jersey : Noyes Data Corporation, 1989. str. 434. ISBN 9781591240556.
- [9] TIÚ – PLAST a.s. *Výrobce plastových produktů*. [Online] 2019. https://www.tiu.cz/images/kestazeni/TIU-PLAST_Specif-HDPE_DUCTS__2019.pdf.
- [10] Superior Essex. *Superior Essex International LP Terms and Conditions of Sale for Communications and Energy Cable, Wire and Connectivity Products*. [Online] 6 2016. <https://studylib.net/doc/18860054/ansi-tia-eia-598-b-standard-colors>.
- [11] Belden. *Leader in the design and manufacturing of insulated wire, cable and related products*. [Online] 2014. https://beldencables-emea.com/en/products/cable_basics/fiber-optic-cable/index.phtml.

- [12] FS.COM Inc. *Společnost poskytující řešení a služby vysokorychlostní komunikační sítě pro průmyslová odvětví*. [Online] 2021. <https://community.fs.com/blog/what-is-fiber-optic-pigtail.html>.
- [13] FOCC TECHNOLOGY CO., LTD. *Hi-tech podnik specializující se na výzkum a vývoj, výrobní marketing a řešení služby ICT síťové infrastruktury*. [Online] <http://cz.opticalpatchcable.com/news/8-types-most-common-fiber-optic-lc-connector-i-21194785.html>.
- [14] Ma-Fia s.r.o. *Specializovaný velkoobchod s materiálem pro výstavbu datových sítí*. [Online] 2008. <https://www.ma-fia.cz/opticke-site/adaptery-spojky/>.
- [15] FS.COM Inc. *Společnost poskytující řešení a služby vysokorychlostní komunikační sítě pro průmyslová odvětví*. [Online] 2021. <https://community.fs.com/blog/basic-of-optical-distribution-frame-odf.html>.
- [16] FS.COM Inc. *Společnost poskytující řešení a služby vysokorychlostní komunikační sítě pro průmyslová odvětví*. [Online] 2021. <https://community.fs.com/blog/what-exactly-are-fiber-patch-cables.html>.
- [17] NAI Group, LLC. *Integrovaná řešení konektivity pro průmyslová technologie, lékařství, telekomunikace a datový průmysl*. [Online] <https://www.nai-group.com/patch-cable-definition-types-uses/>.
- [18] FS.COM Inc. *Společnost poskytující řešení a služby vysokorychlostní komunikační sítě pro průmyslová odvětví*. [Online] 2018. <https://community.fs.com/blog/what-is-an-optical-module.html>.
- [19] Code Creator, s.r.o. *Cloudová platforma pro interaktivní multimediální materiály*. [Online] <https://publi.cz/books/185/14.html>.
- [20] PROFiber Networking CZ s.r.o. *Poradce a poskytovatel servisních, poradenských, kalibračních a měřicích služeb*. [Online] Praha, 2007. [Citace: 1. 10 2021.] Dostupné z: <https://www.profiber.eu/cz/prislusenstvi/predradna-vlakna-a-merici-filtry/profiber-predradne-vlakno-om1-psb-d-200/>.
- [21] OFA s.r.o. *Inovace optických sítí*. [Online] 2021. https://www.ofacom.cz/catalogs/253_1_2_18-r-01-plastova-zemni-kabelova-komora-radbox.pdf.

- [22] Plšková, Andrea. *Využití kamerových systémů v IZS ČR*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010.
- [23] <https://www.czc.cz/>. *Internetový obchod s počítači a elektronikou*. [Online] https://www.czc.cz/hilook-thc-b340-vf_2/323184/produkt?srsId=AWLEVJwl2ghEW06-1Njn6SjLiyQnGhulQgX2SWfhgvcjphOfnban-4FVDU.
- [24] <https://www.bayalarm.com/>. *Bezpečnostní kamerové systémy*. [Online] <https://www.bayalarm.com/commercial/security-cameras-commercial/what-are-ip-cameras-and-how-do-they-work/#>.
- [25] <https://www.alza.cz/>. *Internetový obchod*. [Online] <https://www.alza.cz/vnitri-ip-kamery/18853677.htm>.
- [26] BScom s.r.o. *Velkoobchodní prodej a servis výpočetní techniky, mobilních telefonů, pokladních systémů, zabezpečovací techniky a také domácí elektroniky*. [Online] 2003. https://www.bscom.cz/rozvadec-19-rack-jednodilny-15u-7109_d42333/#gallery.
- [27] Blog LabCisco. *Počítačové sítě a telekomunikace*. [Online] 2014. <http://labcisco.blogspot.com/2014/09/medida-padrao-de-racks-e-equipamentos.html>.
- [28] Elektromaterial.cz. *Internetový prodej elektromateriálu a osvětlení pro domovní i průmyslovou elektroinstalaci*. . [Online] <https://www.elektromaterial.cz/datove-zasuvky-tango>.
- [29] IPMEDIA s.r.o. *Distributor síťových technologií*. [Online] Chomutov. [Citace: 5. 10 2021.] <https://www.ipmedia.cz/img.asp?attid=30086>.
- [30] IPMEDIA s.r.o. *Distributor síťových technologií*. [Online] <https://www.ipmedia.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=5871>.
- [31] SeikoFire Technology. *Návrh, výroba a prodej testovacích přístrojů*. [Online] https://www.seikofire.com/original-japan-ct50-bluetooth-optical-fiber-cleaver_p67.html.
- [32] JDS Uniphase Corporation. *Návrh a výroba produktů pro optické komunikační sítě*. [Online] <https://www.c3comunicaciones.es/Fichas/FFL050-100.pdf>.
- [33] NETWORK GROUP, s.r.o. *Distribuce datových kabelů, osazování desek plošných spojů a vývoj a výroba opto-vláknových sensorů*. [Online] https://www.nwg.cz/Zapujcky-mericich-pristroju-_pd9431409_10306.aspx.

- [34] PROFiber Networking CZ s.r.o. *Distributor, dodavatel, poradce a poskytovatel servisních, poradenských, kalibračních a měřicích služeb.* [Online] 2007. <https://www.profiber.eu/cz/prislusenstvi/predradna-vlakna-a-merici-filtry/fiberlaunch-predradne-vlakno-s-navijecimi-pigtaily/>.
- [35] Axis Communications AB. *Systémy kamerového dohledu, řízení přístupu, interkomy a audiosystémy.* [Online] <https://www.axis.com/dam/public/a1/40/51/datasheet-axis-q1659-network-camera-en-US-353674.pdf>.
- [36] Axis Communications AB. *Systémy kamerového dohledu, řízení přístupu, interkomy a audiosystémy.* [Online] <https://www.axis.com/dam/public/d3/8b/8c/datasheet-axis-q8685%E2%80%93e-ptz-network-camera-en-US-359693.pdf>.
- [37] Rajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarajan and Galen H. Sasaki. *Optical Networks.* Amsterdam : Elsevier, 2010. ISBN 978-0-12-374092-2.
- [38] Pal, Bishnu P. *Guided Wave Optical Components and Devices – Basics, Technology, and Applications.* Amsterdam : Elsevier, 2006. ISBN 978-0120884810.
- [39] J. Dunlop, D. G. Smith. *Telecommunications Engineering.* Routledge : Taylor & Francis Group, 1984. str. 593. ISBN 9780203737309.
- [40] MEASURES, Raymond M. *Structural monitoring with fiber optic technology.* San Diego : Academic, 2001. str. 716. ISBN 9780080518046.
- [41] Crawford, Dwayne. Belden. *Leader in the design and manufacturing of insulated wire, cable and related products.* [Online] 2014. <https://www.belden.com/blogs/upc-or-apc>.
- [42] CSE Industrial Electrical Distributors Ltd. *Distributor ABB, Danfoss atd.* [Online] 2016. <https://www.cse-distributors.co.uk/cable/fibre-optic-cable/loose-tube-fibre-optic-cable.html>.
- [43] Alternetivo s.r.o. *Specializovaný distributor v oblasti síťových technologií a telekomunikací.* [Online] 1996. https://www.alternetivo.cz/opticke-site-pigtaily-konektory-a-prislusenstvi_c2286.html.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|------|---|
| OK | Optický kabel |
| SM | Single mode |
| IZS | Integrovaný záchranný systém |
| MPx | Megapixel |
| MM | Multi mode |
| VO | Veřejné osvětlení |
| PD | Projektová dokumentace |
| P-P | Point to Point (bod – bod) |
| PAS | Profile Alignment System |
| SAN | Storage Area Network |
| LAN | Local Area Network |
| VLAN | Virtual Local Area Network |
| FCP | Fibre Channel Protocol |
| SCSI | Small Computer System Interface |
| VFL | Visual Fault Locator |
| SSZ | Světelné signalizační zařízení |
| OTDR | Optical Time Domain Reflection – nepřímá metoda opt. reflektometrie |
| CCTV | Closed – circuit television – kamerový systém |
| ODF | Optical Distribution Frame – Optický rozváděcí rám |
| GIBS | Generální Inspekce Bezpečnostních Sborů |
| BIS | Bezpečnostní informační služba |
| ÚZSI | Úřad pro zahraniční styky a informace |
| HDPE | High density polyethylene – polyethylen s vysokou hustotou |
| IP | Internet Protocol |

| | |
|------|--|
| FGE | Skleněná epoxidová tyč |
| PES | Polyester |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| NEC | National Electric Code |
| PTFE | Polytetrafluorethylen |
| ETFE | Ethylen-tetrafluoroethylen |
| MDPE | Medium density polyethylene – pěnový polyethylen se střední hustotou |
| LDPE | Low density polyethylene – nízkohustotní polyethylen |
| OS | Optická kabelová spojka |
| LC | Lucent Connector |
| PoE | Power over Ethernet |
| NN | Nízké napětí |
| GDPR | Obecné nařízení o ochraně osobních údajů |
| NVR | Network Video Recorder – síťová nahrávací zařízení |
| USB | Universal Serial Bus – univerzální sériová sběrnice |
| DVR | Digital Video Recorder – elektronická zaznamenávací zařízení |
| LED | Light-Emitting Diode – elektroluminiscenční dioda |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| <i>Obr. 1 Přenosný otočný naviják a speciální vůz pro zafukování a zatahování</i> | 6 |
| <i>Obr. 2 Kotva pro optické kabely [7]</i> | 8 |
| <i>Obr. 3 Průřez optickým kabelem [11]</i> | 9 |
| <i>Obr. 4 HDPE sekundární ochrany kabelů</i> | 13 |
| <i>Obr. 5 Vnitřní pohled do SM optického kabelu</i> | 15 |
| <i>Obr. 6 Vnitřní pohled do MM optického kabelu</i> | 16 |
| <i>Obr. 7 LC konektory [13]</i> | 17 |
| <i>Obr. 8 Zabroušení konektorů</i> | 18 |
| <i>Obr. 9 Zpětné ztráty konektorů [13]</i> | 19 |
| <i>Obr. 10 ODF v rozvaděči</i> | 20 |
| <i>Obr. 11 Vícevidové a jednovidový patchcord [16]</i> | 21 |
| <i>Obr. 12 Optické moduly [17]</i> | 22 |
| <i>Obr. 13 Kazety s optickými vlákny v OS</i> | 24 |
| <i>Obr. 14 Optické spojky v romoldu</i> | 25 |
| <i>Obr. 15 OS v kolektoru</i> | 26 |
| <i>Obr. 16 Schéma rozvláknění v optické spojce</i> | 27 |
| <i>Obr. 17 Vnitřní schéma rozvaděče</i> | 27 |
| <i>Obr. 18 Analogová kamera HiLook THC-B340-VF [23]</i> | 28 |
| <i>Obr. 19 IP kamera TP-LINK Tapo C320WS [23]</i> | 29 |
| <i>Obr. 20 Typy vnitřních kamer se záznamem [25]</i> | 30 |
| <i>Obr. 23 Návrh vnitřního řešení</i> | 34 |
| <i>Obr. 24 3D model vnitřního řešení</i> | 36 |
| <i>Obr. 25 Rozvaděč 19“ RACK jednodílný 15U [22]</i> | 37 |
| <i>Obr. 26 Vyobrazení velikosti jednotek v rozvaděči [23]</i> | 37 |
| <i>Obr. 27 Svařená optická vlákna v OS</i> | 38 |
| <i>Obr. 28 Datová zásuvka ABB Tango 5014A–A100 B [24]</i> | 39 |
| <i>Obr. 29 Zásuvka před a po úpravě</i> | 40 |
| <i>Obr. 30 Svářečka optických vláken Fujikura FSM–60 S</i> | 43 |
| <i>Obr. 31 Svářečka optických vláken Fujikura 90S [25]</i> | 44 |
| <i>Obr. 32 Lámačka optických vláken Fujikura CT50 [26]</i> | 44 |
| <i>Obr. 33 Lámačka optických vláken Fujikura CT–30</i> | 45 |
| <i>Obr. 34 Visual Fault Locator FFL-050</i> | 47 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Obr. 35 Visual Fault Locator v praktickém využití</i> | <i>47</i> |
| <i>Obr. 36 Kalibrovaný reflektometr EXFO FTB-1</i> | <i>48</i> |
| <i>Obr. 37 Měření optických vláken metodou OTDR</i> | <i>48</i> |
| <i>Obr. 38 Stacionární kamera AXIS Q1659 [31]</i> | <i>51</i> |
| <i>Obr. 39 Návrh kamerového zabezpečení v prostoru SSZ</i> | <i>53</i> |
| <i>Obr. 40 Návrh vnějšího řešení</i> | <i>54</i> |
| <i>Obr. 41 Otočná kamera AXIS Q8685-E [32]</i> | <i>56</i> |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| <i>Tab. 1 Standardní barevné značení [10]</i> | 14 |
| <i>Tab. 2 Rozpočet strukturované kabeláže</i> | 50 |
| <i>Tab. 3 Rozpočet kamerového systému</i> | 51 |
| <i>Tab. 4 Rozpočet strukturované kabeláže</i> | 55 |
| <i>Tab. 5 Rozpočet kamerového systému</i> | 55 |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: Projekt – vnitřní řešení

Příloha PII: Projekt – vnější řešení

Příloha PIII: Technická zpráva

Příloha PIV: Měřicí protokol – vlákno I

Příloha PV: Měřicí protokol – vlákno II

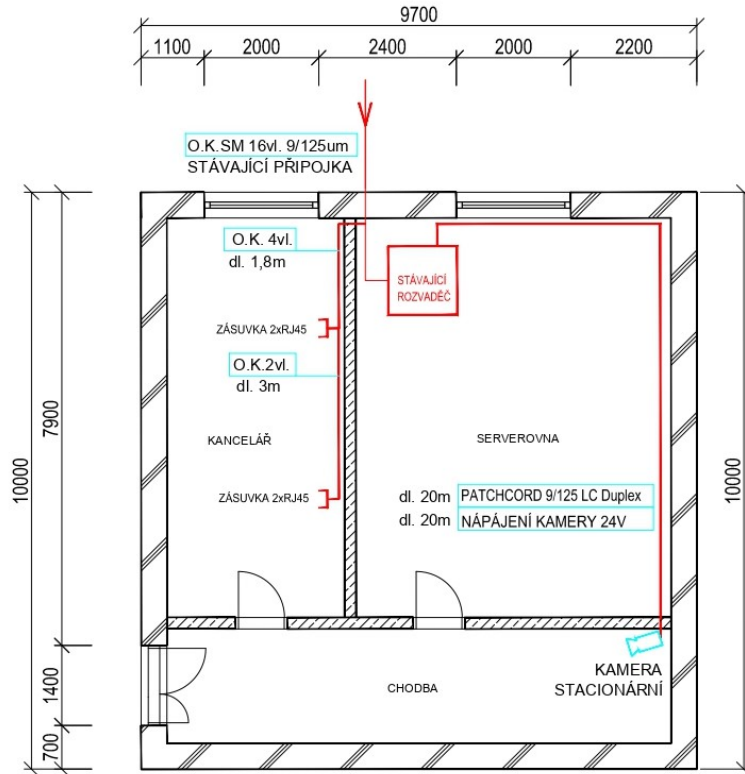
Příloha PVI: Měřicí protokol – vlákno III

Příloha PVII: Měřicí protokol – vlákno IV

Příloha na CD: Elektronická verze diplomové práce

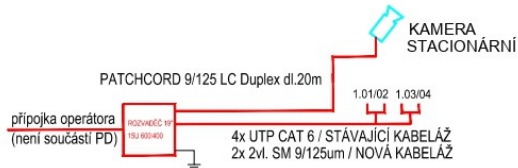
Příloha na CD: Postup úpravy a kompletace zásuvky

PŘÍLOHA P I: PROJEKT – VNITŘNÍ ŘEŠENÍ

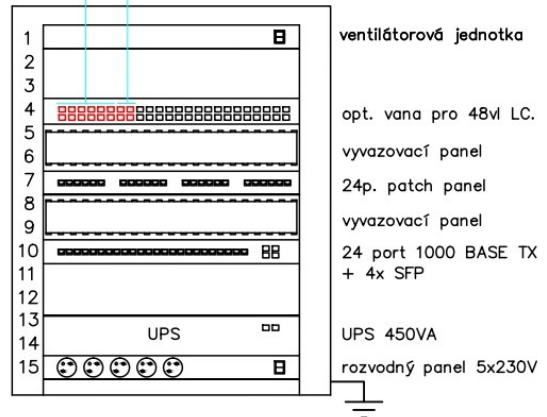


VYSTROJENÍ STÁVAJÍCÍHO DATOVÉHO ROZVADĚČE
 O.K. 12vl. propoj kamera do chodby
 Doplnění nového optického kabelu
 O.K. 4vl. propoj datové zásuvky
 Doplnění nového optického kabelu

BLOKOVÉ SCHÉMA ROZVODŮ



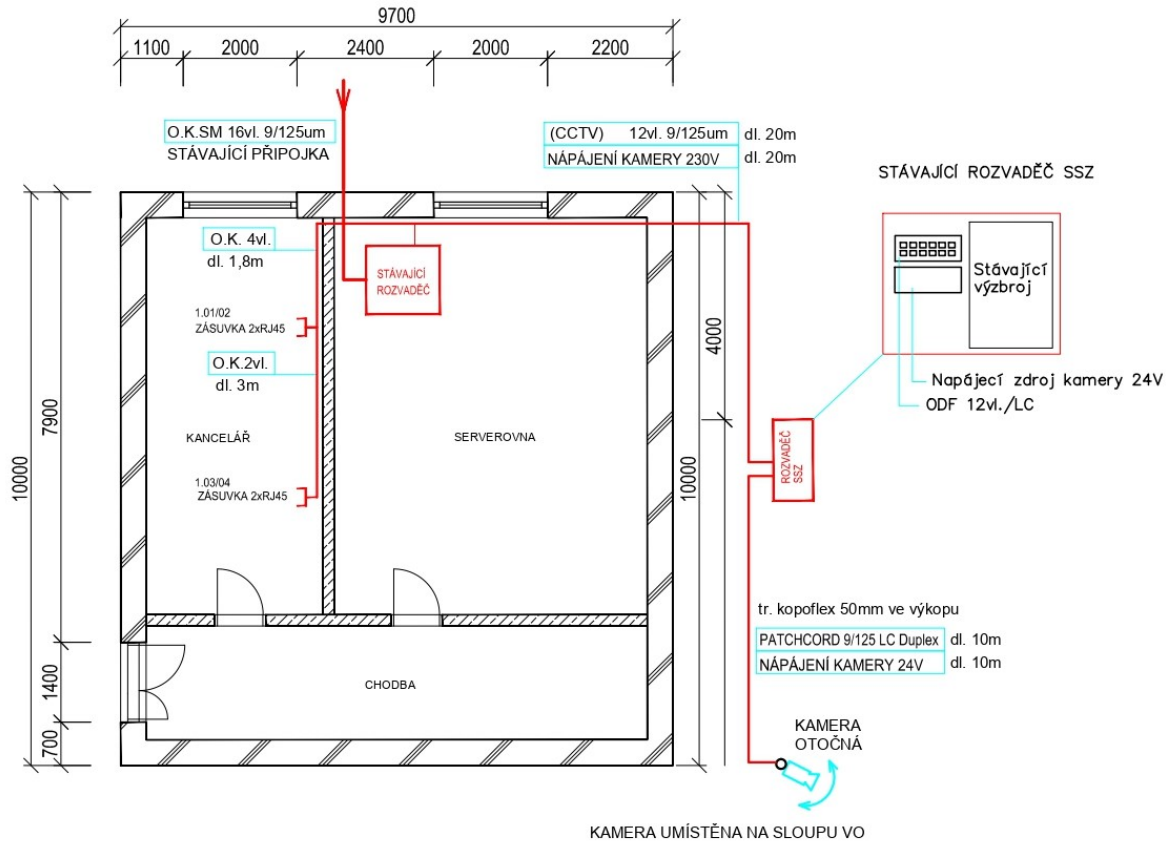
Stávající výstroj roz.



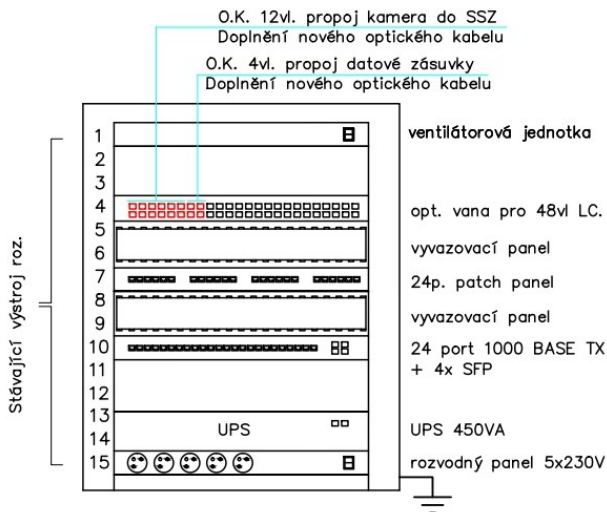
PD PRO REALIZACI STAVBY

| | |
|-----------------------|--|
| Zodpovědný projektant | Vypracoval: |
| Bc. Nikol Krejčová | Bc. Nikol Krejčová |
| Část: | ELEKTROINSTALACE - SLABOPROUDÉ ROZVODY |
| Stavba: | DOPLNĚNÍ DATOVÝCH ROZVODŮ DOPLNĚNÍ BEZPEČNOSTNÍHO KAMEROVÉHO SYSTÉMU - VNĚJŠÍ |

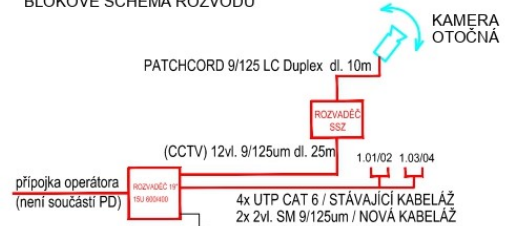
PŘÍLOHA P II: PROJEKT – VNĚJŠÍ ŘEŠENÍ



VYSTROJENÍ STĀVAJÍCÍHO DATOVĚHO ROZVADĚČE



BLOKOVĚ SCHĚMA ROZVODŮ



PD PRO REALIZACI STAVBY

| | |
|---|--|
| ZodpovĚdn ěj projektant | Vypracoval: |
| Bc. Nikol KrejĀovĀ | Bc. Nikol KrejĀovĀ |
| Āst: | ELEKTROINSTALACE - SLABOPROUDĚ ROZVODY |
| Stavba: DOPLĚNĚN Ě DATOVĚCH ROZVODŮ DOPLĚNĚN Ě BEZPEĀNOSTNĪHO KAMEROVĚHO SYSTĚMU - VNĪTRNĪ | |

PŘÍLOHA P III: TECHNICKÁ ZPRÁVA

Úvod

Projekt řeší zabezpečovací systém – připojení do lokální sítě a druhé řešení je systém kamerový – P-P připojení kamery na SSZ.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Ochrana před úrazem el. proudem je v objektu provedena automatickým odpojením od zdroje ve smyslu ČSN 332000-4-41 a doplněná proudovými chrániči, doplňujícím pospojováním nebo doplňkovou izolací. Rozvody NN (nízkého napětí) mají ochranu před úrazem elektrickým proudem automatickým odpojením od zdroje. Základní ochrana je doplněna doplňujícím pospojováním k dosažení vyrovnaní potenciálu ve smyslu ČSN 332000-5-54 ed.3 a ČSN 332000-4-41 ed.3.

Elektrické připojení

Napojení objektu na rozvody NN bude z hlavního rozvaděče NN trafostanice – řeší IO 600 přípojka NN.

Vlastní elektrický rozvod – stávající v budově

Stávající elektrické rozvody jsou navrženy a musí se udržovat ve stavu, který odpovídá platným elektrotechnickým předpisům. Napojení objektů na rozvody NN (nízkého napětí) je v hlavního rozvaděče NN trafostanice, což řeší IO 600 přípojka NN. Stávající elektrický rozvod v budově by měl být proveden dle normy ČSN 332130 ed.3 - Elektrotechnické předpisy – vnitřní el. rozvody, ČSN 332000-4-41 ed.3 - Ochrana před úrazem elektrickým proudem ČSN 332000-1 - El. předpisy, Rozsah platnosti, účel a zákl. hlediska, ČSN EN 12464-1 – Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů a dalších souvisejících norem. Rozvody v budovách jsou uskutečněny kabely v kabelových žlabech.

Zásuvkové obvody

V projektech jsou řešeny zásuvkové obvody. V navrhované kancelářské místnosti jsou osazeny k místům PC celkem dvě zásuvky 230 V/16 A napojeny na jednotlivé obvody dle skutečného zatížení. U vstupu do každé místnosti je pod vypínačem osazena zásuvka 230 V/16 A. Zbývající obyčejné zásuvky jsou barevně odlišené a napojené na stejný okruh, čímž jsou chráněny před přepětím. Zásuvky ve venkovních prostorech SSZ jsou osazeny v krytí IP44. Stupeň krytí přístrojů a instalačního materiálu je stanoven ve smyslu ČSN 33 2000-5-51

ed.3. Všechny zásuvky 230 V/16 A bílé jsou připojeny přes proudové chrániče s vybavovacím proudem 30 mA. Zásuvky 230 V/16 A šedé určeny pro PC a datové rozvaděče nejsou připojeny přes proudové chrániče s vybavovacím proudem 30 mA. Zásuvky v technologické místnosti jsou umístěny 1,2 metry nad podlahou, v kancelářích 0,2 metry nad podlahou.

Rozvaděče

Stávající rozvaděč v technologické místnosti je navržen jako oceloplechový rozvaděč. Rozvaděč obsahuje jistící a ovládací prvky pro jednotlivé obvody příslušných prostorů, proudové chrániče pro zásuvkové obvody a druhý stupeň přepět'ové ochrany. Rozvaděč je dodáván většinou ve standardním bílém provedení.

Závěrečná ustanovení

Před předáním el. rozvodů do provozu musí být dodavatelem předána výchozí zpráva dle ČSN 332000-6. Elektromontážní práce nesmí být prováděny svépomocí. Všechny montážní práce je nutno provést dle platných elektrotechnických předpisů ČSN a použitý materiál musí také splňovat předpisy ČSN. Pro připojení na příslušného operátora, který zajišťuje datové služby je nutné ze strany uživatele podat žádost o připojení (řeší investor). Realizace stávajících rozvodů by měla být v souladu se standardy a pravidly pro navrhování a montáž univerzálních kabelážích systémů dle ISO/IEC 11801, ČSN EN ISO 9001, ČSN EN 50173 a ČSN EN 50174-a, ANSI/EIA/TIA-568-A a draft ANSI/EIA/TIA -568-B. Dále by měla být v souladu s požadavky vyplývajícími z požárně bezpečnostního řešení stavby a souvisejících norem a předpisů, ČSN 34 2300, ČSN 33 2000-4-41ed.2, ČSN 33 2000-5-54, ČSN 33 2000-5-51ed.2 a norem souvisejících. Dále by měly být dodrženy zásady o úpravě rozvodných skříní, označování svorkovnic, křížování a souběhu se silovým vedením dle ČSN 33 2000-5-52 a ČSN 33 0165. Stávající rozvaděč má 19" provedení o velikosti 42U s rozměry 600 x 800 mm a je vybaven modulárním patch panelem pro zásuvky, vyvazovacím panelem, optickým panelem, aktivním prvkem sítě, řídicí jednotkou, rozvodným panelem sítě 230 V a záložním zdrojem UPS. V rozvaděči je i prostorová rezerva sloužící pro ukončení případné další technologie ze strany uživatele. Z tohoto rozvaděče je řešen kabelový rozvod pro každou zásuvku zatažením dvou kabelů FTP (2x dvojzásuvka RJ45). Při návrhu rozvodů se vychází ze stávajících platných norem, a to zejména dle ČSN EN 50173, EN 50174, EN 50167, EN 50168 a ISO IEC 11801. Stávající kabelové rozvody v budově jsou realizovány v PVC kabelových lištách (žlabech) na stěnách a jsou řešeny v souladu s požárním

zabezpečení, které definuje požadavky na kabeláž a její trasy dle požárních úseků. Při realizaci CCTV (kamerového systému) je brán zřetel na stavební dispozici objektu a požadavky investora, při současném zohlednění požadavků ČSN EN 50132-7 na systémy CCTV. Důležité je, aby byl provoz kamer vždy v souladu se zákonem č. 101/2000 Sb. – Zákon o ochraně osobních údajů. Pro možnost monitorování pohybu aut a chodců na SSZ je v místě SSZ naplánována instalace kamerového systému. Objekt SSZ je vybaven plně digitálním IP kamerovým systémem. Kamera je instalována s vysokým rozlišením 20MPx, aby byl vidět kvalitní obraz i za snížené viditelnosti a nepříznivých povětrnostních podmínek. Díky vysokému rozlišení lze rozpoznat i detailní osobu, jelikož lze vidět i obraz obličeje. Napájení kamery a patchcord jsou zakončeny na patch panelu v datovém rozvaděči. Celkem je instalována jedna kamera na chodbě ve vnitřní části budovy a jedna kamera venkovní v prostorách SSZ (každý projekt je řešen a popsán zvlášť). Kamery budou napájeny přes zdrojový adaptér 24 V stejnosměrného nebo střídavého proudu (vybrané kamery pro projektovaná řešení podporují obojí). Oba projekty jsou zpracované v souladu s platnými předpisy ČSN, EN a s předpisy výrobce zařízení. Veškerá projektovaná zařízení musí vyhovovat zákonu č. 22/97 Sb. o technických požadavcích na výrobky a prováděcím předpisům.

Seznam použitých norem

| <u>Číslo normy</u> | <u>Název normy</u> |
|-----------------------|--|
| ČSN 332000–1 ed.2 | El. předpisy, rozsah platnosti, účel a základní hlediska |
| ČSN 332000–4–41 ed.2 | Ochrana před úrazem el. proudem |
| ČSN 332000–4–43 | Ochrana proti nadproudům |
| ČSN 332000–5–523 ed.2 | Přiřazení jisticích prvků |
| ČSN 330165 ed.2 | Značení vodičů barvami anebo číslicemi |
| ČSN EN 50 110–1 ed.2 | Obsluha a práce na el. zařízení |
| ČSN ISO 14617–6 | Grafické značky a schémata |
| ČSN 332130 ed.2 | Elektrotechnické předpisy. Vnitřní elektrické rozvody |
| ČSN EN 62305 ed.2 | Ochrana před bleskem |
| ČSN 33 2000–6 ed.2 | Elektrické instalace nízkého vedení |

PŘÍLOHA P IV: MĚŘICÍ PROTOKOL – VLÁKNO I

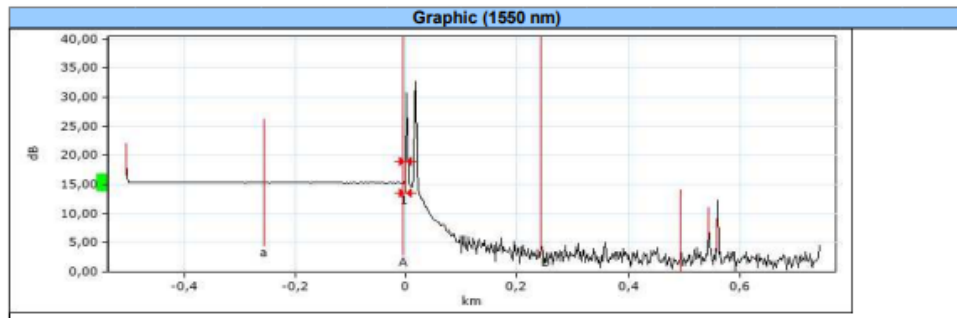
OTDR Report

| Identification Information | | | |
|----------------------------|-------------------|-----------|---|
| Filename: | 1.trc | Cable ID: | |
| Test date: | 02.12.2021 | Fiber ID: | 1 |
| Test time: | 16:21 (GMT+01:00) | Customer: | |
| Job ID: | | Company: | |
| Comments: | | | |

| Location A | Location B |
|------------------------------|-------------------|
| Location: | Location: |
| Operator: | Operator: |
| Unit model: | Unit model: |
| Unit s/n: | Unit s/n: |
| Calibration Date: 22.05.2013 | Calibration Date: |

| Test Parameters (1550 nm) | | | |
|---------------------------|--------|---------------|----|
| Range (km): | 1.2500 | Pulse (ns): | 10 |
| | | Duration (s): | 15 |

| Results (1550 nm) | | | |
|-----------------------|--------|------------------------|--------|
| Span length (km): | 0.0000 | Span loss (dB): | 0.000 |
| Average loss (dB/km): | -- | Avg. splice loss (dB): | -- |
| | | Span ORL (dB): | <23,82 |
| | | Max. splice loss (dB): | -- |



| Event Table (1550 nm) | | | | | | |
|-----------------------|-----|----------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| Type | No. | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflectance (dB) | Attenuation (dB/km) | Cumulative (dB) |
| Launch Level | | -0,5059 | --- | -59,6 | | |
| Section | | 0,5059 | 0,075 | | 0,149 | |
| Reflective | 1 | 0,0000 | --- | -23,6 | | |
| Section | | 0,5430 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5430 | --- | -57,5 | | |
| Section | | 0,0152 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5582 | --- | -50,9 | | |

| Markers Information (1550 nm) | | | Manual Measurements (1550 nm) | |
|-------------------------------|---------------|------------|--------------------------------|--------|
| Marker | Position (km) | Value (dB) | Measurement | Value |
| a | -0.2558 | 15.272 | 4 points event loss (dB) | 12.119 |
| A | -0.0058 | 15.284 | A-B LSA loss (dB) | 15.042 |
| B | 0.2441 | 5.171 | 2 points section att. (dB/km) | 40.461 |
| b | 0.4941 | 6.500 | A-B LSA attenuation (dB/km) | 60.181 |
| B-A | 0.2500 | 10.113 | 3 points reflectance (dB) | ***** |
| | | | 3 points max. reflectance (dB) | -23.6 |
| | | | A-B ORL (dB) | 23.84 |

| Pass/Fail Thresholds (1550 nm) | | |
|--------------------------------|--------|---------|
| Threshold | Fail | Warning |
| Splice loss (dB) | --- | --- |
| Connector loss (dB) | --- | --- |
| Reflectance (dB) | --- | --- |
| Fiber sect. att. (dB/km) | --- | --- |
| Span loss (dB) | 45.000 | 45.000 |
| Span length (km) | --- | --- |
| Span ORL (dB) | --- | --- |

OTDR Report

Identification Information

| | | | |
|------------|-------------------|-----------|---|
| Filename: | 1.trc | Cable ID: | |
| Test date: | 02.12.2021 | Fiber ID: | 1 |
| Test time: | 16:21 (GMT+01:00) | Customer: | |
| Job ID: | | Company: | |
| Comments: | | | |

Location A Location B

| | | | |
|-------------------|----------------|-------------------|--|
| Location: | | Location: | |
| Operator: | | Operator: | |
| Unit model: | FTB-730-23B-EA | Unit model: | |
| Unit s/n: | 708320 | Unit s/n: | |
| Calibration Date: | 22.05.2013 | Calibration Date: | |

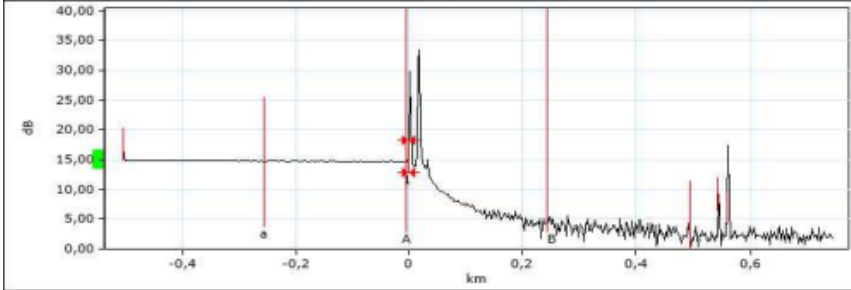
Test Parameters (1310 nm)

| | | | | | |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|
| Range (km): | 1.2500 | Pulse (ns): | 10 | Duration (s): | 15 |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|

Results (1310 nm)

| | | | | | |
|-----------------------|--------|------------------------|-------|------------------------|--------|
| Span length (km): | 0.0000 | Span loss (dB): | 0.000 | Span ORL (dB): | <19,02 |
| Average loss (dB/km): | --- | Avg. splice loss (dB): | --- | Max. splice loss (dB): | --- |

Graphic (1310 nm)



Event Table (1310 nm)

| Type | No. | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflectance (dB) | Attenuation (dB/km) | Cumulative (dB) |
|--------------|-----|----------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| Launch Level | | -0,5059 | --- | -61,7 | | |
| Section | | 0,5059 | 0,159 | | 0,315 | |
| Reflective | 1 | 0,0000 | --- | -20,4 | | |
| Section | | 0,5428 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5428 | --- | -51,7 | | |
| Section | | 0,0157 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5585 | --- | -38,3 | | |

Markers Information (1310 nm) Manual Measurements (1310 nm)

| Marker | Position (km) | Value (dB) | Measurement | Value |
|--------|---------------|------------|--------------------------------|--------|
| a | -0.2558 | 14.740 | 4 points event loss (dB) | 10.425 |
| A | -0.0058 | 14.676 | A-B LSA loss (dB) | 13.953 |
| B | 0.2441 | 2.859 | 2 points section att. (dB/km) | 47.277 |
| b | 0.4941 | 0.000 | A-B LSA attenuation (dB/km) | 55.825 |
| B-A | 0.2499 | 11.816 | 3 points reflectance (dB) | ***** |
| | | | 3 points max. reflectance (dB) | -20.4 |
| | | | A-B ORL (dB) | 19.01 |

Pass/Fail Thresholds (1310 nm)

| Threshold | Fail | Warning |
|--------------------------|--------|---------|
| Splice loss (dB) | --- | --- |
| Connector loss (dB) | --- | --- |
| Reflectance (dB) | --- | --- |
| Fiber sect. att. (dB/km) | --- | --- |
| Span loss (dB) | 45.000 | 45.000 |
| Span length (km) | --- | --- |
| Span ORL (dB) | --- | --- |

PŘÍLOHA P V: MĚŘICÍ PROTOKOL – VLÁKNO II

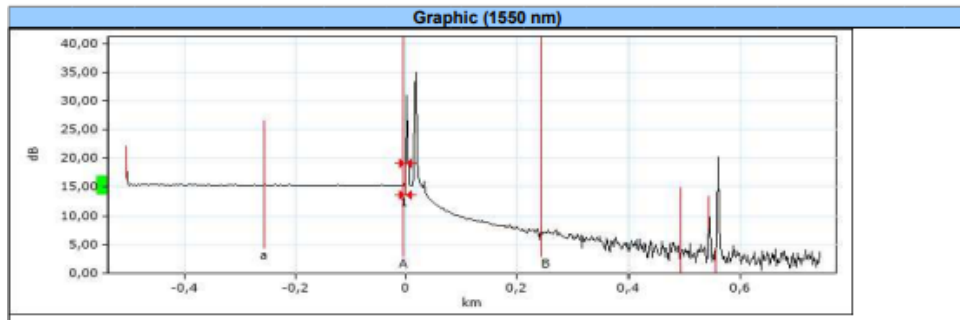
OTDR Report

| Identification Information | | | |
|----------------------------|-------------------|-----------|---|
| Filename: | 2.trc | Cable ID: | |
| Test date: | 02.12.2021 | Fiber ID: | 2 |
| Test time: | 16:22 (GMT+01:00) | Customer: | |
| Job ID: | | Company: | |
| Comments: | | | |

| Location A | Location B |
|------------------------------|-------------------|
| Location: | Location: |
| Operator: | Operator: |
| Unit model: FTB-730-23B-EA | Unit model: |
| Unit s/n: 708320 | Unit s/n: |
| Calibration Date: 22.05.2013 | Calibration Date: |

| Test Parameters (1550 nm) | | | |
|---------------------------|--------|---------------|----|
| Range (km): | 1.2500 | Pulse (ns): | 10 |
| | | Duration (s): | 15 |

| Results (1550 nm) | | | |
|-----------------------|--------|------------------------|--------|
| Span length (km): | 0.0000 | Span loss (dB): | 0.000 |
| Average loss (dB/km): | --- | Avg. splice loss (dB): | --- |
| | | Span ORL (dB): | <20,81 |
| | | Max. splice loss (dB): | --- |



| Event Table (1550 nm) | | | | | | |
|-----------------------|-----|----------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| Type | No. | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflectance (dB) | Attenuation (dB/km) | Cumulative (dB) |
| Launch Level | | -0,5059 | --- | -59,7 | | |
| Section | | 0,5059 | 0,078 | | 0,155 | |
| Reflective | 1 | 0,0000 | --- | -22,4 | | |
| Section | | 0,5429 | --- | | | |
| Echo | | 0,5429 | --- | -49,8 | | |
| Section | | 0,0144 | --- | | | |
| Echo | | 0,5573 | --- | -35,4 | | |

| Markers Information (1550 nm) | | |
|-------------------------------|---------------|------------|
| Marker | Position (km) | Value (dB) |
| a | -0.2558 | 15.352 |
| A | -0.0058 | 15.324 |
| B | 0.2441 | 7.973 |
| b | 0.4941 | 5.936 |
| B-A | 0.2500 | 7.352 |

| Manual Measurements (1550 nm) | |
|--------------------------------|--------|
| Measurement | Value |
| 4 points event loss (dB) | 8.071 |
| A-B LSA loss (dB) | 11.908 |
| 2 points section att. (dB/km) | 29.412 |
| A-B LSA attenuation (dB/km) | 47.640 |
| 3 points reflectance (dB) | ***** |
| 3 points max. reflectance (dB) | -22.4 |
| A-B ORL (dB) | 20.85 |

| Pass/Fail Thresholds (1550 nm) | | |
|--------------------------------|--------|---------|
| Threshold | Fail | Warning |
| Splice loss (dB) | --- | --- |
| Connector loss (dB) | --- | --- |
| Reflectance (dB) | --- | --- |
| Fiber sect. att. (dB/km) | --- | --- |
| Span loss (dB) | 45.000 | 45.000 |
| Span length (km) | --- | --- |
| Span ORL (dB) | --- | --- |

OTDR Report

Identification Information

| | | | |
|------------|-------------------|-----------|---|
| Filename: | 2.trc | Cable ID: | |
| Test date: | 02.12.2021 | Fiber ID: | 2 |
| Test time: | 16:22 (GMT+01:00) | Customer: | |
| Job ID: | | Company: | |
| Comments: | | | |

Location A Location B

| | | | |
|-------------------|----------------|-------------------|--|
| Location: | | Location: | |
| Operator: | | Operator: | |
| Unit model: | FTB-730-23B-EA | Unit model: | |
| Unit s/n: | 708320 | Unit s/n: | |
| Calibration Date: | 22.05.2013 | Calibration Date: | |

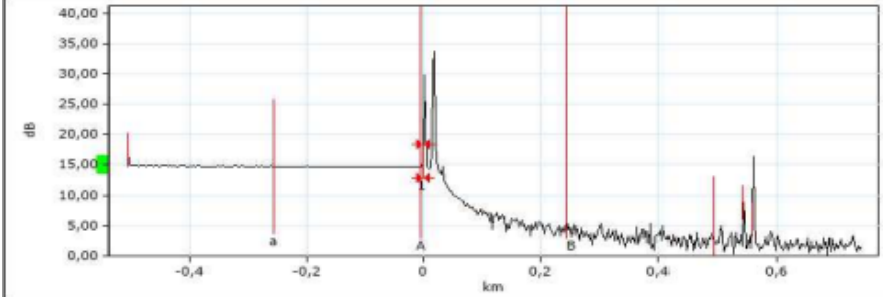
Test Parameters (1310 nm)

| | | | | | |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|
| Range (km): | 1.2500 | Pulse (ns): | 10 | Duration (s): | 15 |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|

Results (1310 nm)

| | | | | | |
|-----------------------|--------|------------------------|-------|------------------------|--------|
| Span length (km): | 0.0000 | Span loss (dB): | 0.000 | Span ORL (dB): | <19,11 |
| Average loss (dB/km): | --- | Avg. splice loss (dB): | --- | Max. splice loss (dB): | --- |

Graphic (1310 nm)



Event Table (1310 nm)

| Type | No. | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflectance (dB) | Attenuation (dB/km) | Cumulative (dB) |
|--------------|-----|----------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| Launch Level | | -0,5059 | --- | -61,4 | | |
| Section | | 0,5059 | 0,175 | | 0,346 | |
| Reflective | 1 | 0,0000 | --- | -20,4 | | |
| Section | | 0,5428 | --- | | --- | |
| Reflective | | 0,5428 | --- | -53,1 | | |
| Section | | 0,0160 | --- | | --- | |
| Reflective | | 0,5588 | --- | -40,9 | | |

Markers Information (1310 nm) Manual Measurements (1310 nm)

| Marker | Position (km) | Value (dB) | Measurement | Value |
|--------|---------------|------------|--------------------------------|--------|
| a | -0.2558 | 14.754 | 4 points event loss (dB) | 10.630 |
| A | -0.0058 | 14.630 | A-B LSA loss (dB) | 14.128 |
| B | 0.2441 | 4.753 | 2 points section att. (dB/km) | 39.517 |
| b | 0.4941 | 5.785 | A-B LSA attenuation (dB/km) | 56.526 |
| B-A | 0.2499 | 9.877 | 3 points reflectance (dB) | ***** |
| | | | 3 points max. reflectance (dB) | -20.4 |
| | | | A-B ORL (dB) | 19.01 |

Pass/Fail Thresholds (1310 nm)

| Threshold | Fail | Warning |
|--------------------------|--------|---------|
| Splice loss (dB) | --- | --- |
| Connector loss (dB) | --- | --- |
| Reflectance (dB) | --- | --- |
| Fiber sect. att. (dB/km) | --- | --- |
| Span loss (dB) | 45.000 | 45.000 |
| Span length (km) | --- | --- |
| Span ORL (dB) | --- | --- |

PŘÍLOHA P VI: MĚŘICÍ PROTOKOL – VLÁKNO III

OTDR Report

Identification Information

| | | | |
|------------|-------------------|-----------|---|
| Filename: | 3.trc | Cable ID: | |
| Test date: | 02.12.2021 | Fiber ID: | 3 |
| Test time: | 16:26 (GMT+01:00) | Customer: | |
| Job ID: | | Company: | |
| Comments: | | | |

Location A Location B

| | | | |
|-------------------|----------------|-------------------|--|
| Location: | | Location: | |
| Operator: | | Operator: | |
| Unit model: | FTB-730-23B-EA | Unit model: | |
| Unit s/n: | 708320 | Unit s/n: | |
| Calibration Date: | 22.05.2013 | Calibration Date: | |

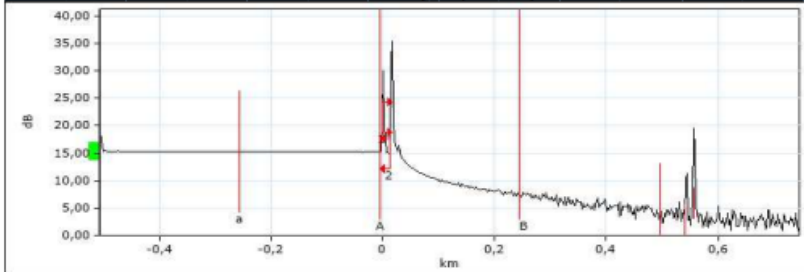
Test Parameters (1550 nm)

| | | | | | |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|
| Range (km): | 1.2500 | Pulse (ns): | 10 | Duration (s): | 15 |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|

Results (1550 nm)

| | | | | | |
|-----------------------|--------|------------------------|-------|------------------------|--------|
| Span length (km): | 0.0132 | Span loss (dB): | 0.173 | Span ORL (dB): | <20,62 |
| Average loss (dB/km): | 13.107 | Avg. splice loss (dB): | --- | Max. splice loss (dB): | --- |

Graphic (1550 nm)



Event Table (1550 nm)

| Type | No. | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflectance (dB) | Attenuation (dB/km) | Cumulative (dB) |
|--------------|-----|----------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| Launch Level | | -0,5059 | --- | -61,1 | | |
| Section | | 0,5059 | 0,095 | | 0,188 | |
| Reflective | 1 | 0,0000 | 0,166 | -35,6 | | 0,166 |
| Section | | 0,0132 | 0,007 | | 0,500 | 0,173 |
| Reflective | 2 | 0,0132 | --- | -21,9 | | 0,173 |
| Section | | 0,5265 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5397 | --- | -49,5 | | |
| Section | | 0,0148 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5545 | --- | -34,4 | | |

Markers Information (1550 nm) Manual Measurements (1550 nm)

| Marker | Position (km) | Value (dB) | Measurement | Value |
|--------|---------------|------------|--------------------------------|--------|
| a | -0,2558 | 15,303 | 4 points event loss (dB) | 7,729 |
| A | -0,0058 | 15,286 | A-B LSA loss (dB) | 11,413 |
| B | 0,2441 | 7,397 | 2 points section att. (dB/km) | 31,561 |
| b | 0,4941 | 0,000 | A-B LSA attenuation (dB/km) | 45,662 |
| B-A | 0,2500 | 7,889 | 3 points reflectance (dB) | ***** |
| | | | 3 points max. reflectance (dB) | -22,2 |
| | | | A-B ORL (dB) | 20,71 |

Pass/Fail Thresholds (1550 nm)

| Threshold | Fail | Warning |
|--------------------------|--------|---------|
| Splice loss (dB) | --- | --- |
| Connector loss (dB) | --- | --- |
| Reflectance (dB) | --- | --- |
| Fiber sect. att. (dB/km) | --- | --- |
| Span loss (dB) | 45,000 | 45,000 |
| Span length (km) | --- | --- |
| Span ORL (dB) | --- | --- |

OTDR Report

Identification Information

| | | | |
|------------|-------------------|-----------|---|
| Filename: | 3.trc | Cable ID: | |
| Test date: | 02.12.2021 | Fiber ID: | 3 |
| Test time: | 16:26 (GMT+01:00) | Customer: | |
| Job ID: | | Company: | |
| Comments: | | | |

Location A Location B

| | | | |
|-------------------|----------------|-------------------|--|
| Location: | | Location: | |
| Operator: | | Operator: | |
| Unit model: | FTB-730-23B-EA | Unit model: | |
| Unit s/n: | 708320 | Unit s/n: | |
| Calibration Date: | 22.05.2013 | Calibration Date: | |

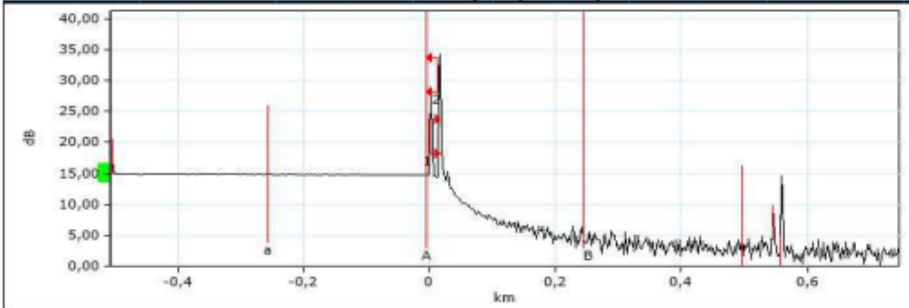
Test Parameters (1310 nm)

| | | | | | |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|
| Range (km): | 1.2500 | Pulse (ns): | 10 | Duration (s): | 15 |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|

Results (1310 nm)

| | | | | | |
|-----------------------|--------|------------------------|-------|------------------------|--------|
| Span length (km): | 0.0141 | Span loss (dB): | 0.173 | Span ORL (dB): | <19,12 |
| Average loss (dB/km): | 12.270 | Avg. splice loss (dB): | --- | Max. splice loss (dB): | --- |

Graphic (1310 nm)



Event Table (1310 nm)

| Type | No. | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflectance (dB) | Attenuation (dB/km) | Cumulative (dB) |
|--------------|-----|----------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| Launch Level | | -0,5051 | --- | -61.1 | | |
| Section | | 0,5051 | 0,174 | | 0,344 | |
| Reflective | 1 | 0,0000 | 0,163 | -34.3 | | 0,163 |
| Section | | 0,0141 | 0,010 | | 0,700 | 0,173 |
| Reflective | 2 | 0,0141 | --- | -20.2 | | 0,173 |
| Section | | 0,5278 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5420 | --- | -53.6 | | |
| Section | | 0,0130 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5550 | --- | -41.7 | | |

Markers Information (1310 nm)

| Marker | Position (km) | Value (dB) |
|--------|---------------|------------|
| a | -0.2558 | 14.854 |
| A | -0.0058 | 14.701 |
| B | 0.2441 | 6.683 |
| b | 0.4941 | 6.864 |
| B-A | 0.2499 | 8.019 |

Manual Measurements (1310 nm)

| Measurement | Value |
|--------------------------------|--------|
| 4 points event loss (dB) | 10.384 |
| A-B LSA loss (dB) | 13.735 |
| 2 points section att. (dB/km) | 32.082 |
| A-B LSA attenuation (dB/km) | 54.954 |
| 3 points reflectance (dB) | ***** |
| 3 points max. reflectance (dB) | -20.5 |
| A-B ORL (dB) | 19.03 |

Pass/Fail Thresholds (1310 nm)

| Threshold | Fail | Warning |
|--------------------------|--------|---------|
| Splice loss (dB) | --- | --- |
| Connector loss (dB) | --- | --- |
| Reflectance (dB) | --- | --- |
| Fiber sect. att. (dB/km) | --- | --- |
| Span loss (dB) | 45.000 | 45.000 |
| Span length (km) | --- | --- |
| Span ORL (dB) | --- | --- |

PŘÍLOHA P VII: MĚŘICÍ PROTOKOL – VLÁKNO IV

OTDR Report

Identification Information

| | | | |
|------------|-------------------|-----------|---|
| Filename: | 4.trc | Cable ID: | |
| Test date: | 02.12.2021 | Fiber ID: | 4 |
| Test time: | 16:28 (GMT+01:00) | Customer: | |
| Job ID: | | Company: | |
| Comments: | | | |

Location A Location B

| | | | |
|-------------------|----------------|-------------------|--|
| Location: | | Location: | |
| Operator: | | Operator: | |
| Unit model: | FTB-730-23B-EA | Unit model: | |
| Unit s/n: | 708320 | Unit s/n: | |
| Calibration Date: | 22.05.2013 | Calibration Date: | |

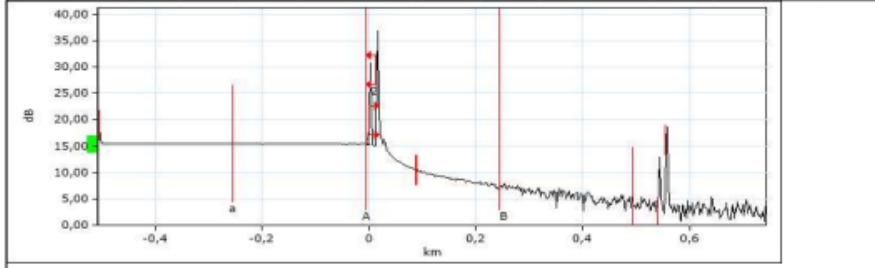
Test Parameters (1550 nm)

| | | | | | |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|
| Range (km): | 1.2500 | Pulse (ns): | 10 | Duration (s): | 15 |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|

Results (1550 nm)

| | | | | | |
|-----------------------|--------|------------------------|-------|------------------------|--------|
| Span length (km): | 0.0140 | Span loss (dB): | 0.201 | Span ORL (dB): | <20.96 |
| Average loss (dB/km): | 14.416 | Avg. splice loss (dB): | --- | Max. splice loss (dB): | --- |

Graphic (1550 nm)



Event Table (1550 nm)

| Type | No. | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflectance (dB) | Attenuation (dB/km) | Cumulative (dB) |
|--------------|-----|----------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| Launch Level | | -0,5051 | --- | --- | -61.1 | |
| Section | | 0.5051 | 0.100 | | 0.198 | |
| Reflective | 1 | 0,0000 | 0,194 | -35.9 | | 0.194 |
| Section | | 0.0140 | 0.007 | | 0.500 | 0.201 |
| Reflective | 2 | 0,0140 | --- | -22.2 | | 0.201 |
| Section | | 0.0726 | --- | | --- | |
| Positive | | 0,0866 | --- | --- | | |
| Section | | 0.0022 | --- | | --- | |
| Positive | | 0,0887 | --- | --- | | |
| Section | | 0.4519 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5406 | --- | -48.9 | | |
| Section | | 0.0147 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5553 | --- | -33.5 | | |

Markers Information (1550 nm) Manual Measurements (1550 nm)

| Marker | Position (km) | Value (dB) | Measurement | Value |
|--------|---------------|------------|--------------------------------|--------|
| a | -0.2550 | 15.412 | 4 points event loss (dB) | 8.036 |
| A | -0.0051 | 15.453 | A-B LSA loss (dB) | 11.544 |
| B | 0.2449 | 7.193 | 2 points section att. (dB/km) | 33.045 |
| b | 0.4948 | 6.618 | A-B LSA attenuation (dB/km) | 46.186 |
| B-A | 0.2500 | 8.260 | 3 points reflectance (dB) | ***** |
| | | | 3 points max. reflectance (dB) | -22.6 |
| | | | A-B ORL (dB) | 21.07 |

Pass/Fail Thresholds (1550 nm)

| Threshold | Fail | Warning |
|--------------------------|--------|---------|
| Splice loss (dB) | --- | --- |
| Connector loss (dB) | --- | --- |
| Reflectance (dB) | --- | --- |
| Fiber sect. att. (dB/km) | --- | --- |
| Span loss (dB) | 45.000 | 45.000 |
| Span length (km) | --- | --- |
| Span ORL (dB) | --- | --- |

OTDR Report

Identification Information

| | | | |
|------------|-------------------|-----------|---|
| Filename: | 4.trc | Cable ID: | |
| Test date: | 02.12.2021 | Fiber ID: | 4 |
| Test time: | 16:28 (GMT+01:00) | Customer: | |
| Job ID: | | Company: | |
| Comments: | | | |

Location A Location B

| | | | |
|-------------------|----------------|-------------------|--|
| Location: | | Location: | |
| Operator: | | Operator: | |
| Unit model: | FTB-730-23B-EA | Unit model: | |
| Unit s/n: | 708320 | Unit s/n: | |
| Calibration Date: | 22.05.2013 | Calibration Date: | |

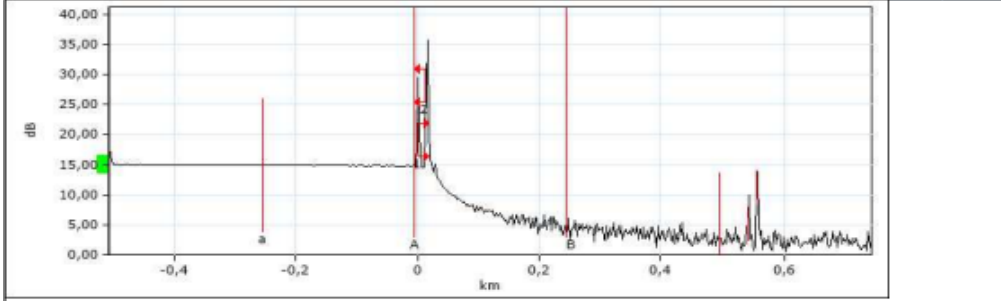
Test Parameters (1310 nm)

| | | | | | |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|
| Range (km): | 1.2500 | Pulse (ns): | 10 | Duration (s): | 15 |
|-------------|--------|-------------|----|---------------|----|

Results (1310 nm)

| | | | | | |
|-----------------------|--------|------------------------|-------|------------------------|--------|
| Span length (km): | 0.0133 | Span loss (dB): | 0.221 | Span ORL (dB): | <19,26 |
| Average loss (dB/km): | 16.572 | Avg. splice loss (dB): | --- | Max. splice loss (dB): | --- |

Graphic (1310 nm)



Event Table (1310 nm)

| Type | No. | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflectance (dB) | Attenuation (dB/km) | Cumulative (dB) |
|--------------|-----|----------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| Launch Level | | -0,5059 | --- | -61.2 | | |
| Section | | 0.5059 | 0.180 | | 0.356 | |
| Reflective | 1 | 0,0000 | 0,211 | -34.4 | | 0.211 |
| Section | | 0.0133 | 0.009 | | 0.700 | 0.220 |
| Reflective | 2 | 0,0133 | --- | -20.2 | | 0.220 |
| Section | | 0.5279 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5412 | --- | -53.3 | | |
| Section | | 0.0131 | --- | | --- | |
| Echo | | 0,5543 | --- | -41.6 | | |

Markers Information (1310 nm) Manual Measurements (1310 nm)

| Marker | Position (km) | Value (dB) | Measurement | Value |
|--------|---------------|------------|--------------------------------|--------|
| a | -0.2550 | 14.911 | 4 points event loss (dB) | 10.048 |
| A | -0.0051 | 14.841 | A-B LSA loss (dB) | 13.389 |
| B | 0.2449 | 7.573 | 2 points section att. (dB/km) | 29.077 |
| b | 0.4949 | 3.563 | A-B LSA attenuation (dB/km) | 53.570 |
| B-A | 0.2499 | 7.268 | 3 points reflectance (dB) | ***** |
| | | | 3 points max. reflectance (dB) | -20.6 |
| | | | A-B ORL (dB) | 19.33 |

Pass/Fail Thresholds (1310 nm)

| Threshold | Fail | Warning |
|--------------------------|--------|---------|
| Splice loss (dB) | --- | --- |
| Connector loss (dB) | --- | --- |
| Reflectance (dB) | --- | --- |
| Fiber sect. att. (dB/km) | --- | --- |
| Span loss (dB) | 45.000 | 45.000 |
| Span length (km) | --- | --- |
| Span ORL (dB) | --- | --- |