



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

## ÚSTAV INFORMATIKY

INSTITUTE OF INFORMATICS

# NÁVRH SÍŤOVÉ INFRASTRUKTURY PRO ZÁKLADNÍ ŠKOLU

ELEMENTARY SCHOOL NETWORK INFRASTRUCTURE DESIGN

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Roman Lipták**

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**Ing. Viktor Ondrák, Ph.D.**

**BRNO 2017**

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav informatiky  
Student: **Roman Lipták**  
Studijní program: Systémové inženýrství a informatika  
Studijní obor: Manažerská informatika  
Vedoucí práce: **Ing. Viktor Ondrák, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

## Návrh síťové infrastruktury pro základní školu

### Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod  
Vymezení problému a cíle práce  
Analýza současného stavu  
Teoretická východiska práce  
Vlastní návrhy řešení  
Závěr  
Seznam použité literatury  
Přílohy

### Cíle, kterých má být dosaženo:

Cílem práce je navrhnout počítačovou síť pro základní školu.

### Základní literární prameny:

DONAHUE, G. A. Kompletní průvodce síťového experta. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2009. 528 s. ISBN 978-80-251-2247-1.

HORÁK, J. a M. KERŠLÁGER. Počítačové sítě pro začínající správce. 5. aktualizované vyd. Brno: Computer Press, 2011. 303 s. ISBN 978-80-251-3176-3.

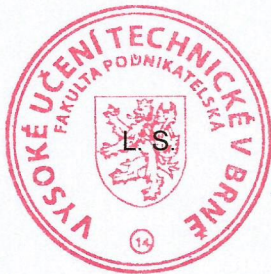
JIROVSKÝ, V. Vademecum správce sítě. 1. vyd. Praha: Grada, 2001. 428 s. ISBN 80-7169-745-1.

SCHATT, S. Počítačové sítě LAN od A do Z. Praha: Grada, 1994. 378 s. ISBN 80-85623-76-5.

TRULOVE, J. Sítě LAN: hardware, instalace a zapojení. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 384 s. ISBN 978-80-247-2098-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 28. 2. 2017



*B. Půža*

---

doc. RNDr. Bedřich Půža, CSc.  
ředitel

*Stanislav Škapa*

---

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.  
děkan

## **Abstrakt**

Bakalárska práca sa zaoberá návrhom počítačovej siete pre vybranú základnú školu. Práca je rozdelená na tri časti. Analytická časť obsahuje analýzu súčasného stavu. Teoretická časť sa venuje popisu jednotlivých technických riešení a rôznych stratégií pri návrhu počítačovej siete. V praktickej časti sa nachádza reálny návrh počítačovej siete, v ktorom sú využité popísané stratégie a hardware z teoretickej časti. Cieľom práce je správny návrh siete na základe požiadaviek investora.

## **Abstract**

The Bachelor's thesis deals with design of computer network for selected elementary school. The thesis is divided into three parts. The analytical part contains an analysis of the current state. The theoretical part is devoted to the description of individual technical solutions and various strategies in the design of a computer network. In the practical part, there is a realistic design of a computer network in which the described strategies and hardware from the theoretical part are used. The aim of the thesis is to correctly design the network based on the investor's requirements.

## **Kľúčové slova**

návrh počítačovej siete, lokálna sieť, sieťová infraštruktúra, štruktúrovaná kabeláž

## **Key words**

computer network design, local network, network infrastructure, structured cabling

### **Bibliografická citácia**

LIPTÁK, R. *Návrh síťové infrastruktury pro základní školu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2017. 64 s. Vedoucí bakalářské práce  
Ing. Viktor Ondrák, Ph.D..

### **Čestné prehlásenie**

Prehlasujem, že predložená bakalárska práca je pôvodná a spracoval som ju samostatne. Prehlasujem, že citácie použitých prameňov sú úplné a že som vo svojej práci neporušil autorské práva (v zmysle Zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

V Brne dňa 29. mája 2017

.....

Roman Lipták

## **Pod'akovanie**

Chcem sa poďakovať vedúcemu mojej bakalárskej práce Ing. Viktorovi Ondrákovi, Ph.D. a oponentovi Ing. Vilémovi Jordánovi za ústretový prístup, pripomienky, vecné rady a usmerňovanie pri písaní bakalárskej práce.

# OBSAH

ÚVOD.....	10
1 CIEĽ A METODIKA PRÁCE .....	11
2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU .....	12
2.1 Investor.....	12
2.2 Analýza budovy .....	12
2.2.1 Prvé poschodie.....	12
2.2.2 Druhé poschodie .....	14
2.3 Počítačová sieť a hardware .....	16
2.3.1 Pevná sieť .....	16
2.3.2 Bezdrôtová sieť.....	17
2.3.3 Hardware .....	17
2.4 Požiadavky investora .....	18
2.4.1 Pripojenie koncových zariadení .....	18
2.4.2 VoIP a kamerový systém.....	18
2.4.3 Kabeláž a dátové úložisko .....	19
2.4.4 Rozpočet.....	19
2.5 Zhrnutie analýzy.....	19
3 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE .....	20
3.1 Rozdelenie sietí podľa veľkosti.....	20
3.1.1 LAN – Lokálna sieť.....	20
3.1.2 MAN – Metropolitná sieť.....	21
3.1.3 WAN – Rozľahlá sieť.....	21
3.2 Topológia siete .....	21
3.2.1 Zbernicová topológia.....	21
3.2.2 Hviezdicová topológia.....	22
3.2.3 Kruhová topológia .....	22
3.2.4 Zmiešaná topológia .....	23
3.3 Referenčný model ISO/OSI .....	24
3.4 Architektúra TCP/IP.....	26
3.5 Ethernet .....	27
3.6 Aktívne prvky.....	28
3.6.1 Rozbočovač (Hub).....	28
3.6.2 Prepínač (Switch) .....	29
3.6.3 Smerovač (Router).....	29
3.7 Prenosové prostredia .....	29
3.7.1 Krútený pár .....	30
3.7.2 Koaxiál .....	31
3.7.3 Optické vlákna.....	32
3.8 Univerzálna kabeláž .....	33
3.8.1 Základné pojmy .....	33

3.8.2	Normy .....	34
3.8.3	Sekcie kabelážneho systému .....	35
3.8.4	Organizačné a spojovacie prvky .....	36
3.8.5	Prvky vedenia a značenia .....	38
4	VLASTNÝ NÁVRH RIEŠENIA .....	40
4.1	Topológia .....	40
4.2	Technológia .....	40
4.3	Umiestnenie a počet prípojných miest .....	40
4.4	Káblové trasy .....	41
4.5	Kabeláž .....	43
4.5.1	Horizontálna sekcia .....	43
4.5.2	Pracovná sekcia .....	44
4.6	Spojovacie prvky .....	45
4.6.1	Konektory .....	45
4.6.2	Prepojovacie panely .....	46
4.6.3	Dátové zásuvky .....	46
4.7	Prvky organizácie .....	47
4.7.1	Dátový rozvádzač .....	47
4.7.2	Organizéry kabeláže .....	48
4.8	Prvky vedenia .....	49
4.8.1	Parapetné žľaby .....	49
4.8.2	Lišty .....	49
4.8.3	Chráničky .....	50
4.9	Značenie kabeláže .....	50
4.9.1	Prvky značenia .....	51
4.10	Aktívne prvky .....	51
4.10.1	Pripojenie do siete Internet .....	51
4.10.2	Router .....	51
4.10.3	Switch .....	52
4.10.4	Wi-Fi Prístupový bod (AP) .....	52
4.11	Kamerový systém .....	53
4.11.1	IP Kamery .....	53
4.11.2	Sieťový rekordér (NVR) a dátové úložisko .....	54
4.11.3	Záložný zdroj (UPS) .....	55
4.12	Ekonomické zhodnotenie .....	55
	ZÁVER .....	56
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV .....	57
	ZOZNAM OBRÁZKOV .....	61
	ZOZNAM TABULIEK .....	63
	ZOZNAM PRÍLOH .....	64

## ÚVOD

Jedným z hlavných prostriedkov zhromažďovania a prístupu k informáciám je výpočtová technika. V dnešnej dobe už takmer každá spoločnosť využíva nejakú formu počítačovej siete, avšak nie vždy je táto sieť navrhnutá efektívne. Každá spoločnosť má iné požiadavky, či už na cenu alebo dostupný výkon, preto ku každému návrhu musíme pristupovať individuálne. Výsledkom dobre navrhutej a správne implementovanej siete môže byť zrýchlenie pracovného procesu a zlepšenie stability aj dostupnosti služieb.

Subjekt, pre ktorý budem návrh vytvárať, každodenne využíva počítače a ich prepojenie. Vedenie spoločnosti a taktiež samotní zamestnanci nie sú spokojní so súčasným stavom, napríklad z dôvodu pomalého prístupu či už do internej siete, alebo do siete Internetu. Z tohto dôvodu je potrebné navrhnúť a následne implementovať návrh novej počítačovej siete.

# 1 CIEĽ A METODIKA PRÁCE

Cieľom práce je navrhnuť počítačovú sieť, ktorá zabezpečí vzájomné prepojenie uzlov v objekte a bude poskytovať pripojenie do siete Internet. Analytická časť práce zahŕňa analýzu súčasného stavu počítačovej siete, analýzu budovy, investora projektu a jeho požiadavky. Teoretická časť práce vymedzuje teoretické východiská návrhu počítačovej siete.

Na základe analýzy súčasného stavu a teoretických poznatkov budem v časti vlastného návrhu vytvárať funkčný a technicky správny návrh počítačovej siete. Návrh musí spĺňať požiadavky stanovené investorom a musí byť pripravený na implementáciu do reálneho pracovného prostredia.

## **2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU**

V nasledujúcej časti sú spracované informácie o investorovi, súčasnom stave počítačovej siete a hardwaru, analýza budovy a požiadavky investora.

### **2.1 Investor**

Investorom je Súkromná základná škola so sídlom na ulici Štiavnická 80/1, Ružomberok. Škola vznikla 1. septembra 2004 ako alternatíva reagujúca na situáciu v školstve, pričom vo vyučovacom procese využíva netradičné formy a metódy, napríklad vyučovanie za pomoci tabletov alebo počítačov. Riaditeľkou školy je Mgr. Dagmar Dutková, zástupcom riaditeľky je Mgr. Alexander Buchta.

### **2.2 Analýza budovy**

Budova školy sa nachádza na ulici Štiavnická 80/1 v Ružomberku. Má tvar štvorca a jej rozloha je približne 400 m<sup>2</sup>. Je rozdelená do dvoch poschodí, na ktorých sa nachádzajú učebne, kabinet, zborovňa, sociálne zariadenia a sklad. V predsieni miestnosti 2.06 sa nachádza stúpačka, ktorá vedie do neoznačenej miestnosti o poschodie nižšie. Budova sa nachádza vo výhodnej polohe vzhľadom na možnosti pripojenia do siete Internet.

#### **2.2.1 Prvé poschodie**

##### **Miestnosť 1.01**

Rozloha miestnosti: 9 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: Žiadne

Sklad učebníc a učebných pomôcok – miestnosť slúži len na skladovacie účely a nenachádza sa tu žiadna pracovná stanica.

### **Miestnosť 1.02**

Rozloha miestnosti: 42 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: 1 počítač

Učebňa VI. triedy – v miestnosti sa nachádza jedna pracovná stanica a jedna multimediálna tabuľa. Pracovná stanica nie je zapojená do školskej siete, preto je možné využívať len programy a pomôcky, ktoré sú umiestnené na harddisku alebo USB kľúči.

### **Miestnosť 1.03**

Rozloha miestnosti: 58 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: 1 počítač

Učebňa V. triedy – v miestnosti sa nachádza jeden notebook a jeden dataprojektor. Momentálne je notebook pripojený na Wi-Fi sieť, avšak signál nie je postačujúci.

### **Miestnosť 1.04**

Rozloha miestnosti: 96 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: Žiadne

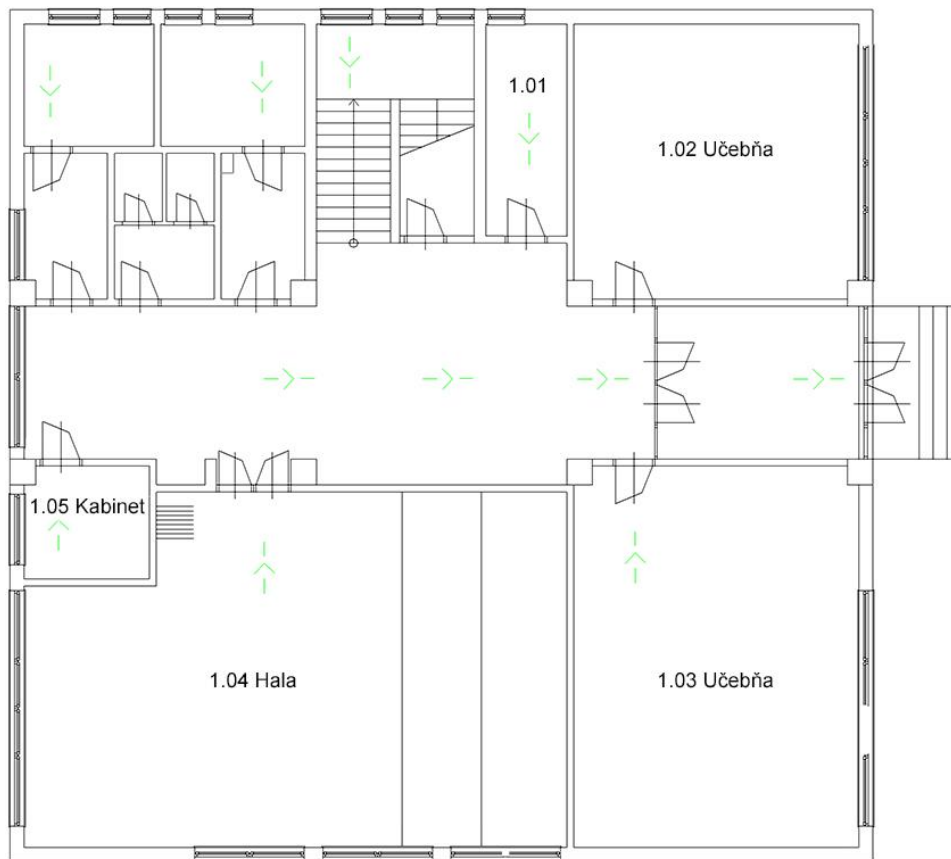
Hala – najväčšia miestnosť školy, v tejto miestnosti sa nevyskytujú žiadne zariadenia so sieťovým rozhraním. Miestnosť slúži napríklad pre dramatický krúžok, keďže sa v nej nachádza pódium a lavičky.

### **Miestnosť 1.05**

Rozloha miestnosti: 7 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: 1 počítač

Kabinet špeciálneho pedagóga – v miestnosti sa nachádza jedna pracovná stanica pre špeciálneho pedagóga.



Obr. 1: Pôdorys prvého poschodia (Zdroj: dokumentácia SZŠ, upravené)

## 2.2.2 Druhé poschodie

### Miestnosť 2.01

Rozloha miestnosti: 9 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: 1 počítač

Riaditeľňa – v miestnosti sa nachádza jeden notebook riaditeľky školy a jeden Wi-Fi router, ktorý je prepojený so switchom z miestnosti 2.02. Notebook je prepojený s routrom pomocou UTP kábla.

### Miestnosť 2.02

Rozloha miestnosti: 65 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: 19 počítačov

Učebňa IX. triedy (počítačová učebňa) – v miestnosti 2.02 bolo zriadených 18 pracovných staníc, ktoré sú k dispozícii pre žiakov počas vyučovania a jedna pracovná stanica pre vyučujúceho. Počítače sú usporiadané po celom obvode triedy okrem steny,

kde je tabuľa. Do miestnosti je zavedený kábel od poskytovateľa pripojenia do siete Internet, nachádza sa tu Wi-Fi router a 24-portový switch, ktorý vetví pripojenie pre všetky pracovné stanice.

### **Miestnosť 2.03**

Rozloha miestnosti: 57 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: Žiadne

Učebňa VIII. triedy – v miestnosti sa nenachádza žiadna pracovná stanica a ani notebook, avšak sú v nej odložené školské tablety. Pri výučbe za pomoci tabletov sa využíva väčšinou táto miestnosť, pretože je najbližšie k Wi-Fi routru z miestnosti 2.02.

### **Miestnosť 2.04**

Rozloha miestnosti: 41 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: 11 počítačov a 1 tlačiareň

Zborovňa – v zborovni sa všetci učitelia schádzajú cez prestávky, každý učiteľ používa svoj vlastný notebook. Okrem toho je v zborovni jeden počítač a jedna tlačiareň so sieťovým rozhraním. Počítač nie je pripojený do školskej siete, tlačiareň je pripojená iba k danému počítaču cez USB. Učitelia kvôli mobilite preferujú bezdrôtové pripojenie ich notebookov do siete, preto tu nie je vybudovaná sieťová infraštruktúra.

### **Miestnosť 2.05**

Rozloha miestnosti: 57 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: 11 počítačov

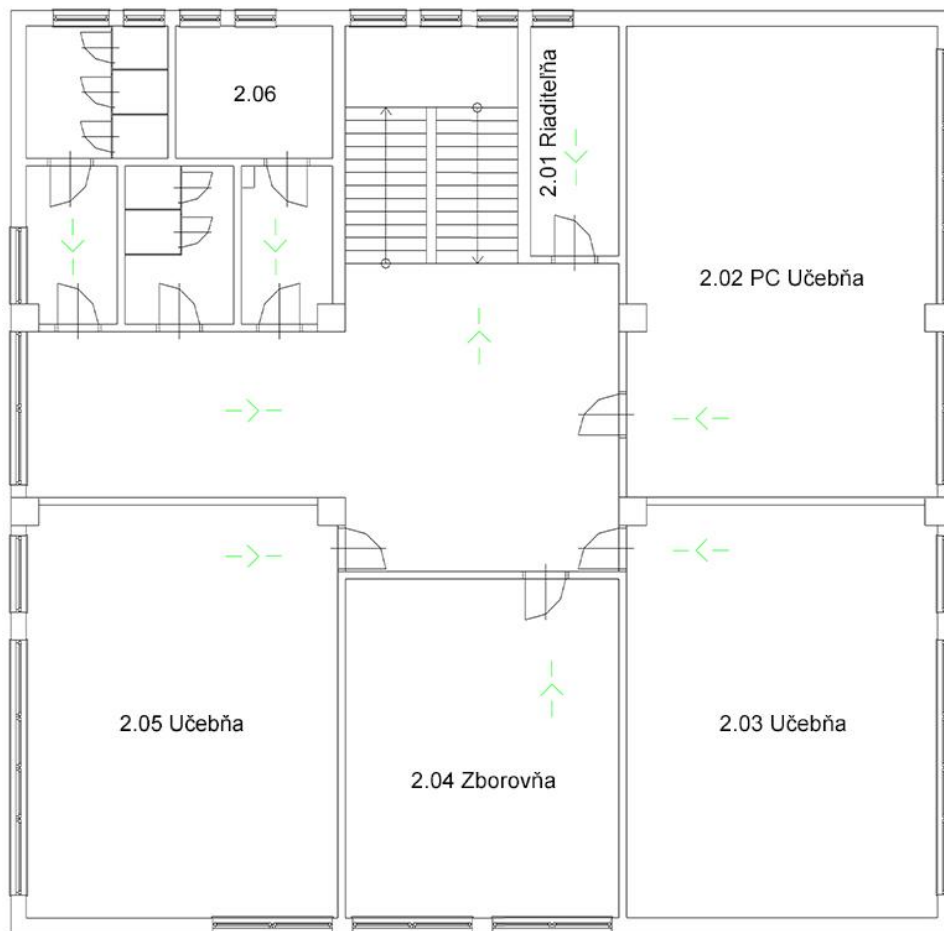
Učebňa VII. triedy – v tejto miestnosti sa nachádza 1 notebook pre učiteľa a jedna multimediálna tabuľa. Bolo tu zriadených 10 pracovných staníc pre žiakov. Počítače nie sú zapojené do školskej siete a učiteľ sa do siete pripája cez Wi-Fi.

### **Miestnosť 2.06**

Rozloha miestnosti: 9 m<sup>2</sup>

Požadované zariadenia s pripojením k sieti: Žiadne

Sklad – miestnosť je momentálne využívaná len ako sklad. Keďže je uzamykateľná a poskytuje možnosť odvetrávania vzduchu, je vhodná pre umiestnenie hlavného dátového rozvádzača novej sieťovej infraštruktúry.



Obr. 2: Pôdorys druhého poschodia (Zdroj: dokumentácia SZŠ, upravené)

## 2.3 Počítačová sieť a hardware

Na základe osobnej návštevy budovy a informácií od vedenia školy som bol schopný analyzovať súčasný stav počítačovej siete a hardwaru. Sieťová infraštruktúra momentálne slúži iba na rozvetvenie internetového pripojenia medzi viaceré zariadenia.

### 2.3.1 Pevná sieť

Pevná počítačová sieť je zriadená len v počítačovej učebni 2.02 a v riaditeľni 2.01 na druhom poschodí.

Do učebne 2.02 je z vonkajšej strany budovy zavedený kábel od internetového poskytovateľa, nachádza sa tu voľne položený Wi-Fi router od poskytovateľa a 24 portový switch s maximálnou rýchlosťou prenosu 100 Mb/s pre každý port. Switch je prepojený priamo s každou pracovnou stanicou bez použitia dátových zásuviek. Celkovo je pripojených 19 pracovných staníc.

Jeden kábel zo switchu je vedený cez dieru v stene do miestnosti 2.01 (riaditeľňa), kde vstupuje do druhého Wi-Fi routra. Tento router poskytuje okrem Wi-Fi pripojenia aj pevné pripojenie pre počítač v riaditeľni, opäť priamym spojením.

Pripojenie do siete Internet je zabezpečené technológiou DSL a poskytované spoločnosťou Telekom. Rýchlosť pripojenia je 4 Mb/s download a 0,5 Mb/s upload.

### **2.3.2 Bezdrôtová sieť**

Bezdrôtové pripojenie vytvárajú dva spomínané Wi-Fi routre a jeden Wi-Fi repeater umiestnený na stene chodby, vedľa miestnosti 2.04 (zborovňa). Tento repeater opakuje signál z Wi-Fi routra v miestnosti 2.01.

Bezdrôtová sieť je rozdelená na dve pripojenia s názvami "Dotyk1" a "Dotyk2", ktoré sú zabezpečené WPA2 šifrovaním. Do bezdrôtovej siete sa dá pripojiť na chodbách, v miestnostiach 1.01, 1.02, 2.01, 2.02, 2.04 a z časti v miestnostiach 1.03, 1.04, 2.03 a 2.05. Bezdrôtová sieť neposkytuje dostatočný výkon na to, aby pokryla potreby školy.

### **2.3.3 Hardware**

Všetky pracovné stanice vrátane notebookov obsahujú sieťové rozhranie s RJ-45 portom, pričom maximálna podporovaná rýchlosť prenosu je 1 Gb/s. Sieťová tlačiareň v miestnosti 2.04 je vybavená RJ-45 portom s maximálnou rýchlosťou 100 Mb/s. Všetky notebooky a tablety podporujú bezdrôtový štandard IEEE 802.11.

## 2.4 Požiadavky investora

Investor požaduje lepší návrh pripojenia počítačovej učebne 2.02, riaditeľne 2.01 a návrh novej infraštruktúry pre ďalšie pracovné stanice v rôznych miestnostiach. Keďže bola zavedená výučba pomocou moderných tabletov, investor požaduje aj modernizáciu bezdrôtového Wi-Fi pripojenia. Investor tiež požaduje návrh riešenia pre zriadenie kamerového systému, IP telefónov a sieťového dátového úložiska. Súčasná rýchlosť pripojenia do siete Internet nie je dostatočná, preto je potrebné vyhľadať inú ponuku.

### 2.4.1 Pripojenie koncových zariadení

Celkovo je potrebné zaistiť pripojenie pre 35 pracovných staníc, 1 sieťovú tlačiareň, 10 notebookov učiteľov a 20 tabletov, ktoré budú použité pri výučbe. Zariadenia sú konkretizované v kapitole 1.2 Analýza budovy. V budúcnosti je plánované rozšírenie o ďalšie pracovné stanice v učebni 2.05. Investor požaduje pokrytie celej budovy Wi-Fi signálom, ktorý bude slúžiť na pripojenie tabletov, učiteľských notebookov a bude dostupný aj pre žiakov. Rozmiestnenie zariadení v objekte je uvedené v tabuľke.

Tab. 1: Rozmiestnenie zariadení v objekte (Zdroj: vlastné spracovanie)

Číslo miest.	Názov miestnosti	Počet zariadení
1.02	Učebňa VI.	1
1.03	Učebňa V.	1
1.05	Kabinet	1
2.01	Riaditeľňa	1
2.02	PC Učebňa	19
2.04	Zborovňa	12
2.05	Učebňa VII.	11
-	Kdekoľvek – školské tablety	20
	Celkom	66

### 2.4.2 VoIP a kamerový systém

Na základe rozhodnutia investora bude objekt monitorovaný kamerovým systémom.

Monitorované budú tieto priestory: chodba na 1. poschodí, chodba na 2. poschodí, schodisko medzi poschodiami, miestnosti 1.02, 1.03, 1.04, 2.02, 2.03, 2.04 a 2.05.

IP telefóny sú požadované v kabinete 1.05, riaditeľni 2.01 a zborovni 2.04.

### **2.4.3 Kabeláž a dátové úložisko**

Podmienka pre trasy kabeláže je, že investor nechce viesť kabeláž v stenách. Investor bližšie nešpecifikoval kategóriu alebo typ kabeláže, avšak požaduje funkčnú a kvalitnú vysokorychlostnú sieť s garanciou minimálne 15 rokov.

Ďalej investor požaduje vytvorenie návrhu pre pripojenie sieťového dátového úložiska, ktoré musí byť dostupné pre akékoľvek zariadenie pripojené do siete. Toto úložisko bude využité okrem ukladania záznamov z IP kamier aj na ukladanie učebných materiálov a skvalitnenie výučby v škole. Z kamerového systému bude uložených posledných 120 hodín (5 dní) záznamu. Na iné účely investor požaduje aspoň 1 TB úložného priestoru.

### **2.4.4 Rozpočet**

Na nákup koncových uzlov a aktívnych aj pasívnych prvkov siete vyhradil investor 7000 EUR. Pre návrh projektu, inštaláciu a certifikáciu je vyhradených 1000 EUR.

## **2.5 Zhrnutie analýzy**

V budove sa nachádza vhodná miestnosť pre umiestnenie hlavného dátového rozvádzača a na prestup medzi poschodiami môže byť použitá stúpačka. Všetky koncové zariadenia v budove môžu byť pripojené na pevnú alebo bezdrôtovú sieť.

## 3 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE

Pojmom počítačová sieť sa rozumie spojenie dvoch alebo viacerých počítačov tak, aby mohli vzájomne zdieľať svoje dáta pomocou prenosového prostredia [1].

Pre samotný návrh siete je potrebné vymedziť teoretické podklady pre technológie, ktoré budú použité v praktickej časti práce. V teoretickej časti sa zameriam na rozdelenie sietí podľa veľkosti, topológie siete, referenčný model ISO/OSI a z neho vychádzajúcu architektúru TCP/IP, architektúru Ethernet, aktívne prvky, prenosové prostredia a univerzálne kabelážne systémy.

### 3.1 Rozdelenie sietí podľa veľkosti

Štandardne sa podľa veľkosti delia siete na LAN, MAN a WAN. Každý z týchto typov má odlišné vlastnosti a použitie [2].

#### 3.1.1 LAN – Lokálna sieť

LAN (alebo tiež *Local Area Network*) označuje lokálne prepojenie počítačov, napríklad v kancelárii, v škole alebo v domácnosti. Počítače môžu byť prepojené pevným pripojením alebo bezdrôtovo (Wi-Fi spojenie). Pevným pripojením sú vzhľadom na maximálnu prenosovú rýchlosť pripojené väčšinou servery alebo externé diskové polia, ale taktiež aj pracovné stanice, ktorým ich umiestnenie vzhľadom na vybudovanú infraštruktúru umožňuje pripojenie káblom. Ostatné pracovné stanice, prípadne tablety a smartfóny sa môžu do siete pripojiť pomocou Wi-Fi spojenia [2].

### **3.1.2 MAN – Metropolitná sieť**

MAN (alebo tiež *Metropolitan Area Network*) vo väčšine prípadov označuje mestskú sieť s vysokou rýchlosťou prenosu dát, ktorá prepája viaceré LAN. Väčšinou teda slúži ako chrbticová sieť založená na spojeniach optickými vláknami, avšak toto prepojenie môže byť uskutočnené aj bezdrôtovo za pomoci antén [2].

### **3.1.3 WAN – Rozľahlá sieť**

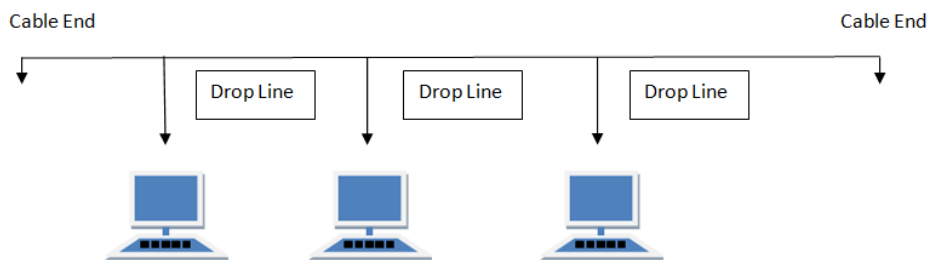
WAN (alebo tiež *Wide Area Network*) označuje počítačovú sieť, ktorá pokrýva väčšiu geografickú časť ako MAN, teda napríklad celý štát alebo krajinu. Väčšinou sa jedná o prepojenie minimálne dvoch LAN alebo MAN sietí na väčšiu vzdialenosť. Prepojenie v sieti WAN môže byť zabezpečené optickými vláknami, anténami, satelitným spojením, atď [2].

## **3.2 Topológia siete**

Každý uzol musí byť v sieti zapojený určitým spôsobom. Rozlišujeme fyzickú topológiu, ktorá zobrazuje reálne prepojenie uzlov v sieti a logickú topológiu, ktorá definuje tok informácií v sieti. Topológia siete môže byť zbernicová, hviezdicová, kruhová, zmiešaná alebo hybridná (vzniká kombináciou topológií) [3].

### **3.2.1 Zbernicová topológia**

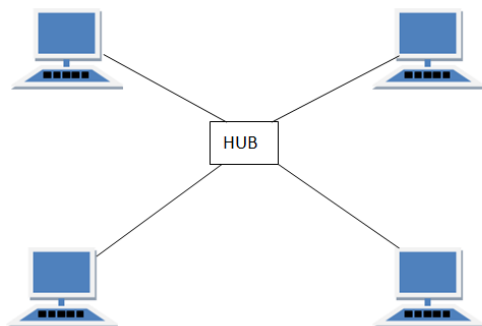
Zbernicová topológia využíva jeden chrbticový kábel, s ktorým sú pomocou odbočovacích prvkov prepojené káble z ostatných uzlov. Hlavnou výhodou je nízka cena a jednoduchá inštalácia. Nevýhodou je neredundantnosť siete, takže pokiaľ dôjde k poškodeniu hlavného kábla, celá sieť bude ochromená [3].



Obr. 3: Zbernicová topológia [4]

### 3.2.2 Hviezdicová topológia

V hviezdicovej topológii je každý počítač pripojený k rozbočovaču, ktorý slúži na rozvetvenie počítačovej siete. Jej výhodou je jednoduchosť zapojenia ďalších počítačov do siete. Pokiaľ zlyhá pripojenie k jednému počítaču, všetky ostatné pripojenia fungujú aj naďalej. Avšak pokiaľ zlyhá rozbočovač, všetky pripojené počítače nebudú dostupné v sieti pokiaľ nedôjde k výmene rozbočovača. Ďalšou nevýhodou sú vyššie náklady, ktoré musia byť vynaložené na nákup rozbočovacieho prvku a dlhšie trasy kabeláže [3].

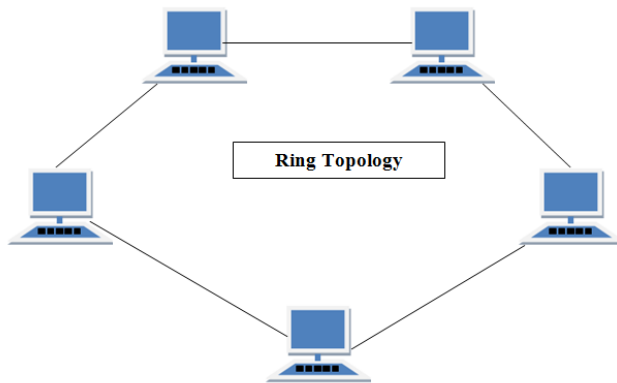


Obr. 4: Hviezdicová topológia [4]

### 3.2.3 Kruhovú topológia

V kruhovej topológii sú uzly spojené kruhovým spôsobom, čo znamená, že každý uzol je prepojený s uzlom, ktorý nasleduje po ňom, čím vytvárajú cestu pre dáta cez celú sieť.

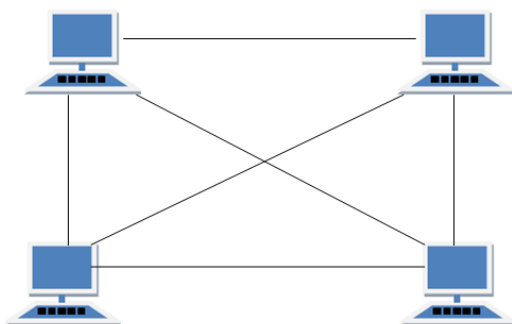
Dáta sú posielané jedným určeným smerom, je však potrebné spojiť aj posledný uzol s prvým. Každý uzol funguje aj ako opakovač signálu, tým pádom je umožnené zachovanie funkčnosti tejto siete aj na dlhšie trasy. Nevýhodou je situácia, kedy zlyhá niektorý z uzlov, čím ochromí celú sieť [3].



Obr. 5: Kruhová topológia [4]

### 3.2.4 Zmiešaná topológia

Zmiešaná topológia (alebo tiež „mesh topológia“) je usporiadanie siete, v ktorom sú uzly prepojené každý s každým (úplný polynóm), alebo sú niektoré spojenia vynechané (neúplný polynóm). Toto prepojenie umožňuje vysokú intenzitu prenášaných dát a tiež vysokú spoľahlivosť. Nevýhodou sú vysoké náklady na inštaláciu [3].



Obr. 6: Zmiešaná topológia [4]

### 3.3

### Referenčný model ISO/OSI

Model OSI (Open Systems Interconnection) bol vyvinutý spoločnosťou ISO (International Standards Organization) za účelom všeobecnej definície sieťovej komunikácie. V modeli je definovaných 7 vzájomne spolupracujúcich vrstiev, 4 spodné vrstvy (fyzická, linková, sieťová a transportná) sú zamerané na prenos a 3 vrchné vrstvy (relačná, prezentačná a aplikačná) sú orientované aplikačne. Každá vrstva má definované funkcie, je podradená pre vrstvu nad ňou a nadradená pre vrstvu pod ňou. Model popisuje princíp horizontálnej a vertikálnej komunikácie medzi vrstvami – dve rovnocenné vrstvy v dvoch rozdielnych uzloch musia spolupracovať. Horizontálna komunikácia prebieha nepriamo, za pomoci podradených vrstiev. Vertikálna komunikácia prebieha vždy len medzi dvomi príslušnými vrstvami [7],[9].

#### **Fyzická vrstva**

Zaoberá sa prenosovými prostrediami a prenosovými médiami. Popisuje signály používané pri komunikácii medzi uzlami – akým signálom je reprezentovaná logická jednotka a nula. Jednotka prenosu je 1 bit [7],[11].

#### **Linková vrstva**

Zaisťuje prenos údajov v dosahu priameho spojenia. Prijíma, kontroluje a odosiela rámce, adresuje ich na uzly lokálnej siete. Definuje prístupovú stratégiu pre zdieľanie fyzických prostriedkov a riadi tok dát. Rámec sa skladá z hlavičky (header), tela – prenášaných dát (payload) a pätičky (trailer). Jednotka prenosu je rámec [10],[11].

#### **Sieťová vrstva**

Zaisťuje komunikáciu uzlov medzi sieťami. Adresácia prebieha na globálne adresy, ktoré sa skladajú z adresy siete a adresy uzla. Sieťová vrstva má za úlohu vybrať trasu spojenia a nasmerovať dáta cez medziľahlé uzly. Jednotka prenosu je paket [11].

#### **Transportná vrstva**

Rieši adresáciu dát na jednotlivé aplikácie v uzle, využíva na to porty, ktoré jednoznačne označujú konkrétne procesy. Dokáže prispôbiť charakter prenosu – nespojovaný na

spojovaný a nespoľahlivý na spoľahlivý. Z hľadiska transportnej vrstvy môže byť medzi dvoma uzlami niekoľko spojení súčasne. Jednotka prenosu je datagram [10],[11].

### Relačná vrstva

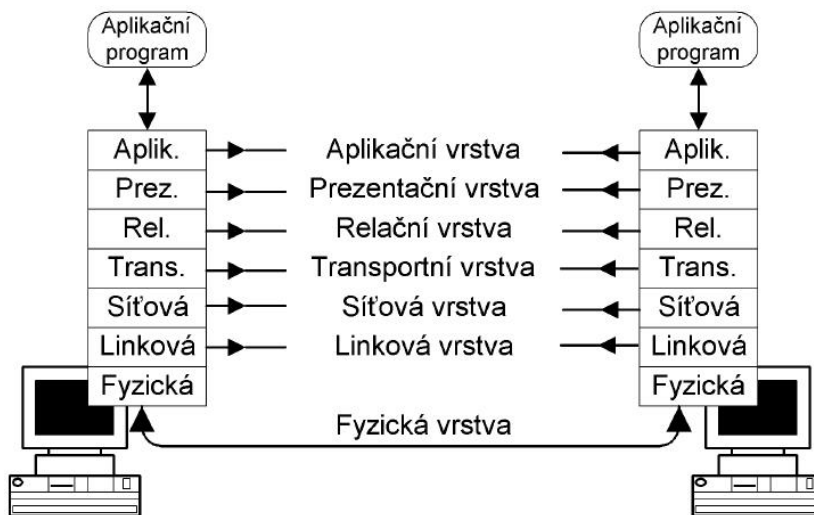
Zakladá, vedie a ukončuje reláciu medzi odosielateľom a príjemcom. Relačná vrstva je najmenej vyťaženou vrstvou modelu ISO/OSI. Adresácia v tejto vrstve nemá zmysel, pretože už prebehla na transportnej vrstve. Jednotka prenosu je jedno spojenie [7],[11].

### Prezentačná vrstva

Pracuje ako prekladač pre služby aplikačnej vrstvy, zabezpečuje zjednotenie dát do formy, v ktorej môžu byť spracované príjemcom [11].

### Aplikačná vrstva

Sprístupňuje aplikáciám sieťové služby, štandardizuje časť aplikácie, ktorá zabezpečuje prenosové mechanizmy. Určuje spôsob komunikácie medzi dvomi aplikáciami [7],[11].



Obr. 7: Model ISO/OSI [10]

### 3.4 Architektúra TCP/IP

Architektúra TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) je sieťová architektúra, ktorá zahŕňa súbor protokolov pre komunikáciu v počítačovej sieti. Vychádza z referenčného modelu ISO/OSI a je rozdelená do štyroch vrstiev (aplikačná, transportná, sieťová vrstva a vrstva sieťového rozhrania). Architektúra TCP/IP je štandardom pre komunikáciu v sieti Internet [7],[12].

#### **Aplikačná vrstva**

Je tvorená protokolmi, ktoré spolupracujú s aplikačnými programami a zabezpečuje kompatibilitu aplikácií medzi uzlami. Medzi najznámejšie protokoly tejto vrstvy patrí HTTP, SMTP, DNS, POP3 a FTP [7].

#### **Transportná vrstva**

Je jadrom sústavy TCP/IP, tvoria ju protokoly TCP a UDP. Zabezpečuje prenos dát na konkrétne procesy medzi uzlami, dáta sú adresované na porty. V rozsahu 0-1023 sú tzv. well-known ports (HTTP, DNS, FTP, atď.), rozsah 1024-49151 je vyhradený pre registrované porty a rozsah 49152-65535 je dostupný pre voľné použitie. Transportná vrstva môže meniť charakter komunikácie na spojovanú – vytvára virtuálne spojenie a spoľahlivú – kontrola doručovania, náprava chýb [11].

Protokol TCP rozdelí dáta na očíslované a zoradené segmenty, nadviaže spojenie s cieľovým uzlom a zahájí prenos. Doručenie dát musí byť potvrdené, inakšie sú dané segmenty znova odoslané. Vytvára ilúziu spojovanej a spoľahlivej komunikácie [7].

Protokol UDP má rovnakú funkciu ako TCP, ale pred zahájením prenosu nenadväzuje spojenie s cieľovým uzlom a nevyžaduje potvrdenie doručenia. Využíva sa v prípade potreby rýchlej a efektívnej komunikácie [7].

#### **Sieťová vrstva**

Tvorí ju Internet Protokol (IP protokol) a zaisťuje prenos paketov medzi uzlami v rôznych sieťach. Prenos je nespojovaný a nespoľahlivý, tieto funkcie sú prenechané na transportnú vrstvu. IP paket je adresovaný na IP adresu a skladá sa zo záhlavia (obsahuje dĺžku a číslo paketu, dĺžku záhlavia, protokol, TTL - Time to Live, zdrojovú a cieľovú IP adresu, atď.)

a dátovej časti (datagram z vyššej vrstvy). Doručenie paketov je zabezpečené pomocou smerovačov a smerovacích tabuliek. V sieťovej vrstve sa nachádza aj protokol ICMP, ktorý informuje odosielajúci uzol o neštandardných situáciách v sieti (preťaženosť smerovača, vypršanie TTL, chybný paket, atď.) [11].

### Vrstva sieťového rozhrania

Je najnižšou vrstvou architektúry TCP/IP, využíva rôzne prenosové technológie (Ethernet, Token Ring, ATM, atď.). Zodpovedá fyzickej a linkovej vrstve v modeli ISO/OSI, ale TCP/IP ju bližšie nedefinuje [11].

Tab. 2: Porovnanie vrstiev TCP/IP a ISO/OSI [11], vlastná úprava

TCP/IP		ISO/OSI
Aplikačná vrstva		Aplikačná vrstva
		Prezentačná vrstva
		Relačná vrstva
Transportná vrstva		Transportná vrstva
Sieťová vrstva		Sieťová vrstva
Vrstva sieťového rozhrania		Linková vrstva
		Fyzická vrstva

## 3.5 Ethernet

Architektúra Ethernet je najrozšírenejšou sieťovou architektúrou pre fyzickú (L1) a sieťovú (L2) vrstvu modelu ISO/OSI. V architektúre TCP/IP tomu zodpovedá vrstva sieťového rozhrania. Využíva kolíznu prístupovú metódu CSMA/CD, ktorá rieši kolízie a prístup k zdieľanému prenosovému prostrediu. Ethernet dovoľuje použitie rôznych topológií a prenosových prostredí, je však nutné dodržiavať topologické pravidlá (napríklad dĺžka segmentu a celej siete). Existuje niekoľko variant Ethernetu [7].

**Ethernet** – rýchlosť prenosu je 10 Mb/s, v súčasnosti sa už nevyužíva. V minulosti boli použité štandardy napríklad 10BASE-T (krútený pár) alebo 10BASE-2 (koaxiálny kábel) [7].

**Fast Ethernet** – rýchlosť prenosu je 100 Mb/s, definuje ho štandard 100BASE-T, ktorý je rozdelený na: 100BASE-TX (krútený pár Cat.5 a vyššie), 100BASE-FX (optické vlákna) a 100-BASE-T4 (krútený pár kategórie 3 a 4) [7].

**Gigabit Ethernet** – rýchlosť prenosu je 1 Gb/s, je definovaný štandardmi 1000BASE-T (krútený pár Cat.5e s využitím všetkých štyroch párov), 1000BASE-TX (krútený pár Cat.6, Cat.6A, Cat.7 a Cat.7A), 1000BASE-SX (optické vlákna – mnohovidový režim) a 1000BASE-LX (optické vlákna – jednovidový režim) [7].

**10 Gigabit Ethernet** – rýchlosť prenosu je 10 Gb/s, okrem LAN sietí je využiteľný aj pre MAN a WAN siete, keďže spĺňa nároky na rýchlosť a dosah za použitia optických vlákien. Je tvorený viacerými štandardmi pre optické a metalické prenosové prostredie (napríklad 10GBASE-T pre metaliku a 10GBASE-LR alebo 10GBASE-LX4 pre optiku) [7].

## **3.6 Aktívne prvky**

Aktívne prvky umožňujú prepojenie medzi koncovými uzlami lokálnej siete, alebo prepojenie medzi sieťami. Majú zásadný vplyv na celkový výkon a kvalitu spojenia. Tieto prvky sa aktívne podieľajú na dianí v sieti, napríklad výber vhodnej trasy pre dáta, kontrola správnosti paketov alebo rozhodnutia, kam má paket prejsť a kam nie [5],[6].

### **3.6.1 Rozbočovač (Hub)**

Hub je prvok počítačovej siete, ktorý umožňuje jej vetvenie a je základom pre sieť s hviezdicovou topológiou. Dáta prichádzajúce na ktorýkoľvek port sú automaticky rozoslané na všetky ostatné porty, čo môže mať za následok zbytočné preťaženie siete. Hub pracuje na prvej vrstve ISO/OSI modelu [8].

### **3.6.2 Prepínač (Switch)**

Switch je aktívny prvok podobný rozbočovaču, umožňuje vetvenie siete a je tiež základom pre sieť s hviezdicovou topológiou. Switch pracuje na druhej vrstve ISO/OSI modelu, čím dokáže rozlíšiť adresáciu informácií. Dáta, ktoré prijme, sú smerované vždy len na jeden port a to podľa MAC adresy, ktorá sa nachádza v prijatom rámci. Oddelením komunikácie stanice od zbytku siete sa eliminuje zahltenie siete. Bežné switche obsahujú 4, 8, 12, 16, 24 alebo 48 RJ-45 portov [5],[7].

Súčasťou niektorých switchov je možnosť vytvorenia tzv. VLAN – Virtual LAN, čo označuje vytvorenie dvoch alebo viacerých oddelených virtuálnych sietí v rámci jednej fyzickej siete, napríklad z bezpečnostných dôvodov. Switch existuje v prevedení Desktop (určený na voľné umiestnenie) alebo Rack (určený na umiestnenie do dátového rozvádzača štruktúrovanej kabeláže) [5],[7].

### **3.6.3 Smerovač (Router)**

Smerovač pracuje na 3. vrstve ISO/OSI modelu. Jeho úlohou je vybrať najvhodnejšiu cestu pre paket, ktorý ním prechádza, preto zhromažďuje informácie o pripojených sieťach. Využíva na to smerovaciu tabuľku, podľa ktorej nasmeruje paket na IP adresu. Typicky sa používa na prepojenie LAN siete so sieťou Internet [7].

## **3.7 Prenosové prostredia**

Pojem prenosové prostredie označuje také prostredie, v ktorom sa signál šíri pomocou prenosového média. Delia sa na ohraničené – drôtové a neohraničené – bezdrôtové. Medzi drôtové patria metalické káble (krútený pár, koaxiál) a optické káble (optické vlákna). Bezdrôtové prostredie je priestor [6],[7].

### 3.7.1 Krútený pár

Jedná sa o najbežnejší typ metalického kábla, je tvorený štyrmi párami medených vodičov. Elektrický signál prenášaný vodičmi je náchylný k vzájomnému rušeniu, preto je každý pár skrútený a tým sa minimalizuje vzájomné ovplyvňovanie. Jednotlivé vodiče sú farebne odlišené a štandardne sú zakončené konektorom RJ-45. Pre zachovanie prenosových vlastností musia mať vodiče v páre čo najlepšiu symetriu. Príkladom je technológia zvarovaných párov, ktoré zachovávajú symetriu aj v ohybe [7],[9].

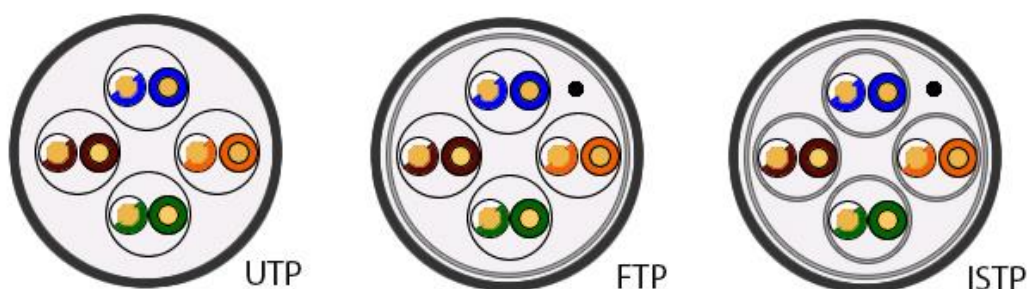
Kábel tohto typu môže byť tienенý opletením alebo fóliou. Výhodou tienenia je zamedzenie vyžarovania elektromagnetického poľa do okolia a zabránenie prieniku vonkajších elektromagnetických polí do vnútra kábla (ochrana pred rušením) [7],[9].

**UTP** – Bez tienenia, jednotlivé páry sú uložené v plastovej izolácii.

**STP** – Kábel je celkovo tienенý opletením (najviac 86% tienenie)

**FTP** – Kábel je celkovo tienенý fóliou (100% tienenie, nesmie dôjsť k roztvoreniu fólie napríklad pri ohyboch kábla)

**ISTP** – Jednotlivé páry sú tienенé fóliou, celý kábel je tienенý opletením/fóliou [7],[9].



Obr. 8: Typy tienenia krútených párov (Zdroj: vlastné spracovanie)

Káble typu krútený pár sú zaradené do kategórií na základe ich vyhotovenia:

Tab. 3: Kategórie kabeláže [9], vlastná úprava

	Frekvenčný rozsah	Prvok pre zníženie presluchu medzi párami v kábli	Prvok pre zníženie presluchu medzi párami susedných káblov	Tienenie	Šírka pásma
Cat.5e	Do 100MHz	nie	nie	UTP, môže byť celkovo tienený	Do 1 Gb/s
Cat.6	Do 250MHz	<b>áno</b>	nie	UTP, môže byť celkovo tienený	Na kratšie vzdialenosti 10 Gb/s, do 100 metrov 1 Gb/s
Cat.6A (1)	Do 500MHz	<b>áno</b>	<b>áno</b>	UTP, môže byť celkovo tienený	Do 10 Gb/s
Cat.6A (2)	Do 500MHz	nie	nie	Individuálne tienené páry, môže byť celkovo tienený	Do 10 Gb/s
Cat.7	Do 600MHz	nie	nie	ISTP	Do 10 Gb/s
Cat.7A	Do 1000MHz	nie	nie	ISTP	Do 10 Gb/s

### 3.7.2 Koaxiál

Koaxiálny kábel je zložený z vnútorného medeného vodiča a vonkajšieho vodiča, ktoré sú oddelené dielektrickou izolačnou vrstvou. Vodiče a dielektrikum sú chránené plášťom. Výhodou oproti krúteným párom je väčší dosah, maximálna vzdialenosť sa pohybuje od 185 metrov do 500 metrov v závislosti od použitého typu kábla. Koaxiál je zakončený BNC konektorom a zariadenia sú prepojené T konektorom. Tento konektor má tri BNC porty, jeden je určený pre zariadenie a dva sú určené pre prichádzajúce a odchádzajúce spojenie. Koaxiálny kábel sa využíva napríklad v CATV (káblova televízia), LAN sieťach alebo telefónnych okruhoch [6].

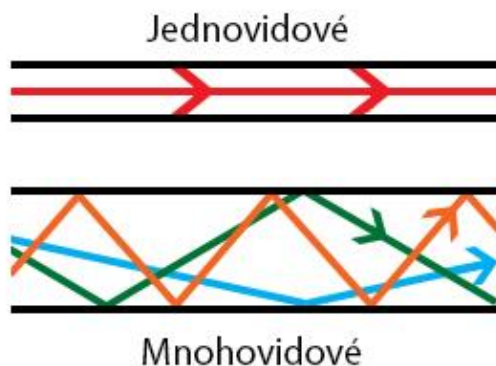
### 3.7.3 Optické vlákna

Na rozdiel od metalických káblov sú informácie v optických vláknach prenášané pomocou svetelných fotónov. Výhodami tejto technológie sú eliminácia problémov pri prenose pomocou elektrického signálu (presluchy, uzemnenie, rušenia, atď.), vysoká prenosová kapacita a rýchlosť, prenos na vzdialenosti až stoviek kilometrov. Optický kábel sa skladá z optického vlákna, primárnej a sekundárnej ochrany, pevnostných prvkov a vonkajšieho plášťa. Tesná sekundárna ochrana zaisťuje potrebnú pevnosť vlákna pre inštaláciu konektora a mechanicky chráni vlákno. Voľná sekundárna ochrana zahŕňa niekoľko vlákien uložených do trubičky, pričom voľný priestor je vyplnený gélom. Vlákna s voľnou ochranou nie sú dostatočne mechanicky odolné, preto nie sú vhodné pre inštaláciu konektora. Optické vlákno je zložené z jadra, cez ktoré prechádzajú fotóny a z odrazovej vrstvy, od ktorej sa fotóny odrážajú [9].

Delenie podľa prenosového režimu vlákien:

**Jednovidové** – určené na prenos na dlhšie trasy, zdrojom svetla je laser. Vláknom prechádza len jeden vid (jeden lúč). Náklady na inštaláciu sú vyššie. Nedochádza k skresleniu, vzdialenosť je obmedzená chromatickou disperziou (CD), polarizačnou vidovou disperziou (PMD) a útlmom.

**Mnohovidové** – majú horšie optické vlastnosti a kratší dosah, použité sú LED diódy. Lúč je rozložený na viacero vidov (svetelných častí) pričom dochádza k skresleniu na cieľovom uzle kvôli časovému odstupu vidov. Náklady na inštaláciu sú nižšie [6],[7].



Obr. 9: Prenosové režimy optických vlákien (Zdroj: vlastné spracovanie)

## 3.8 Univerzálna kabeláž

Pod pojmom univerzálna kabeláž chápeme súbor pravidiel pre tvorbu pasívnej vrstvy sietí. Podporujú široké spektrum aplikácií – analógová a digitálna telefónia, dáta prenášané IP protokolom, riadiace signály, audio/video, atď. Kabelážne systémy umožňujú 100% modularitu systému, veľké šírky pásma, inštalácie s vysokou hustotou (HD - High density), aplikácie v priemysle a dobrý pomer cena/výkon s dlhoročnou garanciou [9],[11].

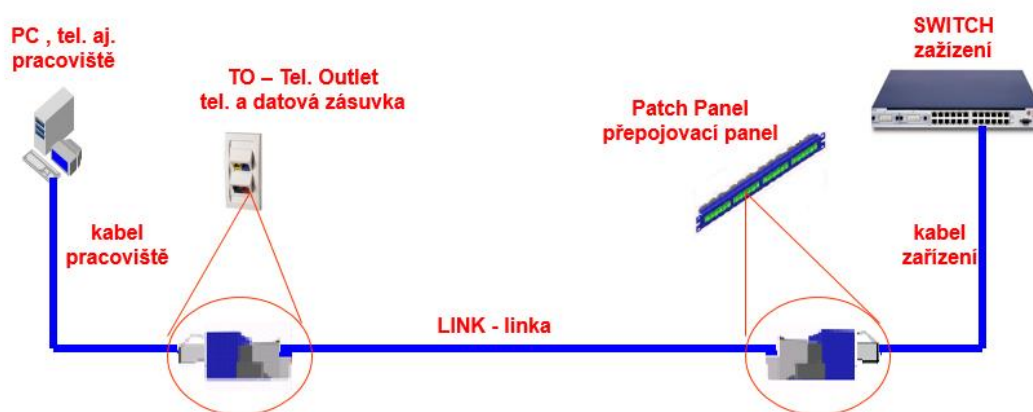
### 3.8.1 Základné pojmy

#### Linka

Je to prenosová cesta medzi konektorom typu Jack v prepojovacom paneli a konektorom typu Jack v dátovej zásuvke. Nezahŕňa prepojovacie káble pracoviska alebo v rozvádzači. Použitý je vodič typu drôt. Maximálna dĺžka elektrického vedenia linky je 90 metrov [9].

#### Kanál

Je tvorený linkou a pracovným vedením (pripojovací kábel pracoviska a kábel zariadenia). Maximálna dĺžka elektrického vedenia kanála je 100 metrov [9].



Obr. 10: Kanál kabelážneho systému [11]

### Trieda a kategória

Kategória klasifikuje materiál pre linku a kanál, hodnotí parametre materiálu, rozlišovacím kritériom je kmitočet (MHz). Trieda klasifikuje aplikáciu sietí, hodnotí parametre nainštalovaného celku vrátane vplyvu prevedenia inštalácie, rozlišovacím kritériom je kmitočet (MHz) [9].

Tab. 4: Triedy použitia siete a kategórie komponentov kabeláže [9]

Trieda	Kategória	Frekvenčný rozsah (do)	Obvyklé použitie
A	1	100 kHz	analógový telefón
B	2	1 MHz	ISDN
C	3	16 MHz	Ethernet 10Mbit/s
	4	20 MHz	Token Ring 16Mbit/s
D	5	100 MHz	FE, ATM155, GE
E	6	250 MHz	ATM1200
E <sub>A</sub>	6A	500 MHz	10GE
F	7	600 MHz	10GE
F <sub>A</sub>	7A	1000 MHz	10GE

### 3.8.2 Normy

Pre kabelážne systémy platí legislatíva (zákony a normy), ktorá musí byť dodržaná. Kabelážny systém musí vždy zodpovedať platným normám. Na medzinárodnej úrovni platí norma ISO IEC IS 11801 – univerzálne kabelážne systémy, z ktorej vychádzajú Americké a Európske normy. Ďalej existujú normy na úrovni jednotlivých krajín (národné normy) [11].

Tab. 5: Základné normy pre komunikačnú infraštruktúru [9],[11],[13]

Norma	Popis
STN EN 50173-1	Generické káblové systémy - Všeobecné požiadavky
STN EN 50173-2	Generické káblové systémy - Kancelárske priestory
STN EN 50173-3	Generické káblové systémy - Priemyselné priestory
STN EN 50173-4	Generické káblové systémy - Obytné priestory
STN EN 50173-5	Generické káblové systémy - Výpočtové strediská
STN EN 50173-6	Generické káblové systémy - Distribučné služby v budovách

Norma	Popis
STN EN 50174-1	Inštalácia káblových rozvodov - Špecifikácia a zabezpečenie kvality inštalácie
STN EN 50174-2	Inštalácia káblových rozvodov - Plánovanie a postupy inštalácie v budovách
STN EN 50174-3	Inštalácia káblových rozvodov - Plánovanie a postupy inštalácie mimo budov
STN EN 50310	Použitie pospájania a uzemnenia v budovách so zariadeniami informačnej techniky

### 3.8.3 Sekcie kabelážneho systému

#### **Chrbticová sekcia**

Prepája dátové rozvádzače siete, podľa normy STN EN 50173 musí mať topológiu hviezda (so stredom v hlavnom rozvádzači). Pre zaistenie lepšej spoľahlivosti môže byť sekcia doplnená redundantnými trasami (priamymi alebo nepriamymi), je dôležité, aby boli trasy vedené fyzicky odlišnou cestou od hlavných vedení [9].

#### **Horizontálna sekcia**

Prepája horizontálny rozvádzač so zásuvkami pracoviska, podľa normy STN EN 50173 vždy v topológii hviezda (so stredom v horizontálnom rozvádzači). Pre horizontálnu sekciu sa používa kábel typu drôt, pričom v dátovom rozvádzači je zakončený v prepojovacom paneli. Linka musí mať na oboch stranách zakončené všetky 4 páry kábla, obvykle konektorom RJ-45 (Jack) alebo v zárezovom bloku [9].

#### **Pracovná sekcia**

Tvorí ju prepojovacie káble v dátovom rozvádzači a prepojovacie káble medzi dátovou zásuvkou a koncovým uzlom. Nemá vlastnú topológiu, predlžuje linky horizontálnej sekcie. Používa sa kábel typu lanko, ktorý je zakončený plugom. Maximálna dĺžka elektrického vedenia je 10 metrov (vedenie v dátovom rozvádzači max. 6 metrov) [9].

### 3.8.4 Organizačné a spojovacie prvky

#### Dátový rozvádzač

V rozvádzači sú umiestnené aktívne prvky, prvky organizácie, prvky konektivity a záložné zdroje, môžu tam byť umiestnené servery a ďalšie potrebné zariadenia. Slúži na ochranu zariadení pred poškodením alebo neoprávneným zásahom. Výška rozvádzača je určená v zástavných jednotkách UNIT (1U = 44,45 mm). Delia sa na otvorené rámy a uzavreté skrine, ďalej podľa umiestnenia (stojanové, nástenné, do zdvojenej podlahy, mobilné, atď.), rozmeru zástavby (uvedené v palcoch), konštrukcie, prevedenia dverí, spôsobu ventilácie a stupňa priemyselnej ochrany. Každý dátový rozvádzač musí byť uzemnený podľa noriem STN EN 50174, STN EN 50310, STN EN 62305-3, STN EN 62305-4 a IEC 364-7-707 [9],[13].



Obr. 11: 10<sup>U</sup> nástenný dátový rozvádzač [14]

#### Konektor

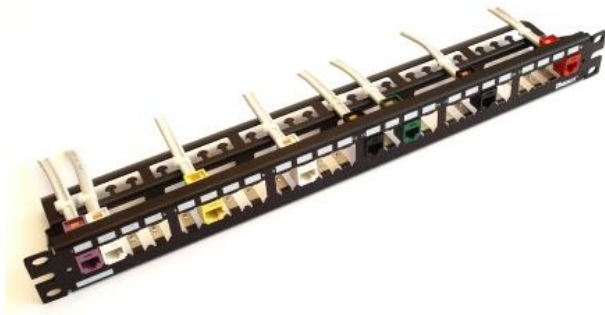
Slúži na zakončenie kábla, pre kábel krútený pár sa štandardne používa osempinový konektor RJ-45. Na linku sa inštaluje RJ-45 Jack, na pracovné vedenie sa inštaluje RJ-45 Plug. V konektore musia byť zakončené všetky 4 páry za použitia narážacieho nástroja alebo samozárezom [9],[11].



Obr. 12: RJ-45 Jack a RJ-45 Plug [14], vlastná úprava

### Prepojovací panel (patch panel)

Je umiestnený v dátovom rozvádzači, slúži na zakončenie linky. Zástavná výška sa udáva v jednotkách UNIT, pričom obvyklá hustota osadenia je 24 portov na 1U, alebo v HD prevedení 48 portov na 1U. Delia sa na integrované a modulárne. Integrované sú s plošným spojom a majú pevne osadené porty, modulárne - držiaky s vymeniteľným počtom a typom portov až do maximálneho rozsahu osadenia [9],[11].



Obr. 13: Modulárny patch panel [11]

### Organizér

Je umiestnený v dátovom rozvádzači za účelom usporiadania káblov. Organizér môže byť horizontálny alebo vertikálny, jednostranný alebo obojstranný, uzavretý (hrebeňový), otvorený (D-ring) alebo kombinovaný. Hrebeňový organizér sa vyrába vo výške 1U a 2U, D-ring vo výške 1U, 2U a 4U a vertikálny od 20U do 45U [9].



Obr. 14: Horizontálny a vertikálny organizér [11], vlastná úprava

## Zásuvka

Nachádza sa v pracovných miestnostiach, slúži na zakončenie linky. Môže mať voliteľný design, napríklad rovnaký ako vypínače a elektrické zásuvky v miestnosti. Podľa konštrukcie sa delia na integrované (s plošným spojom a pevným osadením portov) a modulárne (držiačky s vymeniteľným počtom a typom portov). Podľa umiestnenia sa delia: pre montáž na omietku, montáž na krabicu DIN68 v stene alebo parapetnom žľabe, montáž na krabicu v stene iného rozmeru, montáž do podlahového boxu alebo montáž na špeciálne držiaky (napr. do nábytku) [9],[11].



Obr. 15: Dátové zásuvky [11], vlastná úprava

### 3.8.5 Prvky vedenia a značenia

#### Prvky vedenia

Slúžia na prehľadné vedenie a ochranu káblov a káblových zväzkov. Používajú sa lišty, závesné chrániace rúrky, drôtené rošty, žľaby, parapetné žľaby, pásy na zväzkovanie káblov, káblové stĺpy, káblové rebríky, podlahové rozvodné systémy, atď. [9].



Obr. 16: Prvky vedenia [11], vlastná úprava

## Prvky značenia

Európske normy rady EN 50174 popisujú požiadavky na značenie prvkov kabelážneho systému. Značenie musí byť jednoznačné, musí byť čitateľné, musí odolať vonkajším vplyvom a musí byť odolné voči zmazaniu. Norma neurčuje formát kódu značenia, obvykle sa používa priamy identifikačný kód alebo reverzný identifikačný kód [9].

Označené musia byť:

- všetky káble (minimálne na oboch koncoch)
- káblové zväzky (na koncoch, v mieste vetvenia a kríženia trás)
- prepojovacie panely a ich porty
- zásuvky a ich porty
- ODF a ich porty
- dátové rozvádzače (prípadne ich sekcie)
- technologické miestnosti pre rozvádzače a serverovne
- aktívne prvky a ich porty
- Cross-connect bod a Cross Patch Cord [9]



Obr. 17: Príklad označenia portov [11]

## **4 VLASTNÝ NÁVRH RIEŠENIA**

Táto kapitola obsahuje vlastný návrh počítačovej siete, ktorý vychádza z analýzy prostredia a požiadaviek investora. Návrh popisuje použitú technológiu prenosu, trasy kabeláže, umiestnenie a počet prípojných miest, prvky vedenia a značenia, organizačné a spojovacie prvky, aktívne prvky a ekonomické zhodnotenie návrhu.

### **4.1 Topológia**

Pre horizontálnu sekciu navrhujem podľa normy STN EN 50173 topológiu hviezda, so stredom v hlavnom dátovom rozvádzači.

### **4.2 Technológia**

Pre objekt navrhujem použitie technológie Gigabit Ethernet v pevnej sieti a štandardu IEEE 802.11 b/g/n/ac v bezdrôtovej sieti. Pre túto technológiu navrhujem triedu kabeláže D, ktorej zodpovedajú metalické káble kategórie 5.

### **4.3 Umiestnenie a počet prípojných miest**

Odvíja sa od požiadaviek investora a analýzy súčasného stavu. Každá miestnosť v objekte má iné zameranie a rôzny počet zariadení, ktoré budú pripojené. Do návrhu treba zväziť aj pripojenie IP kamier, IP telefónov a Wi-Fi prístupových bodov. Pre kabinet 1.05 a riaditeľňu 2.01 navrhujem štyri prípojné miesta - pre počítač, IP telefón, osobný notebook a jedno prípojné miesto ako rezervu. V zborovni 2.04 navrhujem tri prípojné miesta - pre počítač, IP telefón, sieťovú tlačiareň a tri prípojné miesta ako rezerva pre notebooky zamestnancov. Ostatné notebooky budú pripojené bezdrôtovo. Na chodbách 1. a 2. poschodia je potrebné zaistiť prípojné miesta pre Wi-Fi prístupové body.

Pre počítačové učebne navrhujem dostatočný počet prípojných miest na pripojenie učiteľského a študentských počítačov, plus jeden port ako rezerva pre učiteľa. V ostatných učebniach navrhujem jedno prípojné miesto pre počítač a jeden port ako rezerva pre učiteľa.

V nasledujúcej tabuľke je spracovaný prehľad prípojných miest v objekte.

Tab. 6: Počet prípojných miest (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Poschodie	Číslo	Miestnosť	PC	IP kamera	IP telefón	Notebook	Rezerva / iné	Celkom
1.		Chodba 1.p		2			1	3
	1.02	Učebňa VI.	1	1			1	3
	1.03	Učebňa V.	1	1			1	3
	1.04	Hala		1				1
	1.05	Kabinet	1		1	1	1	4
		Schodisko		1				1
2.		Chodba 2.p		1			2	3
	2.01	Riaditeľňa	1		1	1	1	4
	2.02	PC Učebňa	19	1			1	21
	2.03	Učebňa VIII.		1				1
	2.04	Zborovňa	1		1		4	6
	2.05	Učebňa VII.	11	1			1	13
	Celkom							63

#### 4.4 Káblové trasy

Kabeláž horizontálnej sekcie je rozdelená do viacerých káblových trás, ktoré sú označené písmenami abecedy (A, B, C a D). Pokiaľ nie je napísané inak, káble budú vedené približne 20 cm od stropu. Odtiaľ budú spúšťané v lištách ku dátovým zásuvkám umiestneným približne 30 cm nad zemou. Podľa normy STN EN 50173 nepresahuje žiadna linka dĺžku elektrického vedenia 90 metrov. Káblové trasy sú zaznačené v prílohách č.4 a č.5.

### **Trasa A**

30 káblov vychádza z rozvádzača DR-1 v miestnosti 2.06. Trasa vedie cez prerazené steny postupne cez schodisko, miestnosť 2.01, 2.02 až do miestnosti 2.03. Na schodisku je jedna linka privedená k IP kamere. Pri stene miestnosti 2.01 sa trasa vetví a 3 káble vedú popri miestnostiach 2.01 a 2.02 až k IP kamere a ku dvom Wi-Fi AP na strope chodby. V miestnosti 2.02 je 24 káblov spustených cez lištu do parapetného žľabu, v ktorom sa nachádzajú zásuvky 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14 a 15. Štyri káble z tohto žľabu budú v mieste zásuvky 04 a 05 vedené cez prevŕtanú stenu do miestnosti 2.01. Zvyšné 2 káble tejto trasy vedú popri IP kamere, do ktorej vedie jedna linka. V miestnosti 2.03 je trasa ukončená pri IP kamere, ktorá sa do nej napája.

Trasa pre prívod kábla poskytovateľa Internetu bude viesť popri trase A, avšak bude začínať v dátovom rozvádzači a končiť niekde v oblasti nad dátovou zásuvkou 11. Táto trasa bude vedená v chráničke.

### **Trasa B**

19 káblov vychádza z dátového rozvádzača DR-1 v miestnosti 2.06. Trasa vedie cez prerazené steny postupne cez chodbu, miestnosť 2.05 až do miestnosti 2.04. V miestnosti 2.05 je trasa vedená popri IP kamere, ktorá sa do nej napája. 12 káblov je cez lištu spustených do parapetného žľabu, v ktorom sa nachádzajú zásuvky 17, 18, 19, 20, 21 a 22. V miestnosti 2.04 je trasa ukončená nad dátovou zásuvkou 16, kam je zvyšných 6 káblov spustených.

### **Trasa C**

6 káblov vychádza z dátového rozvádzača DR-1 v miestnosti 2.06. Trasa vedie cez prerazenú stenu do predsiene miestnosti 2.06, kde pomocou stúpačky zostupuje do miestnosti pod ňou, na prvé poschodie. Odtiaľ vedie cez prerazenú stenu pozdĺž schodiska a pred vchodom miestnosti 1.01 sa vetví. Jedna vetva (3 káble) prechádza cez prerazenú stenu do miestnosti 1.02, tam je vedená popri IP kamere, ktorá sa do nej napája a vetva je ukončená nad dátovou zásuvkou 01, kde sú 2 káble spustené. Druhá vetva (3 káble) vedie smerom k východu z budovy, prechádza na druhú stranu chodby, kde je privedená k dvom IP kamerám a následne je jedna linka vedená k Wi-Fi AP na strope chodby.

## Trasa D

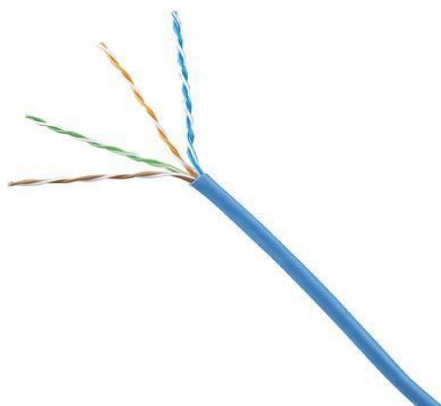
8 káblov vychádza z dátového rozvádzača DR-1 v miestnosti 2.06. Trasa vedie cez prerazenú stenu do predsiene miestnosti 2.06, kde pomocou stúpačky zostupuje do miestnosti pod ňou, na prvé poschodie. Odtiaľ vedie cez prerazené steny cez chodbu, miestnosť 1.05, 1.04 až do miestnosti 1.03. V miestnosti 1.05 sú 4 káble spustené k dátovej zásuvke 03. V miestnosti 1.04 je trasa vedená popri IP kamere, ktorá sa do nej napája. V miestnosti 1.03 je trasa vedená popri IP kamere, ktorá sa do nej napája a trasa je ukončená nad dátovou zásuvkou 02, kam sú zvyšné 2 káble spustené.

## 4.5 Kabeláž

V tejto kapitole vyberiem vhodnú kabeláž pre horizontálnu a pracovnú sekciu.

### 4.5.1 Horizontálna sekcia

Pri výbere som zohľadnil fakt, že v objekte nedochádza k žiadnemu elektromagnetickému rušeniu. Preto pre horizontálnu sekciu navrhujem netienený krútený pár (UTP kábel) kategórie Cat.5 typu drôt. Kábel musí byť vyhotovený z LSZH (bezhalogénového) materiálu, pretože sa bude nachádzať v priestoroch so zvýšeným výskytom osôb. Konkrétne navrhujem typ NUL5C04BU-C od výrobcu Panduit.



Obr. 18: Metalický UTP kábel typu NUL5C04BU-C [17]

Keďže pre IP kamery a Wi-Fi AP nebudú zriadené dátové zásuvky, navrhujem pre tieto spoje kábel typu 1752A od výrobcu Belden. Jedná sa o UTP kábel typu lanko, kategórie Cat.5. Na tento kábel je možné nakonektorovať RJ-45 jack a RJ-45 plug.

#### 4.5.2 Pracovná sekcia

Na prepojenie dátových zásuviek s koncovými zariadeniami navrhujem netienený krútený pár (UTP kábel) kategórie Cat.5 typu lanko z LSZH materiálu, zakončený RJ-45 plugmi. Konkrétne navrhujem káble výrobcu Panduit, podľa potreby o dĺžke 2 metre (UTP28CH2MBL), 3 metre (UTP28CH3MBL) a 5 metrov (UTP28CH5MBL).



Obr. 19: Metalický UTP kábel typu UTP28CH1MBL [18]

Na prepojenie prvkov v dátových rozvádzačoch budú potrebné metalické patch káble. Navrhujem použiť rovnaký kábel kategórie Cat.5, ako som navrhol na prepojenie dátových zásuviek s koncovými zariadeniami. Navrhujem káble o dĺžke 1 meter (UTP28CH1MBL) a 2 metre (UTP28CH2MBL). Pre spojenia vedené do PoE zariadení navrhujem farebné odlíšenie, vybral som kábel modrej farby s označením UTP28CH1MBU pre 1 meter a UTP28CH2MBU pre 2 metre.

## 4.6 Spojovacie prvky

Navrhujem použitie modulárnych spojovacích prvkov, pretože eliminujú vplyv ľudského faktora pri inštalácii a sú flexibilné. Výrobcovia ponúkajú modulárne prvky v rôznych designových prevedeniach.

### 4.6.1 Konektory

Horizontálna metalická kabeláž bude ukončená netieneným RJ-45 jackom kategórie Cat.5. Navrhujem použiť Mini-Com UTP jack od výrobcu Panduit, s uchytením Keystone. Pre linky vedené k PoE zariadeniam navrhujem jack modrej farby (typ CJ588BUY), pre ostatné navrhujem jack bielej farby (typ CJ588AWY).



Obr. 20: Metalický konektor typu CJ588AWY [19]

Pre kábel Belden 1752A navrhujem netienené RJ-45 plugy kategórie Cat.5, konkrétne typ MP588-L od výrobcu Panduit. Jedná sa o plug pre káble so šírkou prierezu 24 AWG.



Obr. 21: Plug typu MP588-L [20]

#### 4.6.2 Prepojovacie panely

Do dátového rozvádzača navrhujem použitie modulárnych prepojovacích panelov typu CP24WSLGY (24-portový) a CPP48HDEWBL (48-portový HD) od výrobcu Panduit. Do týchto typov je možné umiestniť 24 a 48 Mini-Com konektorov, obidva panely zaberajú 1U a sú vyrobené z ocele. Panely majú vyvážovacia lištu.



Obr. 22: Prepojovací panel typu CP24WSLGY [21]

#### 4.6.3 Dátové zásuvky

Pri výbere designu dátových zásuviek bol dôležitý názor investora, pretože zásuvky musia zapadať do prostredia. Spolu s investorom sme vybrali zásuvky od výrobcu ABB, konkrétne produktovú radu Time®. Tieto zásuvky budú umiestnené v miestnosti 2.01 a na parapetných žľaboch, budú osadené dvomi Panduit Mini-Com konektormi.



Obr. 23: Dátová zásuvka ABB Time (kryt a rám) [22], vlastná úprava

Pre umiestnenie týchto zásuviek na parapetné žľaby je potrebné montážne príslušenstvo (prístrojová krabica), navrhujem typ KP PK HB od výrobcu Kopus.



Obr. 24: Prístrojová krabica typu KP PK HB [23]

Pre umiestnenie zásuviek v miestnosti 2.01 navrhujem použiť podomietkovú prístrojovú krabicu KP 64/2 KA od výrobcu Kopos. Hĺbka krabice je 45mm a je na ňu možné umiestniť dve zásuvky od výrobcu ABB. Pre krabicu je nutné vyfrézovať dieru do steny.



Obr. 25: Prístrojová krabica typu KP 64/2 KA [24]

Ďalej sme spolu s investorom vybrali zásuvky rady CBX od výrobcu Panduit. Tieto zásuvky budú umiestnené na omietku a použijú sa v miestnostiach 1.02, 1.03, 1.05 a 2.04. Pre miestnosti 1.02 a 1.03 navrhujem 2-portové zásuvky typu CBX2AW-AY, pre miestnosť 1.05 navrhujem 4-portovú zásuvku typu CBX4AW-AY a pre miestnosť 2.04 navrhujem 6-portovú zásuvku typu CBXD6AW-AY.



Obr. 26: Dátová zásuvka typu CBX4AW-AY [25]

## 4.7 Prvky organizácie

Pre umiestnenie prvkov siete a organizáciu kabeľáže navrhujem využitie dátového rozvádzača a organizérov.

### 4.7.1 Dátový rozvádzač

Navrhujem použiť jeden dátový rozvádzač (DR), v ktorom bude umiestnené dátové úložisko, záložné napájanie, router a prvky vetvenia horizontálnej sekcie. Umiestnenie

dátového rozvádzača DR-1 navrhujem do miestnosti 2.06. Miestnosť je uzamykateľná a má možnosť odvetrávania vzduchu.

Pre tento účel navrhujem rozvádzač typu KR110 68-32, jedná sa o 19“ uzatvorený stojanový rozvádzač s rozmermi 1740x800x600mm, výška rozvádzača je 32U. Rozvádzač je uzamykateľný.



Obr. 27: Stojanový dátový rozvádzač typu KR110 68-32 [15]

Podľa normy STN EN 50310 musí byť dátový rozvádzač uzemnený. Rozloženie jednotiek v rozvádzači sa nachádza v prílohe č. 3.

#### 4.7.2 Organizéry kabeláže

Pre horizontálnu organizáciu kabeláže v dátovom rozvádzači navrhujem jednostranné hrebeňové organizéry o výške 1U a 2U. Tieto požiadavky spĺňajú organizéry typu WMPFSE (1U) a WMPF1E (2U) od výrobcu Panduit.



Obr. 28: Horizontálny organizér typu WMPFSE [26]

## 4.8 Prvky vedenia

Podmienkou investora je, že kabeláž nemôže byť vedená v stenách. V objekte sa nenachádzajú podhlady ani dvojité podlahy, preto navrhujem použitie nástenných prvkov, konkrétne lišty a parapetné žľaby od výrobcu Kopus. Tento výrobca tiež ponúka rôzne ďalšie diely pre zaistenie hladkých prechodov medzi prvkami vedenia.

### 4.8.1 Parapetné žľaby

Do miestností s vyšším počtom prípojných miest (miestnosti 2.02 a 2.05) navrhujem parapetné žľaby z bezhalogénového materiálu od výrobcu Kopus. Konkrétny typ žľabu je PK 110X70 D HF HD s rozmermi 113x70mm.



Obr. 29: Parapetný žľab typu PK 110X70 D HF HD [27]

### 4.8.2 Lišty

Pre horizontálnu sekciu (s výnimkou miestností 2.02 a 2.05) navrhujem použiť lišty z bezhalogénového materiálu od výrobcu Kopus. V závislosti od počtu vedených káblov na danej trase navrhujem použitie viacerých rozmerov. Na trasy s počtom do 40 káblov navrhujem typ EKD 80X40HF HD s rozmermi 80x40mm, na trasy s počtom do 20 káblov typ LHD 40X40HF HD s rozmermi 40x40mm, na trasy s počtom do 10 káblov typ LHD 40X20HF HD s rozmermi 40x20mm a na trasy s počtom do 5 káblov typ LHD 20X10HF HD s rozmermi 20x10mm.



Obr. 30: Lišta typu LHD 40X20HF HD [28]

### 4.8.3 Chráničky

Pre kábel od poskytovateľa Internetu navrhujem použiť ohybnú kovovú chráničku o vnútornom priemere 23mm, konkrétne typ 3323 od výrobcu Kopos.



Obr. 31: Chránička typu 3323 [36]

## 4.9 Značenie kabeláže

Značenie uľahčuje orientáciu v rámci kabeláže a jej zapojenia. Označené musia byť všetky káble na oboch koncoch, dátové zásuvky a ich porty, patch panely a ich porty.

Pre označenie portov navrhujem priamy identifikačný kód v tvare **YYZ** – YY označuje poradové číslo dátovej zásuvky a Z označuje konkrétny port v zásuvke. V tom prípade bude mať port B v dátovej zásuvke 7 označenie **07B**. Týmto kódom budú značené dátové káble, porty dátových zásuviek a porty prepojovacích panelov. Pre označenie portov a káblov IP kamier navrhujem značenie **KamX** – X označuje poradové číslo kamery. Pre označenie portov a káblov prístupových bodov navrhujem značenie **APX** – X označuje poradové číslo prístupového bodu.

#### 4.9.1 Prvky značenia

Na označenie portov dátových zásuviek a prepojovacích panelov navrhujem použiť štítky typu S100X125VAFY od výrobcu Panduit. Na značenie kabeláže navrhujem štítky typu S050X150YAJ, taktiež od výrobcu Panduit.

### 4.10 Aktívne prvky

V nasledujúcej kapitole sa zameriam na výber aktívnych prvkov siete. Ešte predtým ale vyberiem poskytovateľa pripojenia do siete Internet.

#### 4.10.1 Pripojenie do siete Internet

Ako nového poskytovateľa navrhujem spoločnosť RKnet, s.r.o. s dlhoročným pôsobením v meste Ružomberok. Spoločnosť ponúka vysokorychlostné pripojenie až 70 Mbit/s bez dátového a časového obmedzenia. Pripojenie je zabezpečené optickým káblom zavedeným do budovy, ku ktorému je možné prenajať si konvertor z optiky na metaliku. Spoločnosť ďalej ponúka služby VoIP spolu s možnosťou zakúpenia VoIP telefónov.

#### 4.10.2 Router

Pre objekt navrhujem použiť router s umiestnením do racku, ktorý má aspoň jeden WAN port, dva gigabitové LAN porty a musí vedieť spravovať VLAN. Tieto parametre spĺňa rackový router TP-LINK TL-ER5120, jedná sa o gigabitový router s jedným fixným WAN portom, jedným fixným LAN portom a s tromi flexibilnými WAN/LAN portmi.



Obr. 32: Router TP-LINK TL-ER5120 [30]

### 4.10.3 Switch

Keďže je celá sieť navrhovaná na štandard Gigabit Ethernet, je potrebné zvoliť switche, ktoré tento štandard zachovávajú. Preto do objektu navrhujem jeden 48-portový gigabitový switch s umiestnením do racku. Ďalej je potrebný jeden 24-portový gigabitový switch s funkciou PoE, kvôli napájaniu IP kamier, VoIP telefónov a Wi-Fi AP.

Parametre 48-portového switchu spĺňa rackový switch TP-LINK T1600G-52TS, tento switch má ďalšie 4 SFP porty, disponuje funkciami VLAN a QoS. SFP port tohto switchu môže byť využitý na prívod Internetu cez optický kábel (vytvorením VLAN s jedným SFP a jedným metalickým portom), čím sa ušetria náklady za prenajatý optický konvertor.

Parametre PoE switchu spĺňa 24-portový rackový switch D-Link DGS-1026MP, tento switch má ďalšie 2 SFP combo porty, disponuje funkciami QoS, VLAN a PoE. Obidva switche zaberajú 1U.



Obr. 33: Switch TP-LINK T1600G-52TS [29]

### 4.10.4 Wi-Fi Prístupový bod (AP)

Prístupový bod bezdrôtovej siete bude slúžiť na pripojenie učiteľských notebookov a školských tabletov, ale bude dostupný aj pre žiakov. Vybral som UniFi UAP-AC-LR od výrobcu Ubiquiti, ktorý má okrem moderného vzhľadu výhodu súčasnej prevádzky v 2,4 GHz a 5 GHz pásme, čím dosahuje prenosové rýchlosti 450 Mbps + 867 Mbps. Napájaný je pomocou PoE a má jeden GLAN port, výkon signálu je 24 dBm.

Predmetné AP budú namontované na strop, ich umiestnenie je uvedené v prílohe č.1 a č.2. Prístupové body musia byť prepojené s PoE switchom v hlavnom DR. Výrobca uvádza

kapacitu až 127 pripojených zariadení na jeden AP, ale kvôli zachovaniu lepších prenosových parametrov navrhujem obmedziť počet na 35 pripojení na jeden AP. V priemere sa v triede nachádza 18 žiakov, z toho dôvodu navrhujem jeden AP na 1. poschodí a dva AP na 2. poschodí.



Obr. 34: Prístupový bod Ubiquiti UniFi UAP-AC-LR [31]

## **4.11 Kamerový systém**

Do priestorov navrhujem IP kamery spolu so sieťovým rekordérom NVR, dátové úložisko na ukladanie záznamov a záložný zdroj v prípade výpadku elektriny.

### **4.11.1 IP Kamery**

Vybral som IP kamery UNIFEM Video Camera G3 od výrobcu Ubiquiti. Tieto kamery disponujú rozlíšením Full HD so snímkovacou frekvenciou 30 fps, majú IR filter pre nočný režim, mikrofón, výstup je v kompresii H.264 a sú napájané cez PoE. Kamery budú snímať všetky priestory, ktoré určil investor. Umiestnenie a počet IP kamier sa nachádza v prílohe č.1 a č.2. Kamery musia byť prepojené s PoE switchom v DR-1.



Obr. 35: IP kamera Ubiquiti UNIFEM Video Camera G3 [32]

#### 4.11.2 Sieťový rekordér (NVR) a dátové úložisko

Pre navrhnuté IP kamery odporúčam sieťový rekordér UNIFEM NVR Controller od výrobcu Ubiquiti. Predmetný rekordér disponuje vstavaným 500GB harddiskom, gigabitovým RJ-45 portom, dvomi USB 3.0 a štyrmi USB 2.0 portmi. Výrobca uvádza podporu až pre 50 kamier, avšak pri HD kamerách odporúča iba 20. Svojou veľkosťou sa bez problémov zmestí do 1U v dátovom rozvádzači, prepojený bude s PoE switchom.



Obr. 36: NVR rekordér Ubiquiti UNIFEM NVR Controller [33]

Na základe technických parametrov IP kamier a rozhodnutia investora na počet hodín uloženého záznamu som vyrátal nároky kamerového systému na dátové úložisko. Uloženie posledných 120 hodín na desiatich IP kamerách vyžaduje 2,5 TB úložného priestoru, avšak kvôli odchýlke merania odporúčam vyhradiť 3 TB pre kamerový systém. Ďalší 1 TB bude vyhradený ako sieťové úložisko pre potreby vyučovania.

Navrhujem použiť NAS typu RackStation RS816 od výrobcu Synology. Tento typ je v prevedení s umiestnením do racku a zaberá 1U, má dvojjadrový procesor s 1.8 GHz taktom, 1 GB RAM, miesto pre 4x 3.5" SATA HDD až 40 TB, 2x GLAN a 2x USB 3.0. Do úložiska navrhujem 2 harddisky typu Red 4 TB od spoločnosti Western Digital, ktoré

budú zapojené v RAID 1 (disk mirroring). Zvyšné 2 sloty sú voľné pre ďalšie rozšírenie. Úložisko bude do siete pripojené pomocou obidvoch RJ-45 portov.



Obr. 37: Dátové úložisko Synology RackStation RS816 [34]

#### 4.11.3 Záložný zdroj (UPS)

Pre zabezpečenie fungovania IP kamier aj v prípade výpadku elektriny navrhujem záložný zdroj s výkonom 600W, v ktorom bude zapojený router, PoE switch, rekordér NVR a dátové úložisko. Tieto požiadavky spĺňa typ E3 LCD - 800 RT od výrobcu INFOSEC. Zdroj má výkon 600W, má 8 zásuviek, RJ-45 port, USB port a je v prevedení s umiestnením do racku. Po výpadku elektriny by mal v tomto zapojení vydržať napájať viac ako 20 minút.



Obr. 38: Záložný zdroj INFOSEC E3 LCD - 800 RT [35]

## 4.12 Ekonomické zhodnotenie

V ekonomickom zhodnotení sú zahrnuté všetky aktívne aj pasívne prvky, použité v tomto návrhu. Ceny sú uvedené na základe cenníkov výrobcov alebo internetových predajcov v čase vytvárania tohto návrhu, preto sa môžu ceny u rôznych predajcov v rôznom čase líšiť. V návrhu sa nachádzajú aktívne prvky v cene približne 660 EUR, koncové uzly za približne 2740 EUR, materiál pasívnej vrstvy za približne 2890 EUR a cena návrhu, inštalácie, merania a certifikácie je 1500 EUR. Celková suma je približne 7800 EUR, ceny sú uvedené bez DPH. Podrobný rozpis nákladov sa nachádza v prílohe č.6.

## ZÁVER

Zámerom mojej bakalárskej práce bolo vytvoriť návrh počítačovej siete pre budovu súkromnej základnej školy v meste Ružomberok. Predmetná škola denno-denne využíva počítače, tablety a inú techniku na skvalitnenie vyučovacieho procesu, avšak často je tento proces brzdený aktuálnym stavom siete.

Vďaka analýze súčasného stavu som bol schopný zdokumentovať priestory budovy, stav pevnej aj bezdrôtovej siete a požiadavky investora. Výsledkom analýzy boli dôležité informácie, ktoré som musel neskôr v návrhu zohľadniť. V teoretickej časti práce som z rôznych zdrojov zhrnul teoretické poznatky, potrebné pre správny návrh počítačovej siete. V časti vlastného návrhu som tiež okrem informácií z analýzy využil práve tieto teoretické podklady.

Výsledný návrh splnil cieľ bakalárskej práce, nakoľko som dodržal požiadavky investora a návrh je pripravený na implementáciu, po ktorej nebude nutné akokoľvek zasahovať do siete po nejakú dobu. Pokiaľ sa investor v budúcnosti rozhodne sieť rozširovať, môže využiť ponechanú rezervu v dátovom rozvádzači a v prvkoch vedenia, čím ušetrí peniaze.

## ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮV

- [1] HEJNA, L. *Lokální počítačové sítě*; 1.vydání. Praha : Grada, 1994. 139 s. ISBN 80-85623-99-4
- [2] *Introduction to LAN, WAN and MAN: Networking Tutorial* [online]. 2014 [cit. 2016-11-10]. Dostupné z: <https://blog.udemy.com/lan-wan-man/>
- [3] *How Star, Bus, Ring & Mesh Topology Connect Computer Networks in Organizations* [online]. 2015 [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://study.com/academy/lesson/how-star-topology-connects-computer-networks-in-organizations.html>
- [4] *Types of Network Topology* [online]. 2016 [cit. 2016-11-19]. Dostupné z: <http://www.studytonight.com/computer-networks/network-topology-types>
- [5] *An overview of active components in an IP Network* [online]. 2009 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: <http://www.excitingip.com/26/an-overview-of-active-components-in-an-ip-network/>
- [6] BIGELOW, S. J. a P. MATĚJŮ. *Mistrovství v počítačových sítích: správa, konfigurace, diagnostika a řešení problémů*. 1.vydání. Brno: Computer Press, 2004. 990s. ISBN 80-251-0178-9.
- [7] HORÁK, J. a M. KERŠLÁGER. *Počítačové sítě pro začínající správce*. 5. aktualizované vydání. Brno: Computer Press, 2011. 303s. ISBN 978-80-251-3176-3.
- [8] *Hub* [online]. 2009 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.webopedia.com/TERM/H/hub.html>
- [9] JORDÁN, V. a V. ONDRÁK. *Infrastruktura komunikačních systémů I: Univerzální kabelážní systémy*. 2. Rozšířené vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. 350 s. ISBN 978-80-214-5115-5.

- [10] DOSTÁLEK, L. a A. KABELOVÁ. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 2. aktualiz. vyd. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-323-4.
- [11] ONDRÁK V. *Počítačové sítě (přednáška)*. Brno: VUT v Brně, Fakulta podnikatelská, 2013.
- [12] *Networking Basics: TCP, UDP, TCP/IP and OSI Model* [online]. 2007 [cit. 2016-12-22]. Dostupné z: <https://www.pluralsight.com/blog/it-ops/networking-basics-tcp-udp-tcpip-osi-models>
- [13] *Portál noriem* [online]. 2016 [cit. 2016-12-17]. Dostupné z: <https://www.sutn.sk/>
- [14] KASSEX - *10" Nástěnný datový rozvaděč* [online]. ©1995-2009 [cit. 2017-01-17]. Dostupné z: <http://www.kassex.cz/produkty/datove-rozvadece/10-nastenne-rozvadece>
- [15] KASSEX - *Stojanové datové rozvaděče OKUS KLASIK* [online]. ©1995-2009 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.kassex.cz/produkty/datove-rozvadece/19-stojanove-rozvadece>
- [16] KASSEX - *Nástěnné datové rozvaděče OKUS MINI - řada KR120* [online]. ©1995-2009 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.kassex.cz/produkty/datove-rozvadece/19-nastenne-rozvadece>
- [17] PANDUIT - *NUL5C04BU-C* [online]. 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.panduit.com/en/products-and-services/products/copper-systems/cable/category-5e-unshielded/NUL5C04BU-C>
- [18] PANDUIT - *UTP28CHIMBL* [online]. 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.panduit.com/en/products-and-services/products/copper-systems/patch-cords-and-cable-assemblies/category-5e-patch-cords/utp/UTP28CHIMBL>
- [19] PANDUIT - *CJ588AWY* [online]. 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.panduit.com/en/products-and-services/products/copper-systems/connectors/jack-modules/category-5e-utp/CJ588AWY>

- [20] PANDUIT - *MP588-L* [online]. 2017 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://www.panduit.com/en/products-and-services/products/copper-systems/connectors/modular-plugs/category-5e/MP588-L>
- [21] PANDUIT - *CP24WSLGY* [online]. 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.panduit.com/en/products-and-services/products/copper-systems/patch-panels/modular/CP24WSLGY>
- [22] ABB - *5014E-A00400 01* [online]. 2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/catalog.asp?thema=10139&item=32562&category=4215>
- [23] KOPOS - *KP PK HB* [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://koposkatalog.cz/detail.php?id=39982>
- [24] KOPOS - *KP 64/2 KA* [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://koposkatalog.cz/detail.php?id=7008>
- [25] PANDUIT - *CBX4AW-AY* [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.panduit.com/en/products-and-services/products/copper-systems/faceplates-and-boxes/surface-mount-boxes/4-port/CBX4AW-AY>
- [26] PANDUIT - *WMPFSE* [online]. 2017 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.panduit.com/en/products-and-services/products/cabinets-thermal-management-racks-and-enclosures/cable-management/horizontal/WMPFSE>
- [27] KOPOS - *PK 110X70 D HF HD* [online]. 2017 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://koposkatalog.cz/detail.php?id=42412>
- [28] KOPOS - *LHD 40X20HF HD* [online]. 2017 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://koposkatalog.cz/detail.php?id=41816>
- [29] TP-LINK - *T1600G-52TS* [online]. 2017 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: [http://www.tp-link.com/us/products/details/cat-40\\_T1600G-52TS.html](http://www.tp-link.com/us/products/details/cat-40_T1600G-52TS.html)

- [30] TP-LINK - *TL-ER5120* [online]. 2017 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: [http://www.tp-link.com/us/products/details/cat-4910\\_TL-ER5120.html](http://www.tp-link.com/us/products/details/cat-4910_TL-ER5120.html)
- [31] UBIQUITI - *UniFi UAP-AC-LR* [online]. 2017 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <https://www.ubnt.com/unifi/unifi-ap-ac-lr/>
- [32] UBIQUITI - *UNIFEM Video Camera G3* [online]. 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://www.ubnt.com/unifi-video/unifi-video-camera-g3/>
- [33] UBIQUITI - *UNIFEM NVR Controller* [online]. 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://www.ubnt.com/unifi-video/unifi-nvr/>
- [34] SYNOLOGY - *RackStation RS816* [online]. 2017 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://www.synology.com/en-us/products/RS816>
- [35] INFOSEC - *E3 LCD RT 800* [online]. 2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.infosec-ups.com/en/ups/e3-lcd-rt-800.html>
- [36] KOPOS - *3323* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://kuposkatalog.cz/detail.php?id=42576>

## ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1: Pôdorys prvého poschodia.....	14
Obr. 2: Pôdorys druhého poschodia.....	16
Obr. 3: Zbernicová topológia.....	22
Obr. 4: Hviezdicová topológia.....	22
Obr. 5: Kruhová topológia.....	23
Obr. 6: Zmiešaná topológia.....	23
Obr. 7: Model ISO/OSI.....	25
Obr. 8: Typy tienenia krútených párov.....	30
Obr. 9: Prenosové režimy optických vlákien.....	32
Obr. 10: Kanál kabelážneho systému.....	33
Obr. 11: 10" nástenný dátový rozvádzač.....	36
Obr. 12: RJ-45 Jack a RJ-45 Plug.....	36
Obr. 13: Modulárny patch panel.....	37
Obr. 14: Horizontálny a vertikálny organizér.....	37
Obr. 15: Dátové zásuvky.....	38
Obr. 16: Prvky vedenia.....	38
Obr. 17: Príklad označenia portov.....	39
Obr. 18: Metalický UTP kábel typu NUL5C04BU-C.....	43
Obr. 19: Metalický UTP kábel typu UTP28CH1MBL.....	44
Obr. 20: Metalický konektor typu CJ588AWY.....	45

Obr. 21: Plug typu MP588-L.....	45
Obr. 22: Prepojovací panel typu CP24WSLGY.....	46
Obr. 23: Dátová zásuvka ABB Time (kryt a rám).....	46
Obr. 24: Prístrojová krabica typu KP PK HB.....	46
Obr. 25: Prístrojová krabica typu KP 64/2 KA.....	47
Obr. 26: Dátová zásuvka typu CBX4AW-AY.....	47
Obr. 27: Stojanový dátový rozvádzač typu KR110 68-32.....	48
Obr. 28: Horizontálny organizér typu WMPFSE.....	48
Obr. 29: Parapetný žľab typu PK 110X70 D HF HD.....	49
Obr. 30: Lišta typu LHD 40X20HF HD.....	50
Obr. 31: Chránička typu 3323.....	50
Obr. 32: Router TP-LINK TL-ER5120.....	51
Obr. 33: Switch TP-LINK T1600G-52TS.....	52
Obr. 34: Prístupový bod Ubiquiti UniFi UAP-AC-LR.....	53
Obr. 35: IP kamera Ubiquiti UNIFEM Video Camera G3.....	54
Obr. 36: NVR rekordér Ubiquiti UNIFEM NVR Controller.....	54
Obr. 37: Dátové úložisko Synology RackStation RS816.....	55
Obr. 38: Záložný zdroj INFOSEC E3 LCD - 800 RT.....	55

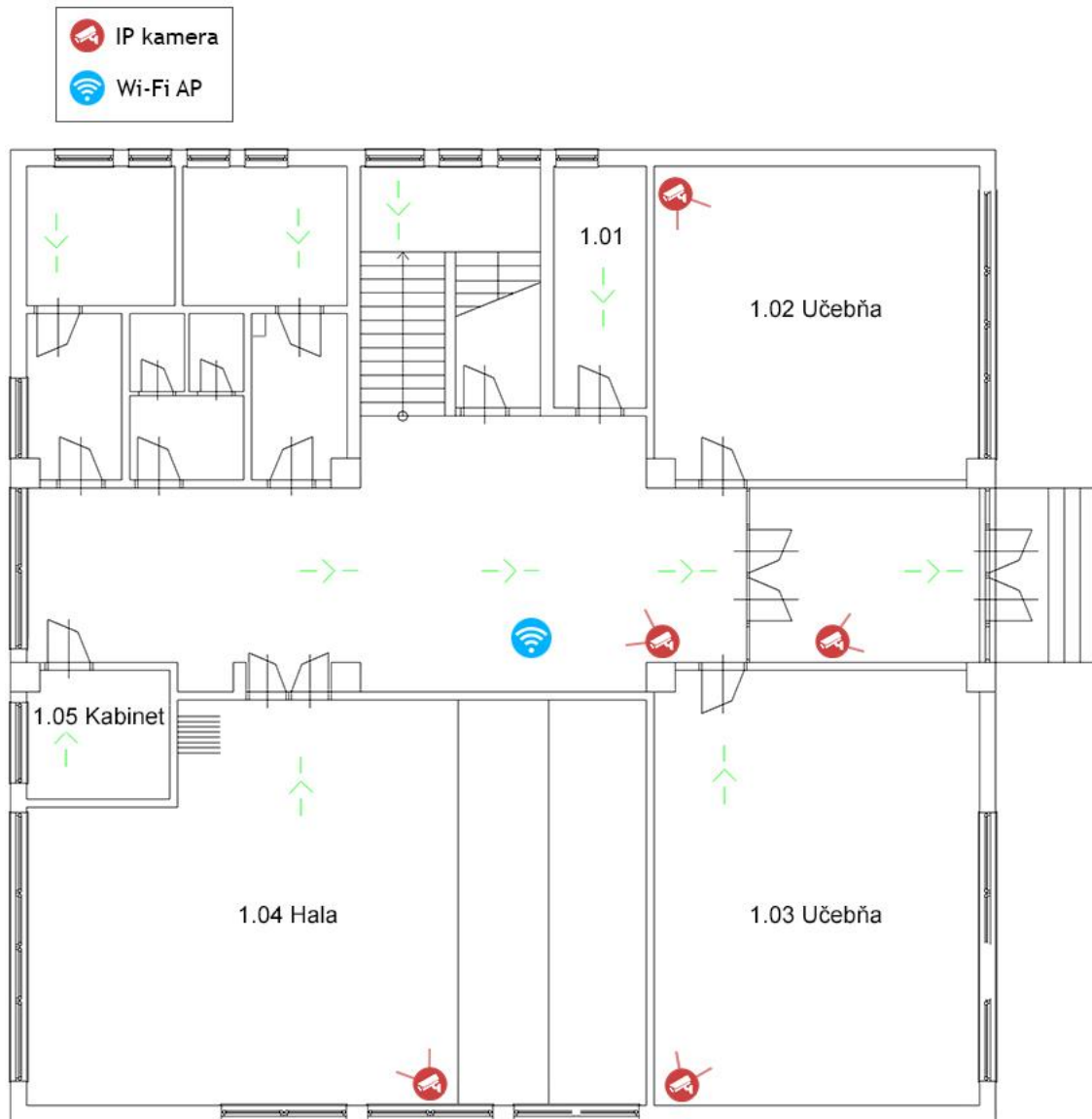
## ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1: Rozmiestnenie zariadení v objekte.....	18
Tab. 2: Porovnanie vrstiev TCP/IP a ISO/OSI.....	27
Tab. 3: Kategórie kabeláže.....	31
Tab. 4: Triedy použitia siete a kategórie komponentov kabeláže.....	34
Tab. 5: Základné normy pre komunikačnú infraštruktúru.....	34
Tab. 6: Počet prípojných miest.....	41

## ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1: Umiestnenie IP kamier a Wi-Fi AP – prvé poschodie.....	i
Príloha 2: Umiestnenie IP kamier a Wi-Fi AP – druhé poschodie.....	ii
Príloha 3: Osadenie dátového rozvádzača.....	iii
Príloha 4: Káblové trasy a umiestnenie zásuviek, kamier a AP – prvé poschodie.....	iv
Príloha 5: Káblové trasy a umiestnenie zásuviek, kamier a AP – druhé poschodie.....	v
Príloha 6: Ekonomické zhodnotenie .....	vi
Príloha 7: Osadenie patch panelov.....	vii
Príloha 8: Káblové tabuľky.....	viii

## Príloha 1: Umiestnenie IP kamier a Wi-Fi AP – prvé poschodie



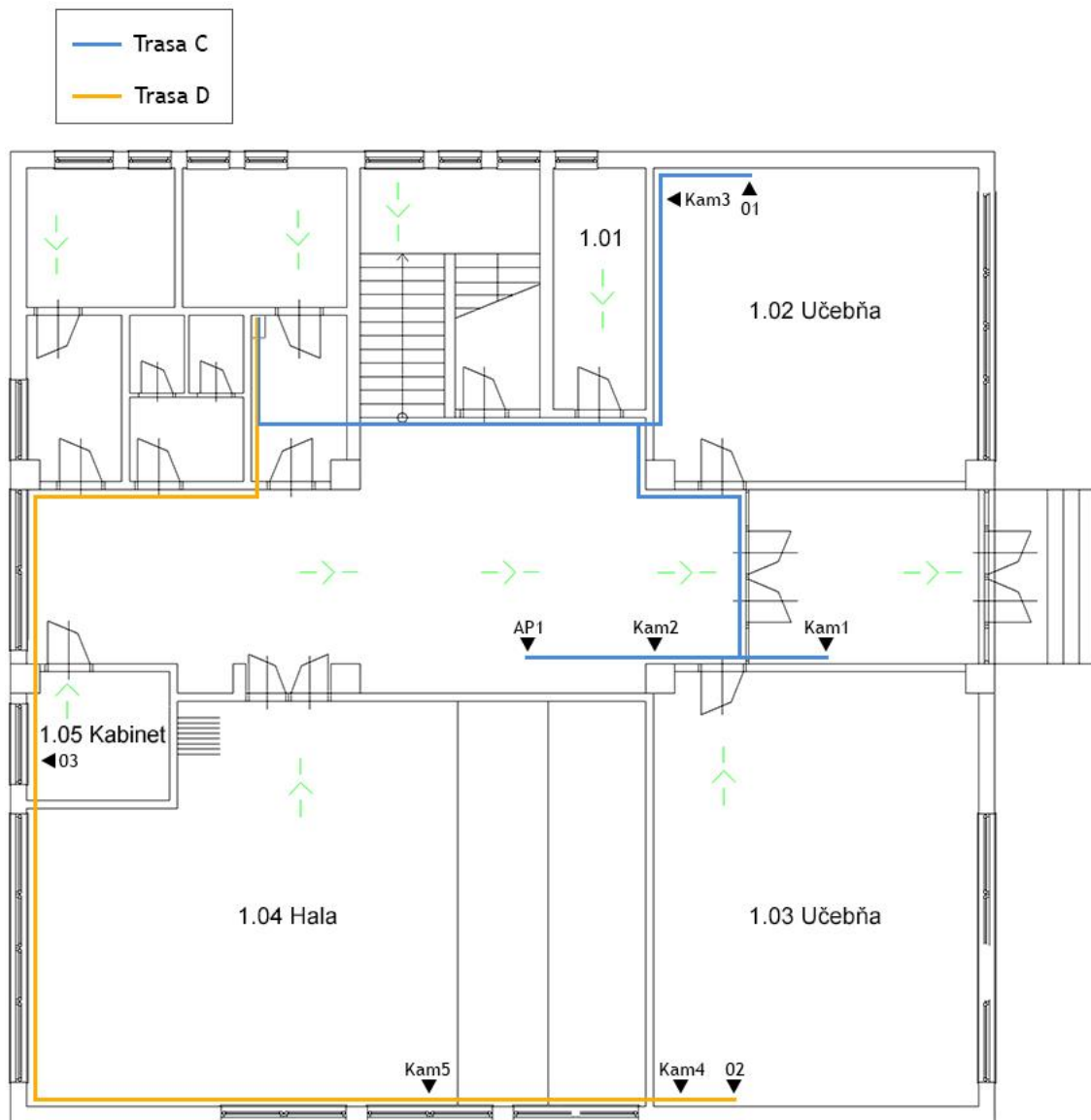
## Príloha 2: Umiestnenie IP kamier a Wi-Fi AP – druhé poschodie



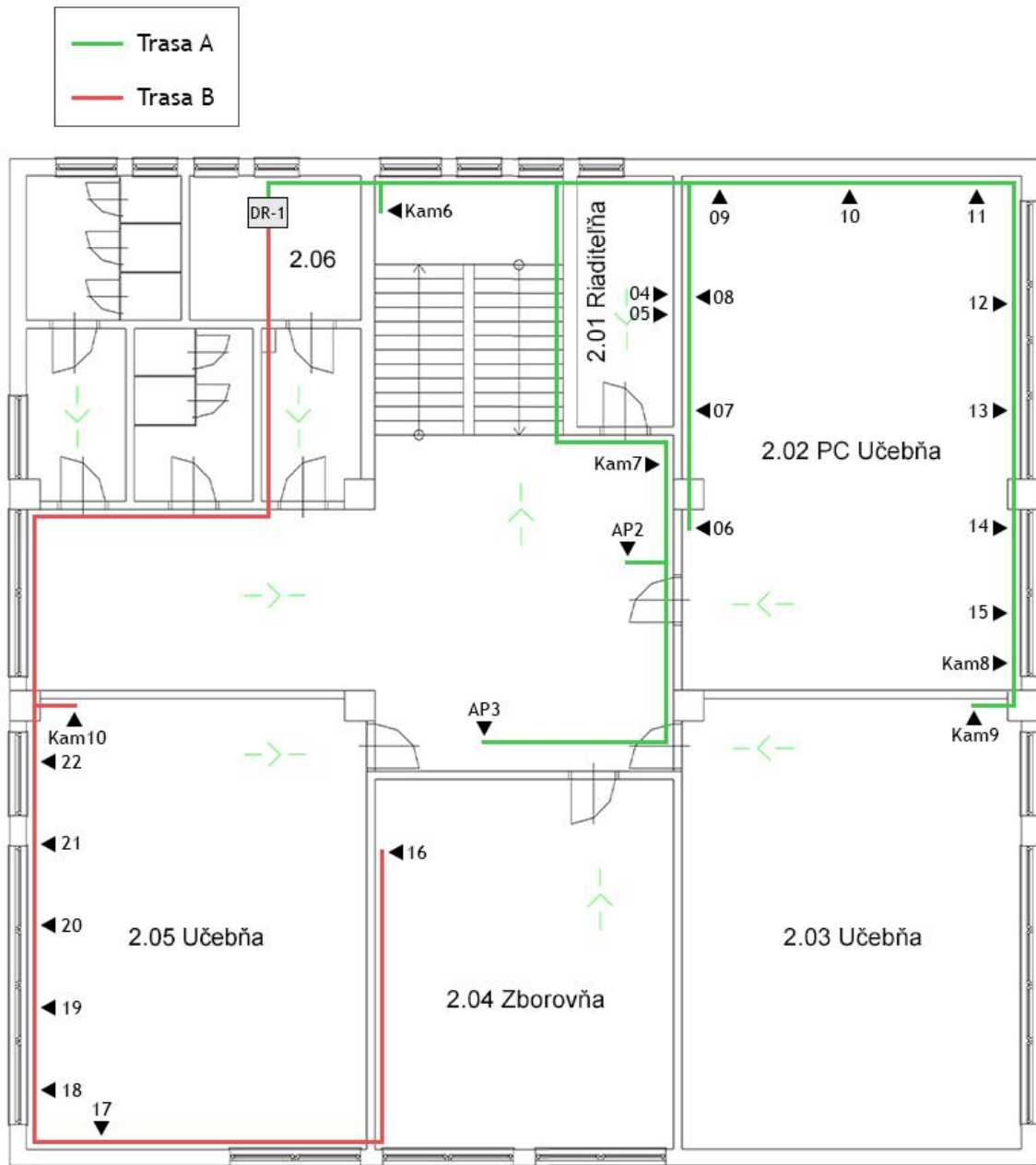
### Príloha 3: Osadenie dátového rozvádzača

DR-1	
U1	
U2	Router
U3	Organizér
U4	
U5	Patch panel 1
U6	Organizér
U7	
U8	Switch 1
U9	
U10	Patch panel 2
U11	Organizér
U12	Switch 2 (PoE)
U13	
U14	
U15	NVR
U16	Polica
U17	
U18	Dátové úložisko
U19	
U20	
U21	
U22	
U23	
U24	
U25	
U26	
U27	
U28	
U29	Napájacia lišta
U30	
U31	UPS
U32	

#### Príloha 4: Káblové trasy a umiestnenie zásuviek, kamier a AP – prvé poschodie



## Príloha 5: Káblové trasy a umiestnenie zásuviek, kamier a AP – druhé poschodie



## Príloha 6: Ekonomické zhodnotenie

Názov	Typ	Cena za ks / m	Počet ks / m	Celková cena
<b>Aktívne prvky</b>				<b>662,46</b>
Router	TP-LINK TL-ER5120	150,00	1	150,00
Switch	TP-LINK T1600G-52TS	279,13	1	279,13
Switch	D-Link DGS-1026MP	233,33	1	233,33
<b>Koncové uzly</b>				<b>2740,59</b>
Access Point	Ubiquiti UniFi UAP-AC-LR	87,50	3	262,50
IP kamera	Ubiquiti UNIFEM Video Camera G3	125,00	10	1250,00
NVR	Ubiquiti UNIFEM NVR Controller	300,00	1	300,00
Dátové úložisko	Synology RackStation RS816	444,85	1	444,85
Harddisk	Western Digital Red 4TB	124,83	2	249,66
Záložný zdroj	INFOSEC E3 LCD - 800 RT	233,58	1	233,58
<b>Materiál pasívnej vrstvy</b>				<b>2894,04</b>
Dátový rozvádzač	Kassex KR110 68-32	369,46	1	369,46
Organizér	Panduit WMPFSE	33,84	2	67,68
Organizér	Panduit WMPF1E	39,50	1	39,50
Patch panel	Panduit CP24WSLGY	57,98	1	57,98
Patch panel	Panduit CPP48HDEWBL	77,17	1	77,17
Konektor	Panduit CJ588BUY	5,66	19	107,54
Konektor	Panduit CJ588AWY	5,66	94	532,04
Konektor	Panduit MP588-L	0,63	13	8,19
Prístrojová krabica	Kopos KP PK HB	1,51	16	24,16
Prístrojová krabica	Kopos KP 64/2 KA	1,32	1	1,32
Zásuvka	ABB Time	4,07	18	73,26
Zásuvka	Panduit CBX2AW-AY	3,93	2	7,86
Zásuvka	Panduit CBX4AW-AY	4,09	1	4,09
Zásuvka	Panduit CBXD6AW-AY	6,76	1	6,76
Kábel	Panduit NUL5C04BU-C	0,23	1311	301,53
Kábel	Belden 1752A	1,24	266	329,84
Kábel	Panduit UTP28CH1MBL	2,90	52	150,80
Kábel	Panduit UTP28CH2MBL	3,58	23	82,34
Kábel	Panduit UTP28CH3MBL	4,25	6	25,50
Kábel	Panduit UTP28CH5MBL	5,59	3	16,77
Kábel	Panduit UTP28CH1MBU	2,90	16	46,40
Parapetný žľab	Kopos PK 110X70 D HF HD	5,03	35	176,05
Lišta	Kopos EKD 80X40HF HD	4,00	14	56,00
Lišta	Kopos LHD 40X40HF HD	2,86	20	57,20
Lišta	Kopos LHD 40X20HF HD	2,23	54	120,42
Lišta	Kopos LHD 20X10HF HD	0,82	92	75,44
Chránička	Kopos 3323	3,90	16	62,40
Štítok	Panduit S100X125VAFY	0,10	113	11,30
Štítok	Panduit S050X150YAJ	0,04	126	5,04
<b>Návrh projektu, inštalácia, meranie, certifikácia</b>				<b>1500,00</b>
<b>CELKOM v EUR bez DPH</b>				<b>7797,09</b>

## Priloha 7: Osadenie patch panelov

### Patch panel 1

01A	01B	02A	02B	03A	03B	03C	04A	04B	05A	06A	06B	07A	07B	08A	08B	09A	09B	10A	10B	11A	11B	12A	12B	
13A	13B	14A	14B	15A	15B	16A	16B	16C	16D	16E	17A	17B	18A	18B	19A	19B	20A	20B	21A	21B	22A	22B		

### Patch panel 2

Kam1	Kam2	Kam3	Kam4	Kam5	Kam6	Kam7	Kam8	Kam9	Kam10	AP1	AP2	AP3	03D	05B	16F									
------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## Príloha 8: Káblové tabuľky

PP-1 Port	Typ konektora	Miestnosť	Zásuvka	Port	Typ konektora	Typ zásuvky	Typ kábla	Dĺžka (m)
01A	CJ588AWY	1.02 - Učebňa VI.	01	A	CJ588AWY	CBX2AW-AY	NUL5C04BU-C	15,3
01B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	15,3
02A	CJ588AWY	1.03 - Učebňa V.	02	A	CJ588AWY	CBX2AW-AY	NUL5C04BU-C	45
02B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	45
03A	CJ588AWY	1.05 - Kabinet	03	A	CJ588AWY	CBX4AW-AY	NUL5C04BU-C	23,9
03B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	23,9
03C	CJ588AWY			C	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	23,9
04A	CJ588AWY	2.01 - Riaditeľňa	04	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	15,8
04B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	15,8
05A	CJ588AWY	2.02 - PC Učebňa	05	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	15,8
06A	CJ588AWY		06	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	20
06B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	20
07A	CJ588AWY		07	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	17,6
07B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	17,6
08A	CJ588AWY		08	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	15,47
08B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	15,47
09A	CJ588AWY		09	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	13,7
09B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	13,7
10A	CJ588AWY		10	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	16,32
10B	CJ588AWY	B		CJ588AWY	NUL5C04BU-C		16,32	
11A	CJ588AWY	2.02 - PC Učebňa	11	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	18,8
11B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	18,8
12A	CJ588AWY		12	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	22,1
12B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	22,1
13A	CJ588AWY		13	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	24,29
13B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	24,29
14A	CJ588AWY		14	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	26,69
14B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	26,69
15A	CJ588AWY		15	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	28,44
15B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	28,44
16A	CJ588AWY	2.04 - Zborovňa	16	A	CJ588AWY	CBXD6AW-AY	NUL5C04BU-C	40
16B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	40
16C	CJ588AWY			C	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	40
16D	CJ588AWY			D	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	40
16E	CJ588AWY			E	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	40
17A	CJ588AWY	2.05 - Učebňa VII.	17	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	28,76
17B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	28,76
18A	CJ588AWY		18	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	26,15
18B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	26,15
19A	CJ588AWY		19	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	24,45
19B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	24,45
20A	CJ588AWY	2.05 - Učebňa VII.	20	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	22,75
20B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	22,75
21A	CJ588AWY		21	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	21
21B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	21
22A	CJ588AWY		22	A	CJ588AWY	ABB Time	NUL5C04BU-C	19,32
22B	CJ588AWY			B	CJ588AWY		NUL5C04BU-C	19,32

PP-2 Port	Typ konektora	Miestnosť	Zásuvka	Port	Typ konektora	Typ zásuvky	Typ kábla	Dĺžka (m)
Kam1	CJ588BUY	Chodba 1.p	-	-	MP588-L	-	1752A	8,9
Kam2	CJ588BUY		-	-	MP588-L	-	1752A	8,9
Kam3	CJ588BUY	1.02 - Učebňa VI.	-	-	MP588-L	-	1752A	9
Kam4	CJ588BUY	1.03 - Učebňa V.	-	-	MP588-L	-	1752A	40
Kam5	CJ588BUY	1.04 - Hala	-	-	MP588-L	-	1752A	35
Kam6	CJ588BUY	Schodisko	-	-	MP588-L	-	1752A	3,4
Kam7	CJ588BUY	Chodba 2.p	-	-	MP588-L	-	1752A	14,34
Kam8	CJ588BUY	2.02 - PC Učebňa	-	-	MP588-L	-	1752A	25,27
Kam9	CJ588BUY	2.03 - Učebňa VIII.	-	-	MP588-L	-	1752A	27,35
Kam10	CJ588BUY	2.05 - Učebňa VII.	-	-	MP588-L	-	1752A	15
AP1	CJ588BUY	Chodba 1.p	-	-	MP588-L	-	1752A	11,5
AP2	CJ588BUY	Chodba 2.p	-	-	MP588-L	-	1752A	17,24
AP3	CJ588BUY		-	-	MP588-L	-	1752A	24
03D	CJ588BUY	1.05 - Kabinet	03	D	CJ588BUY	CBX4AW-AY	NUL5C04BU-C	23,9
05B	CJ588BUY	2.01 - Riaditeľňa	05	B	CJ588BUY	ABB Time	NUL5C04BU-C	15,8
16F	CJ588BUY	2.04 - Zborovňa	16	F	CJ588BUY	CBXD6AW-AY	NUL5C04BU-C	40