

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Ekonomická fakulta

# Návrh infrastruktury počítačové sítě ve vybrané organizaci

Bakalářská práce

Roman Komrska

Vedoucí práce: Mgr. Radim Remeš

České Budějovice 2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Roman KOMRSKA**  
Osobní číslo: **E11407**  
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**  
Studijní obor: **Ekonomická informatika**  
Název tématu: **Návrh infrastruktury počítačové sítě ve vybrané organizaci**  
Zadávající katedra: **Katedra aplikované matematiky a informatiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je zpracování návrhu pro implementaci IT infrastruktury ve vybrané organizaci.

Metodický postup:

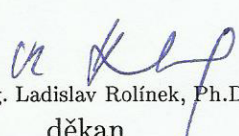
1. Studium odborné literatury.
2. Obecný popis počítačových sítí.
3. Analýza potřeb organizace, návrh a popis konkrétních řešení, zhodnocení jejich použitelnosti pro nasazení v reálném prostředí.
4. Popis implementace zvoleného řešení.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

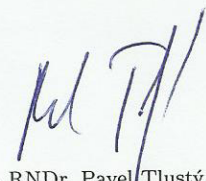
1. **KABELOVÁ, Alena a Libor DOSTÁLEK.** *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS.* 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2008, 488 s. ISBN 978-80-251-2236-5.
2. **MCFARLAND, Shannon.** *IPv6: kompletní průvodce nasazením v podnikových sítích.* Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 368 s. Samostudium. ISBN 978-80-251-3684-3.
3. **NEGUS, Chris a Christine BRESNAHAN.** *Linux bible: [kompletní informační zdroj pro profesionály].* 8th ed. Indianapolis: Wiley, c2012, xxxvii, 816 s. Kindle edice, 4,15 MB. ISBN 978-111-8283-974.
4. **ODOM, Wendell, Rus HEALY a Naren MEHTA.** *Směrování a přepínání sítí: autorizovaný výukový průvodce.* Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 879 s. ISBN 978-80-251-2520-5.
5. **STANEK, William R.** *Mistrovství v Microsoft Windows Server 2008: [kompletní informační zdroj pro profesionály].* Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 1364 s. ISBN 978-80-251-2158-0.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Radim Remeš**  
Katedra aplikované matematiky a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2013**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2014**

  
doc. Ing. Ladislav Rolínek, Ph.D.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
EKONOMICKÁ FAKULTA  
Studijní 13 (26)  
370 05 České Budějovice

  
prof. RNDr. Pavel Tlustý, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 29. března 2013

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to - v nezkrácené podobě/v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Ekonomickou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum

Podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, panu Mgr. Radimu Remesovi, za ochotu a cenné rady poskytované na konzultacích. Poděkování také patří Mgr. Bc. Janu Ingrovi – řediteli Základní školy a Mateřské školy Nové Dvory za možnost konzultací a spolupráce na dané téma.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Metodika</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Počítačové sítě</b>	<b>12</b>
3.1	Základní pojmy . . . . .	12
3.2	Sít'ové modely . . . . .	13
3.2.1	Referenční model ISO/OSI . . . . .	13
3.2.2	TPC/IP . . . . .	14
3.3	Komponenty počítačových sítí . . . . .	16
3.4	Sít'ové topologie . . . . .	17
3.5	Protokoly UDP a TCP . . . . .	18
3.5.1	Protokol TCP . . . . .	18
3.5.2	Protokol UDP . . . . .	20
3.6	Protokol IPv6 . . . . .	21
3.6.1	Zápis IP adresy . . . . .	21
3.6.2	Unicast . . . . .	22
3.6.3	Anycast . . . . .	23
3.6.4	Multicast . . . . .	24
3.6.5	Protokol ICMPv6 . . . . .	24
3.6.6	Protokol DHCPv6 . . . . .	25
3.6.7	DHCP Unique Identifier . . . . .	25
3.7	Virtuální LAN . . . . .	26
3.7.1	Protokol IEEE 802.1q . . . . .	27

3.7.2	Trunk . . . . .	27
3.7.3	Možnosti zařazení do VLAN . . . . .	27
<b>4</b>	<b>Návrh sítě</b>	<b>29</b>
4.1	Počáteční analýzy . . . . .	29
4.1.1	Seznam požadavků . . . . .	29
4.1.2	Potřebný software . . . . .	30
4.1.3	Servery . . . . .	30
4.2	Výběr softwaru . . . . .	31
4.3	Návrh síťové infrastruktury . . . . .	32
4.3.1	Rozmístění prvků v budově . . . . .	32
4.4	Nastavení sítě . . . . .	33
4.4.1	VLAN . . . . .	33
4.4.2	IP adresy . . . . .	34
4.4.3	Access listy . . . . .	36
4.5	Požadavky na jednotlivé komponenty . . . . .	37
4.5.1	Přenosová média . . . . .	37
4.5.2	Switche . . . . .	38
4.5.3	Počítače . . . . .	40
4.5.4	Server . . . . .	40
4.5.5	Datové uložení . . . . .	41
4.5.6	Tiskárna . . . . .	42
4.6	Kalkulace . . . . .	42
<b>5</b>	<b>Závěr</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>Summary</b>	<b>44</b>

<b>Seznam použitých zdrojů</b>	<b>45</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>47</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>48</b>
<b>Přílohy</b>	<b>I</b>
<b>A Plánky budovy</b>	<b>I</b>
A.1 Plánek přízemí . . . . .	I
A.2 Plánek prvního patra . . . . .	II
A.3 Rozmístění a propojení všech zařízení . . . . .	III
<b>B IP adresy</b>	<b>IV</b>
B.1 VLAN Servery . . . . .	IV
B.2 VLAN Učitelé . . . . .	V
B.3 VLAN Žáci . . . . .	VI
<b>C Cenová kalkulace</b>	<b>VII</b>
C.1 Switche a servery . . . . .	VII
C.2 Počítače a příslušenství . . . . .	VIII
C.3 Ostatní . . . . .	IX



# 1 Úvod

Počítačová síť je pojem, který v informatice značí několik mezi sebou propojených počítačů, které si spolu vyměňují různé informace. Internet je v dnešní době nejtypičtějším příkladem počítačové sítě, která je tvořena z velikého množství menších sítí. Internet v dnešní době tvoří nedílnou součást lidského života a i přes to, jak velký komfort všem přináší, nese s sebou i plno hrozeb a je tedy potřeba dbát na naši bezpečnost. Tato obrovská počítačová síť disponuje velikým množstvím informací jejichž únik nebo ztráta by mohla znamenat pro plno firem nebo jednotlivců veliký problém.

Tato práce se ale nebude zabývat pouze Internetem, bude s ním úzce souviset. V menších organizacích se nacházejí menší počítačové sítě, které na svých serverech a jiných počítačích ukrývají privátní data, která jsou potřeba sdílet například pouze v rámci zaměstnanců. Tyto sítě ale bývají připojeny i do Internetu, což může znamenat velké bezpečnostní riziko.

Ne každý si to v dnešní době uvědomuje, ale téma počítačových sítí už se netýká pouze firem. S příchodem nových technologií, jako jsou například chytré telefony a chytré televize, přichází veliké množství dalších zařízení běžného života, které jednou budou také připojeny do Internetu. Tím jsou myšleny například lednice a pračky.

Tématem této práce je návrh sítě ve vybrané organizaci, v tomto případě se bude jednat o základní školu. Zde by mohl být problémem únik informací o žácích, zaměstnancích popřípadě ztráta nějakých důležitých dokumentů. Kromě nebezpečí z Internetu se zde ale musí vzít v úvahu i nebezpečí zevnitř. Protože do této sítě budou mít přístup i žáci, bylo by velmi nepříjemné, kdyby pro ně byly dostupné testy nebo citlivé informace, které by tito žáci mohli vynášet mimo školu a způsobit tím problémy. Tomuto riziku je nutné zamezit a tím se otevírá složitá odvětví informatiky, týkající se právě počítačových sítí a bezpečnosti.

Cílem této práce je navrhnout počítačovou síť pro základní školu, která bude splňovat všechny požadavky a přitom bude provoz rychlý, spolehlivý a bezpečný. Při tvorbě tohoto návrhu se bude muset zohlednit veliké množství souvisejících faktorů,

aby síť opravdu splňovala všechny požadavky, byla rychlá a přitom nebyla instalace a provoz příliš nákladná.

Hlavní část práce bude rozdělena do dvou částí - teoretické a praktické. V teoretické části budou shrnuty nejdůležitější informace o problematice počítačových sítí, které budou následně využity v praktické části. Druhá část, tedy praktická, se bude zaměřovat na samotný návrh. Bude se zde vycházet z informací, nacházejících se v první části. Návrh bude znázorňovat, jakým způsobem se dá tato síť tvořit od samého počátku do konečného výběru hardwaru a softwaru a jejich cenové kalkulace.

Největším přínosem práce by mohlo být, že může v konečném důsledku posloužit jako jednoduchý průvodce základy počítačových sítí, podle kterého by se mohl řídit i úplný začátečník, který se touto problematikou začíná zabývat. V návrhu se bude počítat i s novými technologiemi, které zatím nejsou moc rozšířené, ale postupem času se budou dostávat do praxe stále častěji. Hlavním takovým příkladem může být použití protokolu IPv6, jehož příchod je v budoucnu nevyhnutelný.

## 2 Metodika

Tato práce je rozdělena na dvě hlavní části - teoretickou a praktickou. Zpracování každé části má svůj důvod a musí se dodržet určité postupy k dosažení správného výsledku.

V teoretické části je nutné rozebrat zkoumanou problematiku na teoretické úrovni. Autor si tedy musí uvědomit, co vše bude nutné studovat, aby mohl získané znalosti uplatnit při vypracovávání praktické části. Téma práce se týká návrhu počítačové sítě a je nutné si tuto problematiku nastudovat od základů až po složitější problémy, se kterými se autor může setkat. Studium probíhá z doporučené literatury a z dalších literárních nebo internetových zdrojů. Získané znalosti budou následně zaznamenávány a zapisovány do teoretické části práce.

Praktická část se týká už konkrétního návrhu a potřebné znalosti vychází z teoretické části. Protože se jedná o návrh pro konkrétní organizaci, v tomto případě pro základní školu, je nutné nejprve provést analýzu potřeb. V první fázi musí proběhnout rozhovor s ředitelem školy, při kterém je potřeba zjistit veškeré požadavky, které musí celá infrastruktura splňovat. Dále je ještě nutné zjistit, jaký bude potřebný software, ze kterého se bude vycházet při nastavování sítě a výběru hardwaru počítačů. Po provedení analýzy potřeb už lze přejít k fázi, ve které se bude navrhovat, jak má celá infrastruktura vypadat, tedy jak budou počítače a další zařízení rozmístěny po budově a propojeny mezi sebou. Výsledek se zaznamená na plánec. V tuto chvíli již budou známy potřebné síťové prvky a může se přejít na analýzu potřebného nastavení sítě. Tento krok je důležitý především k tomu, aby bylo možné specifikovat požadavky na jednotlivá zařízení. Ve chvíli, kdy budou tyto požadavky známy, je možné přejít k výběru konkrétních produktů a kalkulaci ceny. Produkty a jejich ceny budou vyhledávány na Internetu.

# 3 Počítačové sítě

## 3.1 Základní pojmy

### LAN

Local area network (zkratka LAN) znamená v překladu místní síť. Jedná se o nejmenší druh počítačové sítě, protože zabírá pouze velmi malou oblast, jakou může být například byt nebo budova. Typickým příkladem místní sítě je školní síť, domácí síť nebo síť menší firmy. (Horák & Keršláger, 2011)

### MAN

Metropolitan area network (MAN) znamená v překladu metropolitní síť. Jedná se o větší druh počítačové sítě než jsou sítě LAN a zabírají oblast o velikosti jednoho města. Rozšiřují možnosti sítí LAN a zvyšují rychlost. (Horák & Keršláger, 2011)

### WAN

Wide area network (WAN) značí rozlehlou počítačovou síť, pokrývající rozlehlé území, jakým může být například kontinent. Jednoduše řečeno, spadají sem všechny sítě, které sahají za hranice města. Nejznámějším typem WAN je síť Internet. (Horák & Keršláger, 2011)

### MAC adresa

MAC adresa (Media Access Control) je unikátní identifikátor síťového zařízení. Tuto adresu využívají různé protokoly, které pracují na 2. vrstvě OSI modelu. Skládá se z šesti hexadecimálních dvojčíslí, přičemž první tři dvojčíslí značí výrobce. (Horák & Keršláger, 2011)

### IP adresa

IP adresa je číslo, pomocí kterého se v počítačové síti, která využívá IP protokol, identifikuje konkrétní zařízení. V současnosti je nejvíce používán IP protokol verze 4, v němž se IP adresa skládá ze čtyř dekadických čísel v rozmezí 0 - 255, oddělených tečkou. Tato verze už ale začíná být zastaralá a v budoucnu

bude s velkou pravděpodobností nutné přejít na IP protokol verze 6, kterému je v této práci věnována větší pozornost. (QuinStreet Inc., n.d.)

### **Ethernet**

Ethernet je souhrn technologií, které se používají v sítích LAN. Jako přenosové médium se používá kroucená dvojlinka, optické kabely a dříve byly používány i koaxiální kabely. (Horák & Keršláger, 2011)

### **Server**

Jako server se označuje zařízení v síti, které v síti poskytuje služby pro další zařízení. Jako příklad se dá uvést tiskový server, souborový server nebo například webový server. (Horák & Keršláger, 2011)

### **Protokol**

Protokolem se v informatice rozumí soubor pravidel, podle kterého zařízení v síti komunikují a přenášejí data. (Horák & Keršláger, 2011)

## **3.2 Sít'ové modely**

### **3.2.1 Referenční model ISO/OSI**

Referenční model OSI (Open System Interconnection) je základním prvkem grafického znázornění počítačové sítě od jeho ratifikace v roce 1984. OSI je abstraktní model, jak by měly protokoly a zařízení v síti komunikovat a spolupracovat. Tento model je technologický standard, který udržuje International Standards Organization (ISO). (Mitchell, n.d.-c)

#### **Fyzická vrstva**

Na úrovni fyzické vrstvy se definují typy konektorů, propojovacích kabelů, ale také například elektrické, optické a elektromagnetické signály, které se používají pro komunikaci mezi zařízeními v síti. (Dostálek & Kabelová, 2008)

#### **Spojová vrstva**

Na linkové vrstvě je zajišťována výměna dat mezi jednotlivými zařízeními připojenými do sítě. Od této vrstvy výše se přenášejí data v blocích, nazývajících

se datové pakety. Datový paket, který se nachází na této vrstvě se nazývá linkový rámec. (Dostálek & Kabelová, 2008)

### **Sít'ová vrstva**

Tato vrstva zajišťuje přenos dat mezi počítači v síti. Na této vrstvě se přenášené bloky nazývají IP datagramy a ty se následně zapouzdřují do linkového rámce. (Dostálek & Kabelová, 2008)

### **Transportní vrstva**

Transportní vrstva spoléhá na služby nacházející se na nižších vrstvách a pouze zajišťuje spojení mezi dvěma počítači. Neřeší, jestli cílové zařízení je hned vedle nebo na druhém konci světa. (Dostálek & Kabelová, 2008)

### **Relační vrstva**

Relační vrstva udržuje spojení mezi zařízeními v síti, dokud není přenos dat dokončen. (Horák & Keršlágér, 2011)

### **Prezentační vrstva**

Prezentační vrstva má na starosti především prezentaci informací tak, aby vyhovovaly aplikacím. (Horák & Keršlágér, 2011)

### **Aplikační vrstva**

Aplikační vrstva je nejvyšší úroveň v OSI modelu a je nejbližší ke koncovému uživateli a umožňuje aplikacím přístup do komunikačního systému. (Horák & Keršlágér, 2011)

## **3.2.2 TPC/IP**

Model TCP/IP je podobně jako OSI model rozdělen do několika vrstev, ovšem s rozdílem, že TCP/IP má pouze 4 vrstvy a používá se více v praxi. Rozdíl mezi OSI modelem a TCP/IP je vidět na obrázku 3.1. (Microsoft, n.d.-a)

### **Vrstva sít'ového rozhraní**

Vrstva sít'ového rozhraní odpovídá fyzické a spojové vrstvě v OSI modelu. Specifikuje, jak jsou data fyzicky odesílána po síti, včetně toho, jak jsou odesílány jednotlivé bity daným sít'ovým zařízením po přenosovém médiu, jakým

může být například kroucená dvojlinka, optické vlákno nebo koaxiální kabel. (Microsoft, n.d.-a)

### Sít'ová vrstva

Sít'ová vrstva (někdy také nazývána jako Internetová vrstva) zabaluje data do IP datagramů, které obsahují informace o cílové adrese, která se používá pro předávání datagramů mezi zařízeními v síti. Provádí směrování IP datagramů. Na této vrstvě pracují například protokoly IP, ARP a ICMP. (Microsoft, n.d.-a)

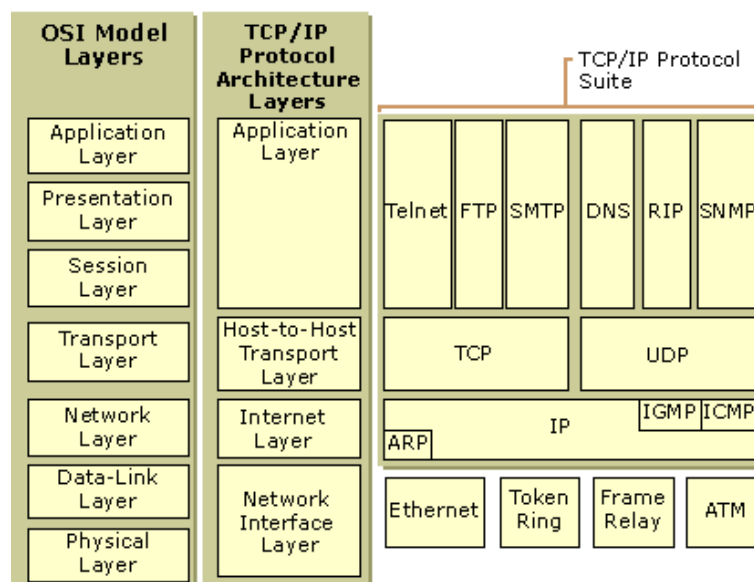
### Transportní vrstva

Transportní vrstva zajišťuje při komunikaci správu relací mezi zařízeními v síti. Vymezuje úroveň služeb a stavu připojení během přenosu dat. Na této vrstvě pracují například protokoly TCP a UDP. (Microsoft, n.d.-a)

### Aplikační vrstva

Aplikační vrstva vymezuje aplikační protokoly modelu TCP/IP a jak programy spolupracují s transportní vrstvou. Na této vrstvě pracují například protokoly HTTP, FTP, DNS a SMTP. (Microsoft, n.d.-a)

Obrázek 3.1: OSI model a TCP/IP včetně příkladů protokolů



Zdroj: Microsoft (n.d.-b)

## 3.3 Komponenty počítačových sítí

### NIC

Network interface card (NIC) v překladu značí síťovou kartu, což je hardware, který umožňuje počítači komunikovat s dalšími zařízeními v síti. V dnešní době je síťová karta většinou integrována na základní desce, popřípadě je možné ji připojit externě, například přes PCI slot. (Horák & Keršlágner, 2011)

### Router

Router, česky směrovač, je síťové zařízení, které dokáže propojit více sítí. Pracuje na 3. (síťové) vrstvě OSI modelu. Díky tomu, že si dokáže udržovat informace o síti ve formě směrovací tabulky, je možné provoz filtrovat a nezáleží na tom, jestli se jedná o příchozí nebo odchozí provoz. (Mitchell, n.d.-e)

### Switch

Switch, česky přepínač, je síťový prvek, který umožňuje v síti LAN propojit více počítačů. Klasický switch byl dříve často používán v domácích sítích, ale v současné době je nahrazen routery, které switch obsahují. Switche jsou ale stále používány, především ve větších, například podnikových sítích a datových centrech. Existuje mnoho druhů switchů, rozdílných v počtu portů. Většinou se počet portů pohybuje mezi 4 až 8 porty, není však problém narazit i na switche s podstatně větším počtem. Výhodou je, že je přepínače možné připojovat za sebe a tím případně zvyšovat počet portů. Rozdíl oproti routerům je ten, že switche pracují na 2. vrstvě OSI modelu a tím pádem neumí propojovat více sítí a směrovat mezi nimi. (Mitchell, n.d.-f)

### Repeater

Repeater (opakovač) je zařízení, které dokáže regenerovat elektrické, bezdrátové nebo optické signály. Přenosová média dokáží přenést signál pouze do určité vzdálenosti. Repeater se pokouší zachovat integritu signálu a prodloužit vzdálenost, na kterou mohou být data přenášena. Opakovače pracují na 1. (fyzické) vrstvě OSI modelu. (Mitchell, n.d.-d)

### Bridge

Bridge (most) slouží k filtraci dat na hranici sítě a snižuje velikost provozu.



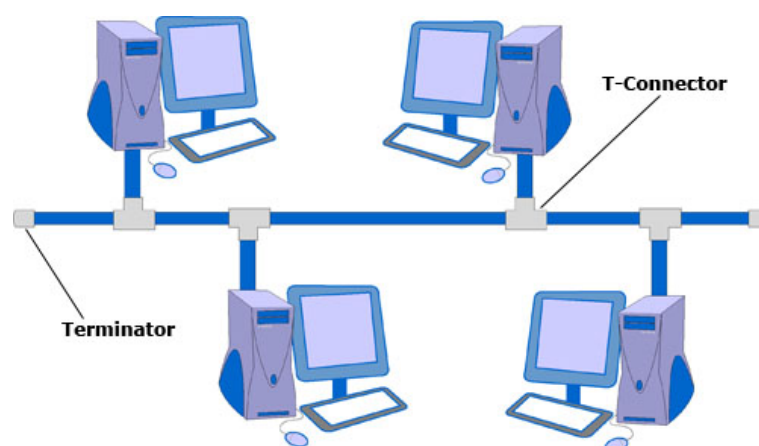
Pracuje na 2. vrstvě OSI modelu. Bridge se svou funkcionalitou velmi podobají switchům, které také pracují na 2. vrstvě. Klasické mosty ale n rozdíl od switchů podporují pouze jednu hranici, zatímco switche obvykle nabízejí 4 nebo více portů. Z tohoto důvodu se switche občas nazývají víceportovými mosty. (Mitchell, n.d.-a)

## 3.4 Sít'ové topologie

### Sběrníková topologie

Sběrníkovou topologii si lze představit jako propojení, ve kterém se nachází hlavní kabel, ke kterému jsou připojeny počítače pomocí odbočovacích prvků (T konektorů). Grafické znázornění je vidět na obrázku 3.2. Jako médium se používá především koaxiální kabel. Výhodou této topologie je malá spotřeba kabelů a nízká cena. Nevýhodou je veliký počet spojů v médiu, které často vedou k poruchám, a že přerušení kabelu vede k poruše celé sítě. (Mitchell, n.d.-b)

Obrázek 3.2: Sběrníková topologie



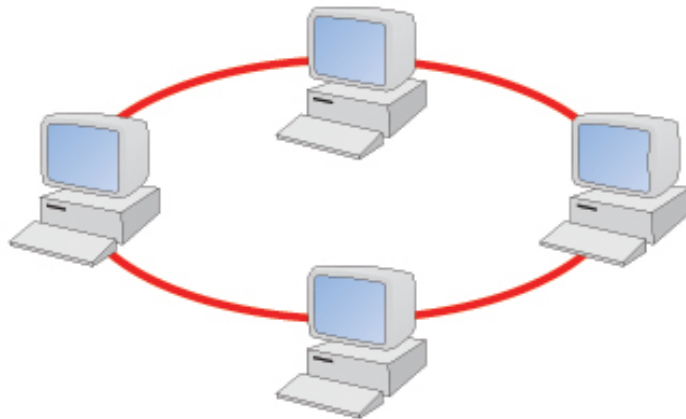
Zdroj: Santana Services, Inc. (2012)

### Kruhová topologie

Jak již název napovídá, v kruhové topologii jsou počítače zapojeny do kruhu.

Grafické znázornění je vidět na obrázku 3.3. Pro tento druh zapojení se dá využít metoda postupného předávání zpráv (tokenu). Nevýhodou je porucha celé sítě v případě poškození kabelu. Tento nedostatek se řeší zdvojováním kabelu. (Mitchell, n.d.-b)

Obrázek 3.3: Kruhová topologie



Zdroj: Revision World Networks Limited (n.d.)

### Hvězdicová topologie

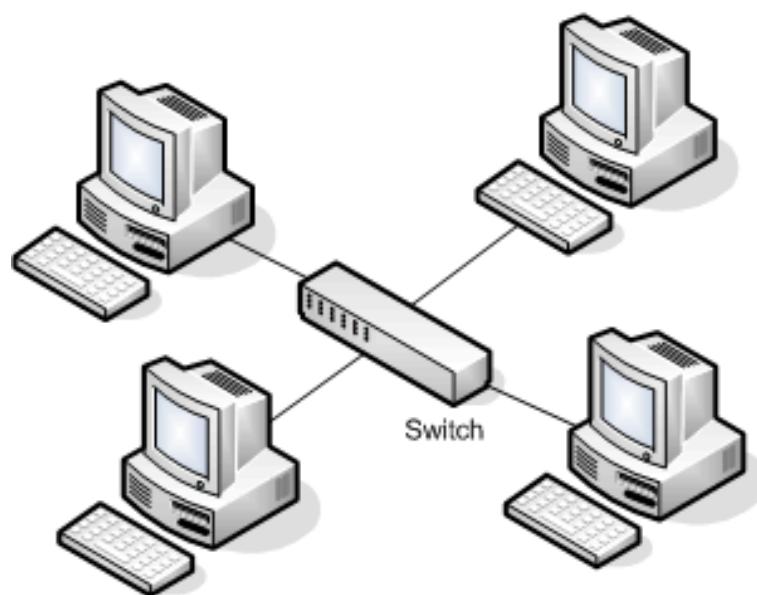
Nejpoužívanější topologií je v současnosti hvězdicová topologie. Grafické znázornění je na obrázku 3.4. Počítače jsou připojeny k přepínači, který se nachází uprostřed sítě. Jako médium se používá především kroucená dvojlinka. Výhodou hvězdy je, že přerušení jednoho vodiče odstaví pouze jeden počítač a detekce chyby je velmi snadná. Nevýhodou je vyšší spotřeba kabelů a nutnost použití centrálního prvku (nejčastěji switche). V případě propojení více hvězd vznikne stromová topologie. (Mitchell, n.d.-b)

## 3.5 Protokoly UDP a TCP

### 3.5.1 Protokol TCP

Protokol TCP je protokolem transportní vrstvy. Narozdíl od protokolu IP, který zajišťuje přenos pouze mezi libovolnými počítači a pracuje na síťové vrstvě, protokol

Obrázek 3.4: Hvězdicová topologie



Zdroj: Saunders (n.d.)

TCP doručuje data konkrétním aplikacím, běžícím na počítačích. Pro tento účel se využívá tzv. port, který by se dal označit jako adresa TCP protokolu. Už nestačí použít pouze IP adresu. (Dostálek & Kabelová, 2008)

TCP je spojová služba, tedy služba, která dokáže mezi aplikacemi navázat spojení (vytvořit virtuální okruh na potřebnou dobu). Po tomto okruhu mohou současně téci data v obou směrech nezávisle na sobě. Je tedy plně duplexní. Bajty, které jsou přenášeny, jsou číslovány a ztracená nebo poškozená data jsou znovu vyžadována. Integrita je zajištěna pomocí kontrolního součtu. (Dostálek & Kabelová, 2008)

Aplikace, které používají protokol TCP, se tedy nemusí zabývat tím, jestli náhodou nedošlo při přenosu dat ke ztrátě nebo poškození. Toto zabezpečení je ale platné pouze v případě technických problémů. Nedochozí k ochraně před inteligentními útočníky. Proti takovýmto útokům se v TCP/IP používají protokoly jako S/MIME nebo SSL. (Dostálek & Kabelová, 2008)

Strany spojení jsou označeny číslem portu, které má velikost 2 bajty a může nabývat hodnot 0 - 65535. Dále se dá ještě vyjádřit, že se jedná o protokol tcp. Toho se docílí tak, že se za číslo portu napíše lomítko. (Dostálek & Kabelová, 2008)

Čísla portů by se daly přirovnat k poštovním schránkám v panelovém domě a přiřazují se podle toho, o jaký typ portu jde. Rozlišují se následující typy:

- Serverové porty
- Klientské porty (Dostálek & Kabelová, 2008)

### **Serverové porty**

Serverové porty jsou porty, na kterých servery naslouchají požadavkům klientů. Nazývají se well known ports, protože jsou dobře známy. Pokud by známy nebyly, klienti by nevěděli jak navázat spojení. (Dostálek & Kabelová, 2008)

### **Klientské porty**

Pro klientské porty se využívají čísla větší než 1023, protože nižší čísla jsou určena především serverům. Tyto porty jsou využívány klienty. (Dostálek & Kabelová, 2008)

Segment TCP je základní jednotkou přenosu v tomto protokolu. Někdy se označuje také jako paket TCP. Slovo segment se používá proto, že je někdy potřeba přenášet veliké množství dat. V tomto případě je nutné data rozdělit na menší části, které se nazývají segmenty. Tyto TCP segmenty se poté vkládají do IP datagramů. (Dostálek & Kabelová, 2008)

## **3.5.2 Protokol UDP**

Zjednodušenou alternativou protokolu TCP je UDP protokol. Narozdíl od TCP je UDP nespojovaná služba, tedy nenavazuje spojení. Pokud odesílatel odešle UDP datagram, nestará se dále, jestli byl v pořádku doručen. (Dostálek & Kabelová, 2008)

Ačkoli UDP vypadá jako chudá náhrada TCP, má jednu velikou výhodu. V protokolu TCP je možné uvést jako adresáta pouze konkrétní (jednoznačnou) IP adresu. V případě UDP je možné adresovat oběžník. Adresátem může být tedy skupina počítačů. (Dostálek & Kabelová, 2008)

Je možné adresovat jak broadcast, tak multicast. Praktické využití je například v aplikaci typu ProgressiveRealAudio, kde není nutné, aby každý klient vytvářel

spojení se serverem. Dochází tím pádem k velikému snížení provozu v síti. (Dostálek & Kabelová, 2008)

## 3.6 Protokol IPv6

Protokol IP verze 6 byl poprvé specifikován v roce 1995 a hlavním důvodem vzniku byl předpoklad vyčerpání IP adres verze 4. V současné době jsou již IP adresy verze 4 vyčerpány a přechod na IPv6 je tedy v budoucnu neodvratný. Zvětšení adresového prostoru není ale jediná vlastnost, kterou protokol IP verze 6 přináší. U zrodu tohoto protokolu stály následující požadavky:

- Veliký adresový prostor, který by měl vydržet navždy
- 3 druhy IP adres: individuální, skupinové a výběrové
- Jednotné adresní schéma pro všechny sítě
- Hierarchické směrování v souladu s hierarchickou adresací
- Zvýšení bezpečnosti
- Podpora služeb se zajištěnou kvalitou
- Optimalizace pro vysokorychlostní směrování
- Automatické nastavení
- Podpora mobilních zařízení
- Snadný přechod z IPv4 na IPv6 (Satrapa, 2011)

### 3.6.1 Zápis IP adresy

IP adresa v protokolu IPv6 je 128 bitová (16 bajtů) a lze ji zapsat následujícími způsoby. (Dostálek & Kabelová, 2008)

Zápis ve tvaru `hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh:hhhh` je standardním způsobem zápisu, přičemž písmena `h` znamenají hexadecimální číslici (0 – f). Například: `2abc:0000:0000:0000:4587:0070:ffed:0856`. (Dostálek & Kabelová, 2008)

Protože se v IP adrese velmi často vyskytuje 0, je možné celou adresu výrazně zkrátit. Vypustit nuly je možné dvěma způsoby:

- V bloku, který začíná jednou nebo více nulami, je možné všechny vedoucí nuly vynechat
- V případě, že se nulových bloků vyskytuje několik za sebou, je možné tyto bloky nahradit znakem `::`. Tuto úpravu lze ale udělat pouze jednou v celé adrese (Satrapa, 2011)

Předchozí IP adresu je tedy možné zapsat v tomto tvaru: `2abc::4587:70:ffed:856`. (Satrapa, 2011)

### 3.6.2 Unicast

Unicast (jednoznačná adresa) je adresa, která identifikuje jedno konkrétní rozhraní v síti. Rozlišují se 2 typy:

- Globálně jednoznačné adresy
- Lokálně jednoznačné adresy (CESNET, z.s.p.o., 2012)

Globálně jednoznačné adresy jsou nejběžnější, protože identifikují své rozhraní v rámci celého internetu a jejich stavba je vidět na obrázku 3.5. Skládají se z následujících částí:

- Pevná hodnota 001 – 3 bity
- Globální směrovací prefix (obdoba adresy sítě v IPv4) – 45bitů
- Identifikátor podsítě – 16 bitů
- Identifikátor rozhraní – 64 bitů (CESNET, z.s.p.o., 2012)

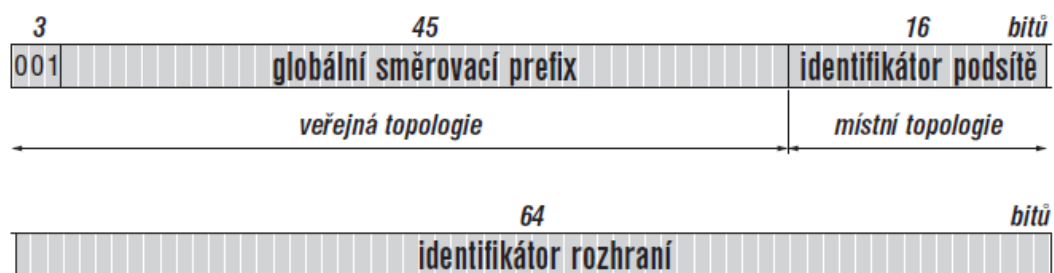
Lokálně jednoznačné adresy jsou jednoznačné pouze v rámci jedné linky, čímž může být například jedna Wi-Fi buňka nebo jeden Ethernet a jsou ve tvaru `fe80::identifikátor_rozhraní`. Stavba je znázorněna na obrázku 3.6. Tento druh adresy je v IPv6 vyžadován určitými mechanismy a má výhodu, že si ho může každý počítač přidělit

sám. Dále je nutné k této adrese doplnit také identifikátor rozhraní, pomocí kterého je počítač připojen k síti. Finální adresa může tedy vypadat například takto: fe80::abcd:ef01:250%eth0. (CESNET, z.s.p.o., 2012)

Lokálně jednoznačné adresy je možné ještě rozdělit na 2 druhy:

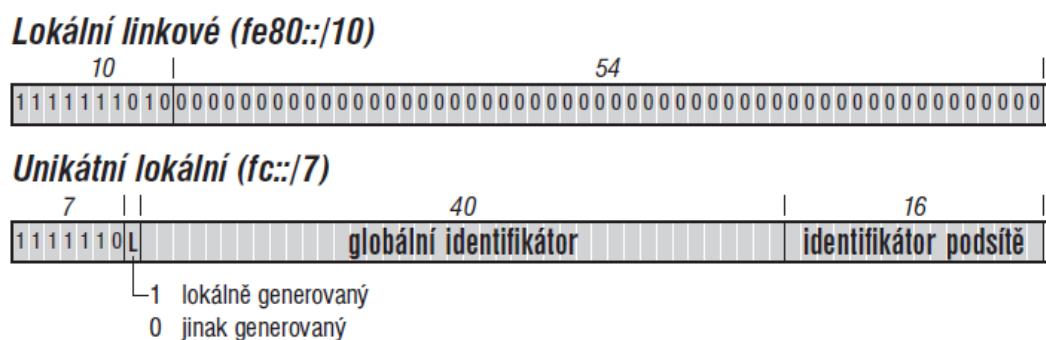
- Lokální linkové
- Unikátní lokální (CESNET, z.s.p.o., 2012)

Obrázek 3.5: Globální unicastové adresy



Zdroj: Satrapa (2011)

Obrázek 3.6: Lokální unicastové adresy



Zdroj: Satrapa (2011)

### 3.6.3 Anycast

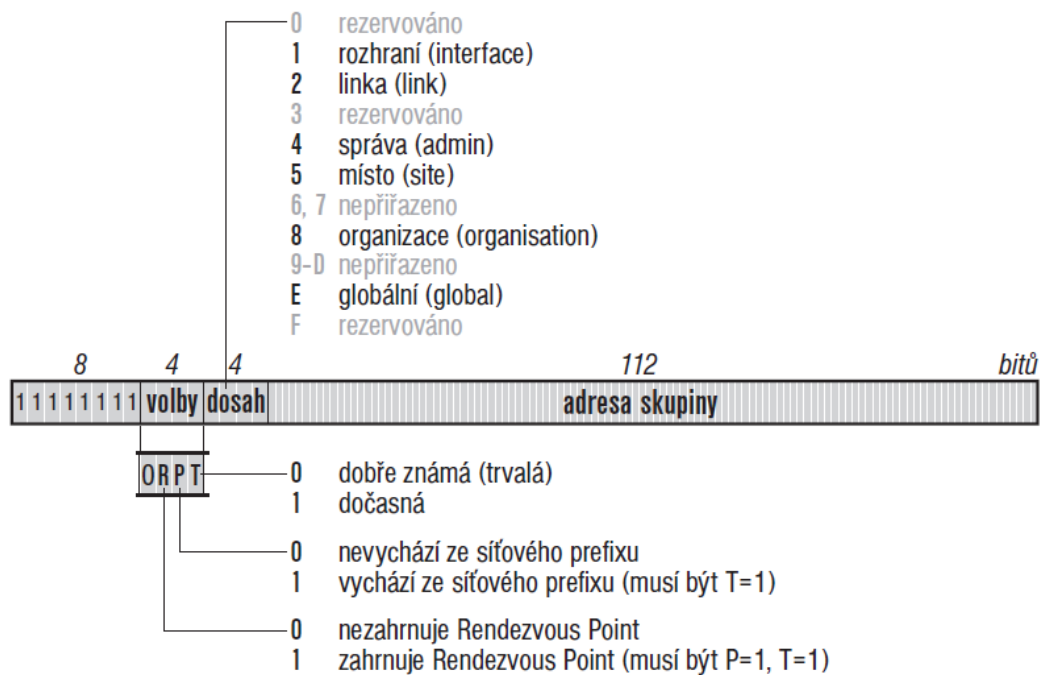
Anycast (výběrová adresa) je adresa, která je přiřazena několika rozhráním, které obvykle patří do více uzlů. Paket, který je poslán na výběrovou adresu, je doru-

čen k nejbližšímu rozhraní. Výběrová adresa je syntakticky shodná s jednoznačnou adresou, protože se vybírá ze stejného adresního prostoru, a musí být explicitně nakonfigurována, aby ji bylo možné správně rozeznat. (Cisco Systems, Inc., 2012)

### 3.6.4 Multicast

Multicastová adresa (skupinová adresa) identifikuje několik rozhraní a je používána ve chvíli, kdy je potřeba doručit určité informace od jednoho odesílatele k několika příjemcům. Tato adresa lze snadno rozpoznat, protože vždy začíná znaky FF (prefix je 1111 1111). Její stavba je vidět na obrázku 3.7. Nikdy nemůže být použita jako zdrojová adresa. (Microsoft, 2013)

Obrázek 3.7: Skupinová adresa



Zdroj: Satrapa (2011)

### 3.6.5 Protokol ICMPv6

Internet Control Message Protocol version 6 (ICMPv6) se v IPv6 používá (obdobně jako ICMPv4 v IPv4) pro hlášení chyb, diagnostiku (čímž je myšlen například příkaz



Ping), výměnu určitých druhů informací a je režijním protokolem Internetu. Tato nová verze ale přináší oproti svému předchůdci několik nových funkcí. Nyní je možné přes tento protokol zajišťovat například překlad IP adres na MAC adresy (pro což bylo v IPv4 nutné používat speciální protokoly ARP a RARP) nebo zjištění adresy směrovače na síti LAN. (Satrapa, 2011)

### 3.6.6 Protokol DHCPv6

Protokol DHCPv6 zajišťuje automatickou konfiguraci IP adresy, DNS serverů, doménové přípony a adres dalších služeb. Tohoto procesu se účastní 3 typy počítačů:

- Klient – zařízení, které potřebuje získat komunikační parametry
- Server – počítač, který pronajímá klientům komunikační parametry
- Zprostředkovatel – předává zprávy mezi serverem a klientem (CESNET, z.s.p.o., 2011)

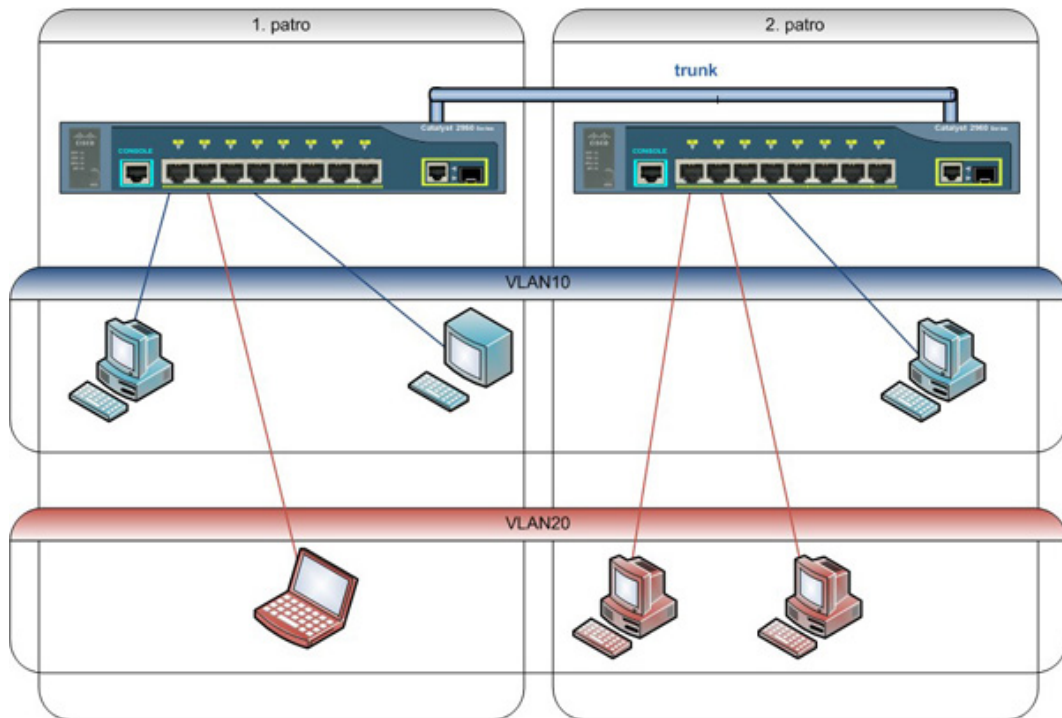
Konfigurace probíhá ve čtyřech etapách:

- Objevování – klient odesílá na multicastovou adresu všech DHCP serverů požadavek, který obsahuje identifikační údaje
- Nabídka – servery, které mohou klientovi pronajmout komunikační parametry, odesílají své nabídky
- Požadavek – klient vybírá z nabídek tu, která se mu jeví jako nejlépe vyhovující a následně žádá o přidělení
- Potvrzení – server potvrzuje přidělení údajů (CESNET, z.s.p.o., 2011)

### 3.6.7 DHCP Unique Identifier

Jednou z výraznějších změn oproti DHCPv4 je identifikace klientů. Pro tento účel byl zaveden DUID (DHCP Unique Identifier). To by mělo sloužit pro získávání stále stejné IP adresy pro stejné počítače právě podle tohoto identifikátoru. V případě DHCPv4 si DHCP server pamatoval podle MAC adres, jakou adresu má komu přidělit. V případě DHCPv6 dojde k vygenerování DUID, který se uloží do počítače.

Obrázek 3.8: Příklad rozdělení sítě na VLANy



Zdroj: Bouška (n.d.)

Výměna síťové karty tedy nebude znamenat změnu IP adresy. Problém nastane v případě klonování operačního systému, protože by došlo k přidělení dvou stejných DUID na dva stejné počítače, popřípadě při reinstalaci operačního systému, kde by došlo ke smazání DUID z paměti. (CESNET, z.s.p.o., 2011)

### 3.7 Virtuální LAN

VLANy (Virtuální LAN) se využívají k rozdělení sítě do několika dalších logických sítí, přičemž nezáleží na fyzickém uspořádání síťových komponent. Je tedy možné docílit toho, že počítače, které jsou připojeny na jeden switch, budou rozdělené do dvou nebo více nezávislých virtuálních sítí. Je také možné takto rozdělovat sítě na více propojených přepínačích (příklad je zobrazen na obrázku č. 3.8). Takto rozdělené sítě nebudou moci mezi sebou komunikovat. (Bouška, n.d.)

Někdy ovšem může nastat situace, že je potřeba rozdělit síť na VLANy a následně mezi nimi komunikovat. Pro tento účel je nutné použít Inter-VLAN routing

(směrování mezi VLANy). Jedná se o stejný způsob směrování, jako při běžné komunikaci mezi dvěma sítěmi. Ideálním řešením je použít switch, který pracuje na 3. vrstvě OSI modelu (L3 switch) a umí tedy směrování zajistit. Každá VLAN musí také patřit do své podsítě, jinak routování nebude možné. (Bouška, n.d.)

### **3.7.1 Protokol IEEE 802.1q**

Protokol IEEE 802.1q se také označuje jako trunking protokol nebo dot1q tagging. Je to standardizovaná metoda, která je podporována na většině přepínačích, které podporují VLANy. Tento protokol funguje tak, že se hlavička původního rámce zvětší o 4 bajty, které obsahují informace o použití protokolu IEEE 802.1q, prioritě dle protokolu IEEE 802.1p, příznaku, jestli je MAC adresa v kanonickém tvaru a číslo přiřazené VLANy. Následně je nutné přepočítat kontrolní součet. (Bouška, n.d.)

### **3.7.2 Trunk**

Jako trunk port se označuje port na switchi, který je nastaven tak, aby přes něho mohla téci data z několika VLANů. Spoj mezi dvěma trunk porty se nazývá trunk nebo trunk link. Původně se trunky využívaly v případě propojování více switchů, na kterých bylo nastaveno více VLANů. V dnešní době se ale nemusí používat pouze pro propojování přepínačů, ale je možné je využít v případě, že je potřeba přistupovat z několika oddělených VLANů na společný server. (Bouška, n.d.)

### **3.7.3 Možnosti zařazení do VLAN**

#### **Podle portu**

Na konkrétní port přepínače se ručně a napevno nastaví číslo potřebné VLAN. Tento port tedy bude vždy komunikovat pouze s nastavenou virtuální sítí. Je to nejpoužívanější a nejrychlejší řešení. (Bouška, n.d.)

#### **Podle MAC adresy**

Port se zařadí do VLANy podle MAC adresy připojeného zařízení. Je tedy nutné uchovávat tabulku, která obsahuje seznam MAC adres. Výhodou je, že

nezáleží do jakého portu bude zařízení připojeno a přepínač sám pozná, do jaké VLANy port připojit. Nevýhodou ale je, že switch musí prohledávat tabulku MAC adres a až poté zařazovat. Tato možnost je náročná na výkon. (Bouška, n.d.)

### **Podle protokolu**

Při této možnosti dochází k přiřazení podle informací ze 3. vrstvy. Je například možné rozdělit síť do VLAN podle IP adres nebo rozsahu adres. Nevýhodou je, že IP adresy musí být nastaveny napevno a přepínač musí sahát do 3. vrstvy, což znamená zpomalení. Tato možnost se v praxi moc nevyužívá. (Bouška, n.d.)

### **Podle Autentizace**

Protokolem IEEE 802.1x dochází k ověření uživatele, který se připojí do sítě. Server, který ověřuje identitu uživatelů dokáže také zařazovat zařízení do konkrétních VLAN a je možné také nastavit, že uživatel, který není autentizován, bude zařazen do speciální VLANy. Jedná se o univerzální metodu. (Bouška, n.d.)

# 4 Návrh sítě

## 4.1 Počáteční analýzy

Navrhovaná počítačová síť bude pro základní školu, která se nachází v budově zámku ze 17. století. Zásít'ovat bude nutné přízemí a první patro. Nebude se používat síť WI-FI, protože by se kvůli tlustým zdem nevyplatila a navíc stejně není potřebná, protože se jedná o základní školu a žáci si tam notebooky nenosí. Přibližné plánky přízemí a prvního patra jsou vidět na obrázcích číslo A.1 a A.2, rozměry budovy jsou přibližně 50m x 40m.

### 4.1.1 Seznam požadavků

Jako první krok musela proběhnout diskuze s ředitelem školy, pro kterou bude síť navrhována. Cílem tohoto rozhovoru bylo zjistit, jaké jsou požadavky na školní síť a co vše bude potřeba řešit. Z rozhovoru posléze vplynuly následující požadavky:

- Zásít'ovat přízemí a první patro
- Počítače rozmístit do učeben znázorněných v plánu
- Přístup k internetu odkudkoli
- Pro každého člověka vlastní uživatelský účet
- 3 druhy uživatelů: administrator, učitel, student
- Možnost vzdáleného připojení uživatelů do svých složek
- Možnost vzdáleného přístupu správce sítě pro případ poruchy
- Pro každého uživatele vlastní složku na souborovém serveru
- Žákům povolit pouze nejnnutnější věci jako je prohlížení a práce se soubory pouze v jejich složkách
- Možnost kontroly studentů při hodině
- Na souborovém serveru jednu společnou složku pro učitele
- Žáci nesmí mít možnost se dostat k učitelským souborům

- Neoprávnění uživatelé nesmí mít možnost přístupu k žádným školním souborům

### 4.1.2 Potřebný software

Ve chvíli, kdy jsou zřejmé požadavky na síť, je ještě nutné zjistit, jaký hlavní software se bude využívat. Tyto informace poslouží k další identifikaci požadavků na nastavení sítě a definování minimálních hardwarových požadavků. Z rozhovoru vyplynuly následující softwarové potřeby:

- Operační systém Microsoft Windows
- Kancelářský balík (ideálně Microsoft Office)
- Vision 7
- Grafický editor (není potřeba nic náročného a drahého)
- Program na tvorbu webových stránek
- Program na zpracovávání zvuku
- Program na jednoduchou práci s videem

### 4.1.3 Servery

V tuto chvíli je již zřejmá přibližná představa, jak bude potřeba síť navrhnut, aby splňovala všechny požadavky. Kromě toho, že bude nutné rozmístit efektivně síťové prvky po budově a propojit je, je si potřeba uvědomit, jaké služby budou obstarávat servery. Bylo by vhodné, aby se uživatelé mohli odkudkoli přihlašovat k uživatelským účtům, které by byly rozděleny do skupin a každé skupině byla přidělena různá oprávnění. Pro tento účel by byl zřejmě nejvhodnější server, na kterém by byla spuštěná služba Active Directory a který by tyto účty spravoval. Kromě toho by bylo vhodné zřídit také souborový server, na kterém by se nacházely soubory jednotlivých uživatelů. Nakonec by bylo vhodné k tomu všemu přidat ještě záložní server, pro případ nějakého výpadku.

## 4.2 Výběr softwaru

V tuto chvíli, kdy jsou již známy základní požadavky na síť a software, je vhodné vybrat konkrétní programy, které bude nutné na dané počítače nainstalovat. Z tohoto návrhu se bude dále vycházet při nastavování sítě a výběru hardwaru.

### Operační systém

Operační systém je program, který zprostředkovává komunikaci mezi hardwarem a koncovým uživatelem a je důležité dbát na správný výběr. V tomto případě se ale o složitý problém nejedná. Požadovaným systémem je Microsoft Windows a v současné době přichází v úvahu pouze 3 verze: Windows Vista, Windows 7 a Windows 8. Pro oblíbenou verzi Windows XP už Microsoft přestává vydávat bezpečnostní aktualizace a tím pádem se o tomto systému nebude vůbec uvažovat. Výběr ze tří výše zmíněných systémů problém nebude. Windows Vista a Windows 8 se řadí k nejméně povedeným operačním systémům, které kdy Microsoft vydal a proto bude pro tento návrh vybrán velmi dobrý Windows 7. Zde je ještě možné se rozhodovat mezi různými verzemi, ale protože bude nutné se připojovat k doméně, bude se muset použít minimálně verze Professional.

### Kancelářský balík

Kvalitních kancelářských balíků existuje několik. Kromě Microsoft Office je zde ještě například OpenOffice nebo LibreOffice. Protože ale Microsoft pro školy nabízí licence za zvýhodněnou cenu a Microsoft Office je školou preferovaný, bude tedy navržen balík od Microsoftu.

### Grafický editor

Jako nejlepší grafický editor je většinou považován Adobe Photoshop, popřípadě Corel Draw. Tyto programy jsou ale velmi drahé a pro základní školu zbytečné. Po diskuzi se došlo k závěru, že postačí Gimp, který je k dispozici zdarma.

### Program na tvorbu webových stránek

Kvalitních programů na tvorbu webových stránek je mnoho. Pro potřebné učení základů HTML a CSS postačí nenáročný, ale kvalitní PSPad.

## **Program na zpracování zvuku**

Pro práci se zvukem existuje také mnoho programů. Opět je ale zbytečné platit za drahý software a proto postačí program Audacity, který je k dispozici zdarma.

## **Program pro práci s videem**

Programy pro práci s videem bývají hodně náročné na hardware. Do operačního systému Windows 7 lze ale zdarma doinstalovat Windows Movie Maker, který je není moc náročný a zvládá základní funkce pro práci s videem, jako je například stříhání a přidávání titulků. Proto je zbytečné pořizovat jiné náročné a drahé programy.

## **4.3 Návrh síťové infrastruktury**

Návrh infrastruktury sítě vychází ze zadaných požadavků. V počáteční fázi je tedy nutné hlavně dodržet rozmístění počítačů v daných učebnách podle plánek na obrázcích A.1 a A.2 a podle toho přizpůsobit rozmístění potřebných síťových prvků.

Hlavním prvkem by měl být switch, který bude připojen k přípojce od internetového poskytovatele a který bude sloužit jako hlavní brána do internetu a ze kterého se budou rozvádět kabely k dalším počítačům. Bude nutné použít chytřejší L3 switch, který dokáže obstarat také například směrování, nastavení VLANů a access listů. Dále je nutné si uvědomit, že maximální délka kroucené dvojlinky, po které lze přenášet data je 100m. Bude tedy nutné po budově rozmístit switche co nejefektivněji a popřípadě použít v určitých místech také repeater.

### **4.3.1 Rozmístění prvků v budově**

Na obrázku A.3 se nachází grafické znázornění, jak jsou prvky rozmístěny po budově. Jsou zde i znázorněny veškeré spoje mezi síťovými prvky a počítači.

V tabulce 4.1 je přehledně vidět seznam všech potřebných síťových prvků. Ke každému je napsáno, kde bude tento prvek umístěn a k jakému účelu bude v síti použit.



Tabulka 4.1: Potřebné síťové prvky

Prvek	Počet portů	Umístění	Účel
Hlavní L3 switch	minimálně 4	Počítačová učebna	brána do internetu
Switch	minimálně 17	Počítačová učebna	připojení počítačů počítačové učebny
Switch	minimálně 5	Počítačová učebna	připojení serverů a tiskárny
Switch	minimálně 3	Počítačová učebna	pro připojení učeben v přízemí
Switch	minimálně 9	1. třída	připojení počítačů z první části prvního patra, propojení se switchem v přízemí a propojení s druhým switchem v prvním patře
Switch	minimálně 10	Učebna angličtiny	připojení počítačů z druhé části prvního patra a propojení s první částí prvního patra

## 4.4 Nastavení sítě

Protože je před výběrem konkrétních komponent nutné zjistit, co vše se bude po hardwaru požadovat, navrhne se nejprve nastavení sítě. Tím je v tomto případě myšleno jak se použijí rozsahy IP adres, jak rozdělit síť do subnetů a VLANů a komu kam povolit přístup.

### 4.4.1 VLAN

Prvotní, co je nutné si uvědomit je, na jaké virtuální sítě se celá síť rozdělí. V tomto případě je podle požadavků vhodné, aby se oddělili učitelé od žáků. Tento návrh

by neměl být problém, protože žáci v tomto případě budou mít legálně přístup k počítači pouze v počítačové učebně a v družině. Je tedy vhodné pro žáky vymezit vlastní virtuální síť.

Následující skupinou uživatelů, kteří budou mít přístup k síti jsou učitelé. Ti budou k síti přistupovat ze všech ostatních počítačů a je pro ně vhodné vytvořit další vlastní virtuální síť, která bude oddělená od žáků.

Poslední skupinou počítačů, které budou připojeny do sítě jsou servery. Za těmito počítači lidé sedět nebudou. Tyto počítače budou poskytovat služby všem ostatním uživatelům v síti. Je tedy vhodné tuto skupinu opět umístit do speciální VLANy. Nakonec se tedy bude síť dělit do těchto virtuálních sítí:

- Servery
- Učitelé
- Žáci

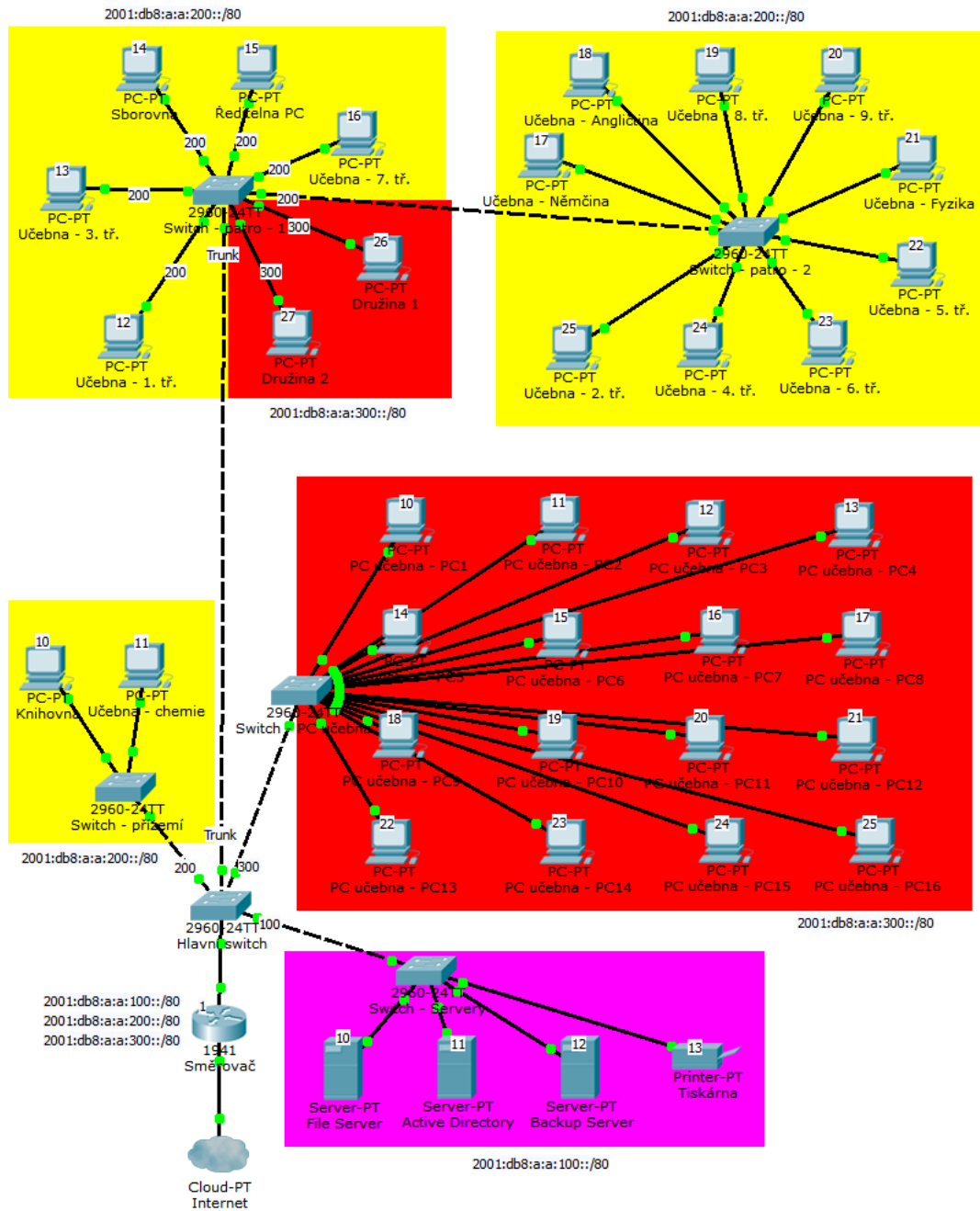
Celý návrh sítě v Packet Traceru, včetně graficky znázorněných VLANů je přehledně vidět na obrázku 4.1. Fialovou barvou je vyznačen VLAN servery, žlutou učitelé a červenou žáci. U každého barevného obdélníku je poznamenána i adresa sítě a nad každým zařízením, které má nějakou IP adresu, je napsáno číslo, které udává konec IP adresy konkrétního zařízení. U určitých spojů, vedoucích od switchů jsou poznamenána čísla VLANů nebo poznámka, že se jedná o trunk.

#### 4.4.2 IP adresy

V tuto chvíli je již zřejmé, že síť bude rozdělena na 3 VLANy a je postupně třeba dosáhnout toho, aby VLANy Učitelé a Žáci spolu nemohli komunikovat, ale aby tyto dvě sítě mohly komunikovat s VLANou Servery. Každé VLANě se tedy přiřadí vlastní podsíť.

V této práci se již bude předpokládat použití IP adresy verze 6. Protože tato síť zatím nemá přidělenou svou vlastní IPv6 adresu, bude se předpokládat, že internetový poskytovatel přidělí škole tuto adresu sítě: 2001:db8:a:a::/64, protože poskytovatelem přidělovaný prefix bude ve většině případů /64.

Obrázek 4.1: Návrh celé sítě v Packet Traceru



Tato adresa bude následně rozdělena na 3 podsítě, přičemž bude každé VLANě jedna podsít' přidělena. Toto rozdělení je vidět v tabulce 4.2.

Tabulka 4.2: VLANy a podsítě

VLAN	Podsít'
Servery	2001:db8:a:a:100::/80
Učitelé	2001:db8:a:a:200::/80
Žáci	2001:db8:a:a:300::/80

Aby bylo jednoduché zapamatování IP adres konkrétních počítačů, nebude se používat DHCPv6. Všechny počítače budou mít staticky nastavenou IP adresu. V případě nějakého problému na konkrétním počítači se tedy správce sítě pouze podívá do seznamu počítačů a IP adres a jednoduše se připojí přes VPN a Vzdálenou plochu. Seznam počítačů a IP adres ve formě tabulek je vidět v příloze, v tabulkách B.1, B.2 a B.3.

### 4.4.3 Access listy

V dnešní době bývá na většině lepších síťových prvcích možnost nastavení access listů, což je seznam oprávnění, kdo může kam přistupovat. V tomto případě se využijí pro nastavení oprávnění pro komunikaci mezi různými VLANy a dalšími omezeními, které zajistí větší bezpečnost. Potřebné nastavení je vidět v tabulkách 4.3 a 4.4. Řádky jsou procházeny postupně a když dojde ke shodě, dále se nepokračuje.

Tabulka 4.3: Access listy pro LAN

Povolit/zakázat	Protokol	Zdroj	Cíl
Zakázat	Vše	Žáci (celá podsít')	Učitelé (celá podsít')
Zakázat	Vše	Učitelé (celá podsít')	Žáci (celá podsít')
Povolit	Vše	Žáci (celá podsít')	Servery (celá podsít')
Povolit	Vše	Učitelé (celá podsít')	Servery (celá podsít')
Povolit	Vše	Servery (celá podsít')	Vše

Tabulka 4.4: Access listy pro WAN

Povolit/zakázat	Protokol	Zdroj	Cíl
Povolit	HTTP	Celá LAN	Internet
Povolit	FTP	Celá LAN	Internet
Povolit	VPN	Internet	VPN server (v LAN)
Povolit	FTP	Internet	FTP server (v LAN)
Zakázat	Vše	Vše	Vše

## 4.5 Požadavky na jednotlivé komponenty

Z předchozích kapitol je již zřejmé, jak bude potřeba síť nastavit a co vše ostatní bude potřeba. Následuje postupný a detailní rozpis potřebných komponent. Seznam konkrétních produktů, které by bylo možné použít při konečné implementaci (včetně cenové kalkulace) je vidět v příloze v tabulkách C.1, C.2 a C.3.

### 4.5.1 Přenosová média

Jak již bylo dříve zmíněno, v této síti se nebude využívat WI-FI a tím pádem tedy budou všechny spoje tvořeny pomocí kabelů.

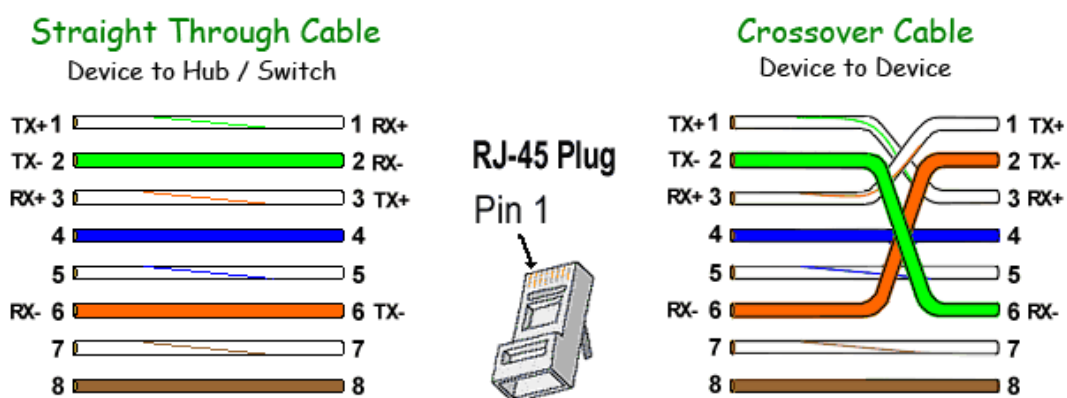
V síti se použije technologie Ethernet a stromová topologie z důvodu, že je nutné zajistit vysokou spolehlivost a snadnou detekci případné chyby. Vyšší spotřeba kabelů a nutnost síťových prvků není v tomto případě vzhledem k cenám velkým problémem.

Počítače tedy budou propojovány pomocí kroucené dvojlinky a konektorů RJ-45. Protože se po síti bude přenášet větší objem dat, jako jsou síťové profily a soubory ze serveru, bude vhodné použít alespoň Gigabit Ethernet. Kroucená dvojlinka se dělí do několika kategorií (značí se slovem Cat). Pro Gigabit Ethernet je nutná minimálně Cat5. Lepší je ale použít vyšší kategorii, tedy alespoň Cat5e. Při propojení dvou stejných zařízení by se měl použít křížený kabel a při propojení rozdílných zařízení přímý kabel. Není to sice v dnešní době úplně nutné, protože většina síťových zařízení dokáže pracovat s oběma typy stejně, pro jistotu by ale bylo vhodné tato

pravidla dodržet. Zapojení těchto kabelů je znázorněno na obrázku 4.2.

Přibližná délka potřebné kroucené dvojlinky se spočítá podle plánu, který je vidět na obrázcích A.1 a A.2. Rozměry budovy jsou známé a byly zmíněny už při počáteční analýze. Po sečtení přibližných vzdáleností mezi jednotlivými zařízeními, kde bylo nutné připočítat také několik metrů kvůli výšce stěn se došlo k závěru, že konečný odhad délky UTP kabelu Cat5e je okolo 1000m. Dále bylo zjištěno, že by bylo vhodné použít pro jistotu mezi přepínači v prvním patře repeater, protože délka kabelu mezi nimi bude okolo 100m.

Obrázek 4.2: Zapojení přímých a křížených kabelů



Zdroj: Quartech Corporation (n.d.)

## 4.5.2 Switche

### Hlavní switch

Jako síťový prvek, který bude zajišťovat propojení školní sítě s poskytovatelem internetu, bude použit L3 switch. V tomto případě se bude jednat o lepší řešení než použití routeru, protože se bude pracovat s veřejnými IP adresami a nebude potřeba vzniku nové sítě, schované za tímto prvkem. V tomto případě bude stačit směřovat mezi VLANy, což L3 switche zvládají. Při výběru tohoto prvku se musí vzít v úvahu požadavky, které vyplynuly z potřebného nastavení sítě a jsou následující:

- Podpora alespoň 3 VLAN

- Podpora access listů
- Směrování mezi VLANy
- Alespoň 5 gigabitových portů
- Podpora IPv6

Zřejmě největším problémem při hledání ideálního přepínače bude nutnost podpory IPv6, protože navzdory tomu, že se čím dál více mluví o přechodu z IPv4 na IPv6, není velké množství cenově přijatelných produktů, které tuto funkci obsahují. Tyto produkty bývají označeny logem IPv6 Ready, které je vidět na obrázku 4.3.

Obrázek 4.3: IPv6 Ready logo



Zdroj: D-Link Corporation/D-Link Systems, Inc. (n.d.)

### **Hlavní switch v prvním patře**

Tento síťový prvek bude propojen s hlavním switchem v přízemí a s druhým switchem v prvním patře. Hlavním požadavkem na tento přepínač bude nutnost podpory VLANů, protože k němu budou připojeny 2 počítače, nacházející se v družině. Tyto počítače musí spadat do virtuální sítě pro žáky. Ostatní počítače se nacházejí v učebnách a budou tím pádem zařazeny do VLANy pro učitele. Druhým požadavkem bude muset být samozřejmě potřebný počet portů, v tomto případě 9.

## Zbylé switche

Výběr zbylých switchů nebude složitý. Celá infrastruktura je navržena tak, že složitější switchové operace dokáže obstarat hlavní L3 switch, popřípadě hlavní switch v prvním patře. U zbylých přepínačů se tedy bude stačit zaměřit na podporu gigabitového Ethernetu a na počty portů. Jednoduchý přehled požadavků je vidět v tabulce 4.1. Bude tedy potřeba switche s alespoň sedmnácti, pěti, třemi a deseti porty.

### 4.5.3 Počítače

V této škole se bude nacházet celkem 35 osobních počítačů, ke kterým budou mít učitelé a žáci fyzický přístup a je důležité specifikovat parametry, které by měly tyto počítače splňovat, aby byly dostatečně rychlé na potřebnou práci. Ani žáci, ani učitelé nebudou potřebovat hrát hry a požadavky tedy nebudou tak velké. Na počítačích se budou provozovat většinou kancelářské práce a jako operační systém bude použit Windows 7 Professional. Hardwarové parametry by měly být alespoň následující:

- Dvoujádrový procesor 3GHz
- 4GB operační paměti RAM
- Integrovaná grafická karta
- Pevný disk 250GB
- Gigabitová síťová karta

### 4.5.4 Server

Server bude v síti plnit funkci správce uživatelských účtů. Když se bude chtít učitel nebo žák přihlásit na počítači, bude se posílat požadavek na tento server, kde bude spuštěna služba Active Directory. Zde by bylo vhodné použít jako operační systém Windows Server, protože je oproti Linuxu podstatně jednodušší na konfiguraci. Problém by ale mohl nastat při výběru vhodné licence. Microsoft zavedl limity na počet uživatelů Windows Serveru a konečná cena by se tedy v konečném důsledku mohla



vyšplhat relativně vysoko. Mohla by však existovat možnost vyjednání individuální licence. Pokud by však toto selhalo, zřejmě by se nakonec vyplatil využít systém Linux se službou LDAP. Na tomto serveru by se mohl ještě spustit VPN server, kvůli vzdálené správě sítě. VPN tunel je šifrovaný a například vzdálená plocha je z bezpečnostních důvodů už v access listech na hlavním switchi povolena pouze v rámci LAN. Při výběru hardwaru se musí dbát hlavně na výkonný procesor a operační paměť RAM s dostatečnou kapacitou.

Kromě hlavního serveru by bylo ale vhodné použít ještě jeden, který bude sloužit jako záložní, v případě poruchy. Parametry tohoto serveru nebudou muset být tak velké. Využití se předpokládá jen krátkodobě, než dojde k opravě hlavního serveru po poruše.

#### 4.5.5 Datové uložště

Vedle hlavního a záložního serveru bude ještě nutné použít nějaké datové uložště, kde budou mít učitelé a žáci své složky a každý přidělen určitý prostor. V dnešní době se vyrábí mnoho takovýchto uložšť, které nabízejí mnoho užitečných funkcí. Požadavky jsou následující:

- Možnost propojení s Active Directory, popřípadě s LDAP
- Zrcadlení (RAID 1) nebo nějaká jiná ochrana dat před ztrátou
- Alespoň 1TB prostoru
- Omezování přístupu ke složkám podle uživatelských účtů a skupin
- Možnost připojení složky jako vzdáleného disku přes protokol CIFS
- Možnost připojení ke složce pomocí FTP

Výše uvedené požadavky splňují například NASy od společnosti Synology. Prodávají se bez hard disků a tak je možné si vybrat potřebnou kapacitu podle potřeby. Hlavní výhodou je, že operační systém mají všechny produkty shodný a je možné ho aktualizovat. Veškeré dříve zmíněné požadavky, jako je propojení s Active Directory, omezování přístupů, vytvoření FTP serveru a plno dalších funkcí jde nastavit právě přes tento systém, ke kterému se lze připojit jednoduše přes webové rozhraní,

podobně jako k routeru, který má v dnešní době téměř každý člověk, který je doma připojený k internetu.

#### 4.5.6 Tiskárna

Posledním zařízením, které bude připojené do sítě, je síťová tiskárna. U ní by bylo vhodné, aby ji mohli používat pouze oprávnění uživatelé, v tomto případě tedy převážně zaměstnanci. Časem by ale mohlo být užitečné, aby měli možnost tisknout i žáci. Z tohoto důvodu by bylo ideální použít společně se síťovou tiskárnou také nějaké zařízení, které bude tento přístup kontrolovat a případně stanovovat určité limity pro tisk. Typickým příkladem může být tiskové řešení SafeQ od společnosti YSoft, pomocí kterého lze odeslat úlohu na tiskárnu, poté se přímo u tiskárny autentizovat pomocí zaměstnanecké (popřípadě studentské) karty a až poté začne probíhat samotný tisk. Tato společnost nabízí plno zajímavých produktů, které se nemusí týkat pouze tiskáren připojených do sítě. Přesné informace o produktech a jejich cenách nejsou ale bohužel veřejně dostupné.

### 4.6 Kalkulace

V tuto chvíli, kdy jsou známy veškeré požadavky na komponenty, je možné přejít ke konečnému výběru konkrétních produktů a k cenové kalkulaci. Tyto produkty byly vyhledávány především na stránkách internetového obchodu Alza.cz. Pouze v případě speciálnějších produktů bylo postupováno odlišně. Podrobný rozpis je uveden v příloze, v tabulkách C.1, C.2 a C.3.

L3 switche byly vybírány na stránkách výrobce Cisco. Parametry produktů od této firmy jsou na oficiálních stránkách velmi dobře popsány a bylo tedy zřejmé, jaké produkty splňují všechny potřebné požadavky a následně mohly být vybrány i konkrétní switche. Cena byla následně vyhledána přes webové stránky Heureka.cz. V případě produktu SafeQ pro přístup k síťové tiskárně je problém získat přesnou cenu, protože není veřejně známá a v kalkulaci je tedy uvedena pouze přibližná. Celková cena switchů a serverů vychází na 68540 Kč, počítače a jejich příslušenství 468393 Kč a ostatní produkty na 96547 Kč. Celková cena je tedy 633480 Kč.

## 5 Závěr

Hlavním cílem práce bylo navrhnout kvalitní počítačovou síť pro základní školu. Po zpracování první části, ve které se rozebírají především teoretická fakta, týkající se této problematiky, došlo na samotný návrh. V první fázi bylo nutné analyzovat, jaké jsou požadavky, následně rozvrhnout umístění síťových prvků a jejich propojení mezi sebou a s dalšími zařízeními. Poté bylo nutné uvědomit si, jak bude potřeba celou síť nastavit, aby byla bezpečná a minimalizovalo se nebezpečí úniku citlivých dat. Následovala poslední část, kde bylo nutné rozebrat požadavky na konkrétní počítače a síťové prvky.

Při návrhu bylo dbáno především na to, aby se minimalizovala šance na případnou poruchu, byla zajištěna bezpečnost dat a aby celá infrastruktura splňovala vše potřebné. Stromová topologie byla vybrána především z důvodu minimalizace šance na poruchu, ke které i kdyby došlo, byla by její identifikace poměrně snadná. Rozmístění počítačů, síťových prvků a spojů bylo zaznamenáno přehledně na plánu v příloze a následně byl také vytvořen návrh v programu Packet Tracer, kde lze přehledně simulovat tok dat po celé síti. Pro adresaci byl vybrán moderní protokol IPv6, jehož příchod se čím dál rychleji blíží. Síť byla rozdělena celkem na 3 VLANy, kde se pomocí access listů omezil provoz mezi těmito virtuálními sítěmi a došlo k povolení pouze nezbytného provozu, což zajistí větší bezpečnost. V poslední fázi došlo ke specifikaci požadavků na konkrétní hardware, podle kterých byly vybrány konkrétní produkty a vypočítána koncová cena. Navržená síť tedy v koncovém důsledku bude rychlá a bezpečná, což bylo primárním cílem této práce.

# 6 Summary

Computer network is a concept, which means a few computers connected between themselves. Typical example of a computer network is the Internet, which is formed by many smaller computer networks. The Internet makes our living more easy, but this big comfort has a price. There is a lot of dangers on the Internet. This huge computer network contains very much information, which must not be lost or stolen.

This thesis is not only about the Internet, but this is very related. Main objective is proposing quality computer network for primary school. This thesis is divided to two parts. The first part contains theoretical information about computer networks and the second part contains the main proposal. The second part is divided to six parts: initial analysis, software selection, proposal of network infrastructure, network settings, requirements for components and final calculation. Care was taken to minimize the chances of failure, data security and ensuring all requirements. There was chosen tree topology of network, placement of computers and network elements was shown on the plan, network was divided to three VLANs, where traffic was reduced by access lists and for addressing there was chosen Internet protocol version 6. Finally, it was necessary to specify requirements on network elements, according to which there was selected specific components.

## **Keywords**

Network, server, switch, computer, security, Windows, Linux, LAN, VLAN, proposal, IPv6

# Seznam použitých zdrojů

- Bouška, P. (n.d.). *Vlan - virtual local area network*. Dostupné z <http://www.samuraj-cz.com/clanek/vlan-virtual-local-area-network/>
- CESNET, z.s.p.o. (2011). *Dhcpv6*. Dostupné z <https://www.ipv6.cz/DHCPv6>
- CESNET, z.s.p.o. (2012). *Individuální adresy (unicast)*. Dostupné z [https://www.ipv6.cz/Individu%C3%A1ln%C3%AD\\_adresy\\_\(unicast\)](https://www.ipv6.cz/Individu%C3%A1ln%C3%AD_adresy_(unicast))
- Cisco Systems, Inc. (2012). *Ipv6 anycast address*. Dostupné z <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/ipv6/configuration/15-2mt/ip6-15-2mt-book/ip6-anycast-add.html>
- D-Link Corporation/D-Link Systems, Inc. (n.d.). *D-link ipv6 solutions*. Dostupné z <http://www.dlink.com/us/en/technology/dlink-ipv6-solutions>
- Dostálek, L., & Kabelová, A. (2008). *Velký průvodce protokoly tcp/ip a systémem dns*. Brno: Computer Press, a. s.
- Horák, J., & Keršláger, M. (2011). *Počítačové sítě pro začínající správce*. Brno: Computer Press, a. s.
- Microsoft. (n.d.-a). *The tcp/ip model*. Dostupné z [http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc786900\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc786900(v=ws.10).aspx)
- Microsoft. (n.d.-b). *Tcp/ip protocol architecture*. Dostupné z <http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc958821.aspx>
- Microsoft. (2013). *Multicast ipv6 addresses*. Dostupné z <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa924142.aspx>
- Mitchell, B. (n.d.-a). *Bridge - network bridges*. Dostupné z [http://compnetworking.about.com/cs/internetworking/g/bldef\\_bridge.htm](http://compnetworking.about.com/cs/internetworking/g/bldef_bridge.htm)
- Mitchell, B. (n.d.-b). *Network topologies*. Dostupné z <http://compnetworking.about.com/od/networkdesign/a/topologies.htm>
- Mitchell, B. (n.d.-c). *Osi model reference guide*. Dostupné z <http://compnetworking.about.com/cs/designosimodel/a/osimodel.htm>
- Mitchell, B. (n.d.-d). *Repeater*. Dostupné z [http://compnetworking.about.com/cs/internetworking/g/bldef\\_repeater.htm](http://compnetworking.about.com/cs/internetworking/g/bldef_repeater.htm)
- Mitchell, B. (n.d.-e). *Router*. Dostupné z [http://compnetworking.about.com/cs/routers/g/bldef\\_router.htm](http://compnetworking.about.com/cs/routers/g/bldef_router.htm)

- Mitchell, B. (n.d.-f). *Switch (network switch)*. Dostupné z [http://compnetworking.about.com/od/hardwarenetworkgear/g/bldef\\_switch.htm](http://compnetworking.about.com/od/hardwarenetworkgear/g/bldef_switch.htm)
- Quartech Corporation. (n.d.). *Communication cables*. Dostupné z <http://www.quartechcorp.com/onlinehelp/9113-1-x/cables.htm>
- QuinStreet Inc. (n.d.). *Ip address - internet protocol (ip) address*. Dostupné z [http://www.webopedia.com/TERM/I/IP\\_address.html](http://www.webopedia.com/TERM/I/IP_address.html)
- Revision World Networks Limited. (n.d.). *Ring topology*. Dostupné z <http://www.revisionworld.com/gcse-revision/ict/networks-internet/computer-computer-communication/ring-topology>
- Santana Services, Inc. (2012). *Understanding bus topology*. Dostupné z <http://www.techiwarehouse.com/engine/fff5c119/Understanding-Bus-Topology>
- Satrapa, P. (2011). *Internetový protokol verze 6*. Praha: CZ.NIC, z. s. p. o.
- Saunders, G. J. M. (n.d.). *Networking*. [http://www.garethjmsaunders.co.uk/pc/net\\_wfwg\\_01\\_hardware.html](http://www.garethjmsaunders.co.uk/pc/net_wfwg_01_hardware.html)

# Seznam obrázků

3.1	OSI model a TCP/IP včetně příkladů protokolů . . . . .	15
3.2	Sběrníková topologie . . . . .	17
3.3	Kruhová topologie . . . . .	18
3.4	Hvězdicová topologie . . . . .	19
3.5	Globální unicastové adresy . . . . .	23
3.6	Lokální unicastové adresy . . . . .	23
3.7	Skupinová adresa . . . . .	24
3.8	Příklad rozdělení sítě na VLANy . . . . .	26
4.1	Návrh celé sítě v Packet Traceru . . . . .	35
4.2	Zapojení přímých a křížených kabelů . . . . .	38
4.3	IPv6 Ready logo . . . . .	39
A.1	Plánek přízemí - požadavek na rozmístění počítačů . . . . .	I
A.2	Plánek prvního patra - požadavek na rozmístění počítačů . . . . .	II
A.3	Rozmístění a propojení komponent a počítačů . . . . .	III

# Seznam tabulek

4.1	Potřebné síťové prvky . . . . .	33
4.2	VLANy a podsítě . . . . .	36
4.3	Access listy pro LAN . . . . .	36
4.4	Access listy pro WAN . . . . .	37
B.1	Počítače a IP adresy (VLAN Servery) . . . . .	IV
B.2	Zařízení a IP adresy (VLAN Učitelé) . . . . .	V
B.3	Počítače a IP adresy (VLAN Žáci) . . . . .	VI
C.1	Cenová kalkulace switchů a serverů . . . . .	VII
C.2	Cenová kalkulace počítačů a příslušenství . . . . .	VIII
C.3	Cenová kalkulace ostatních produktů . . . . .	IX

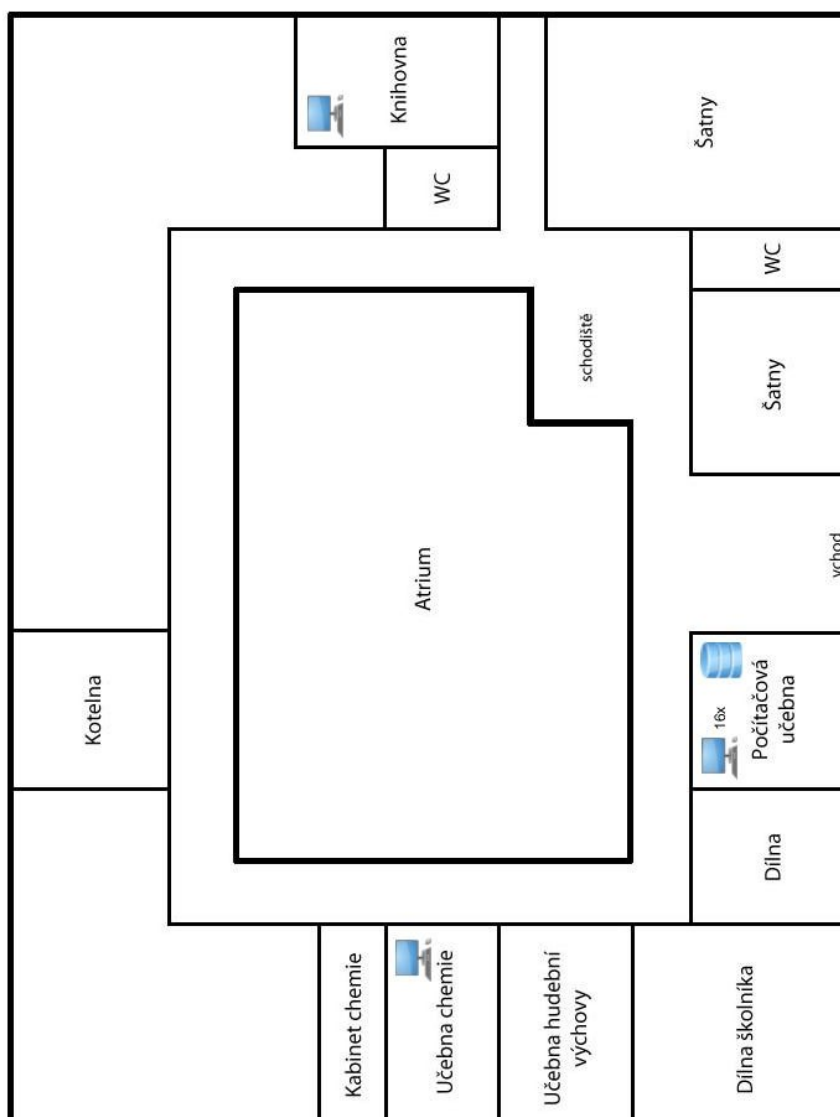


# Přílohy

## A Plánky budovy

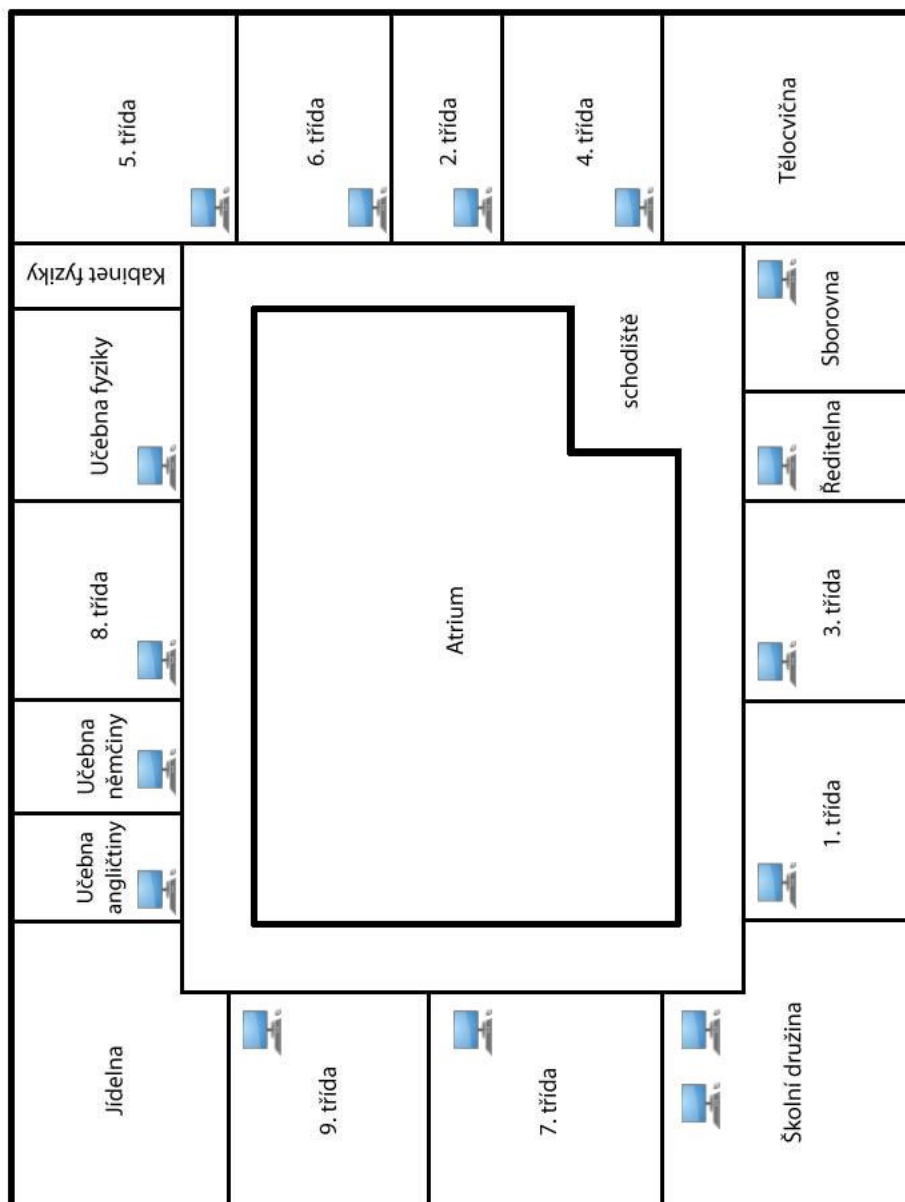
### A.1 Plánek přízemí

Obrázek A.1: Plánek přízemí - požadavek na rozmístění počítačů



## A.2 Plánek prvního patra

Obrázek A.2: Plánek prvního patra - požadavek na rozmístění počítačů





# B IP adresy

## B.1 VLAN Servery

Tabulka B.1: Počítače a IP adresy (VLAN Servery)

Zařízení	IP adresa
Gateway	2001:db8:a:a:100::1
Souborový server	2001:db8:a:a:100::10
Active Directory server	2001:db8:a:a:100::11
Backup server	2001:db8:a:a:100::11
Síťová tiskárna	2001:db8:a:a:100::13

## B.2 VLAN Učitelé

Tabulka B.2: Zařízení a IP adresy (VLAN Učitelé)

Zařízení	IP adresa
Gateway	2001:db8:a:a:200::1
PC - knihovna	2001:db8:a:a:200::10
PC - učebna chemie	2001:db8:a:a:200::11
PC - 1. třída	2001:db8:a:a:200::12
PC - 3. třída	2001:db8:a:a:200::13
PC - sborovna	2001:db8:a:a:200::14
PC - ředitelna	2001:db8:a:a:200::15
PC - 7. třída	2001:db8:a:a:200::16
PC - němčina	2001:db8:a:a:200::17
PC - angličtina	2001:db8:a:a:200::18
PC - 8. třída	2001:db8:a:a:200::19
PC - 9. třída	2001:db8:a:a:200::20
PC - učebna fyziky	2001:db8:a:a:200::21
PC - 5. třída	2001:db8:a:a:200::22
PC - 6. třída	2001:db8:a:a:200::23
PC - 4. třída	2001:db8:a:a:200::24
PC - 2. třída	2001:db8:a:a:200::25

## B.3 VLAN Žáci

Tabulka B.3: Počítače a IP adresy (VLAN Žáci)

Zařízení	IP adresa
Gateway	2001:db8:a:a:300::1
PC1 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::10
PC2 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::11
PC3 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::12
PC4 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::13
PC5 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::14
PC6 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::15
PC7 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::16
PC8 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::17
PC9 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::18
PC10 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::19
PC11 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::20
PC12 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::21
PC13 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::22
PC14 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::23
PC15 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::24
PC16 - počítačová učebna	2001:db8:a:a:300::25
PC1 - družina	2001:db8:a:a:300::26
PC2 - družina	2001:db8:a:a:300::27

# C Cenová kalkulace

## C.1 Switche a servery

Tabulka C.1: Cenová kalkulace switchů a serverů

Označení	Produkt	Cena	Počet kusů
Hlavní switch	Cisco SG300-10MP	8500 Kč	1
Hlavní switch v prvním patře	Cisco SG200-10FP	7000 Kč	1
Switch - servery, přízemí učitelé	TP-Link TL-SG1005D	463 Kč	2
Switch - 2. patro, 2. switch	D-Link GO-SW-16G	1899 Kč	1
Switch - PC učebna	TP-LINK TL-SG1024D	2729 Kč	1
Hlavní server	Fujitsu PRIMERGY TX100 S3P	17690 Kč	1
Záložní server	HP ProLiant ML310e Gen8 v2	17299 Kč	1
NAS	Synology DiskStation DS214+	9099 Kč	1
HDD	Western Digital Red 1000GB	1699 Kč	2

## C.2 Počítače a příslušenství

Tabulka C.2: Cenová kalkulace počítačů a příslušenství

Označení	Produkt	Cena	Počet kusů
PC sestava s Windows 7 Pro, myš a klávesnice	Acer Veriton X2630G	11290 Kč	34
Monitor	20"LG 20EN33SS	2099 Kč	34
Sluchátka s mikrofonom	Defender HN-750	149	18
Reproduktory	Genius SP-HF 800B	699 Kč	15



## C.3 Ostatní

Tabulka C.3: Cenová kalkulace ostatních produktů

Označení	Produkt	Cena	Počet kusů
Tiskárna	HP LaserJet Pro 400 color MFP M475dw	15699 Kč	1
Přístup k tiskárně	SafeQ	20000 Kč	1
Konektory	RJ-45 konektor	4 Kč	76
Krytky na konektory	RJ-45 Krytka (10ks)	35 Kč	8
1km UTP Cat5e	Datacom, drát, CAT5E, UTP, 305m/box	1799 Kč	4
Kancelářský balík	MS Office 2013 (školní licence)	1432 Kč	34