

**Univerzita Hradec Králové**  
**Fakulta informatiky a managementu**

## **Videoprojekce – problémy a řešení v praxi**

Bakalářská práce

Autor: Jiří Vokřál  
Studijní obor: Aplikovaná informatika

Vedoucí práce: Mgr. Josef Lounek, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou zprávu zpracoval samostatně, s použitím uvedené literatury a za pomoci vedoucího bakalářské práce.

V Hradci Králové dne 15.11.2014

Jiří Vokřál

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. Josefu Lounkovi, Ph.D. za metodické vedení práce, rady a připomínky.

## **Anotace**

Bakalářská práce objasňuje princip projekce obrazu, primárně je zaměřena na technologii digitálních projektorů. Dále se také zaměřuje na interaktivní tabule a příslušenství k projektorům. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část práce popisuje historii projekce obrazu, následně pak jednotlivými částmi projektorů, principem projekce obrazu a principem tvorby digitálního obrazu projektořem. Poté jsou popsány principy funkce, druhy interaktivních tabulí a na konec jsou shrnuty důležité parametry projektorů.

Praktická část práce se zabývá návrhem koupě projektorů pro středně velkou střední školu. Je zde zkoumáno, jaké konkrétní typy projektorů se hodí k jakému účelu projekce, za daných podmínek místností a financí. Jsou zde návrhy výběru projektorů ve své kategorii a projektory jsou mezi sebou porovnány.

## **Annotation**

### **Title: Video projection – problems and solutions in practise**

Bachelor Thesis clarifies the principle of projection of the image. It is focused primarily on the technology of digital projectors. Hereafter the work is focused on the interactive whiteboard and projector accessories. Working tasks are divided into theoretical and practical parts.

The theoretical part describes the history of image projection, then with different parts of projectors, image projection principle and the principle of the creation of digital image projector. Then, it describes the operating principles, types of interactive whiteboards and other accessories for projectors.

Practical part deals with designing of purchase projectors for medium-sized high school. Specific types of projectors were examined for their suitability for serious tasks and available finances. There are also suggestions on comparison of projectors in their uses.

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Metodika zpracování .....	3
4	Teoretická část.....	4
4.1	Historie projekce obrazu.....	4
4.2	Zdroje světla .....	6
4.3	Optická soustava projektoru .....	8
4.4	Projekční plochy .....	10
4.4.1	Interaktivní tabule .....	12
4.5	Technologie projekce digitálního obrazu .....	13
4.5.1	CRT .....	13
4.5.2	LCD .....	15
4.5.2.1	Historie technologie LCD.....	15
4.5.2.2	Princip displeje z tekutých krystalů.....	16
4.5.2.3	Typy LCD.....	18
4.5.2.3.1	Twisted Nematic.....	18
4.5.2.3.2	In-Plane Switching.....	20
4.5.2.3.3	Vertical Alignment .....	21
4.5.3	DLP .....	22
4.5.3.1	Historie DLP .....	22
4.5.3.2	Princip DMD čipu.....	22
4.5.4	LCoS.....	27
4.6	Důležité parametry při výběru projektoru .....	28

4.6.1	Technologie tvorby obrazu.....	28
4.6.2	Rozlišení.....	28
4.6.3	Úroveň jasu .....	28
4.6.4	Projekční vzdálenost .....	29
4.6.5	Lampa.....	30
4.6.6	Lichoběžníková korekce .....	30
5	Praktická část.....	32
5.1	Příprava návrhu projektu .....	32
5.1.1	Projektory pro prezentace.....	32
5.1.2	Interaktivní projekce .....	32
5.1.3	Přenosný projektor .....	33
5.1.4	Projektor do promítacího sálu .....	33
5.1.5	Projektor do zájmové místnosti.....	33
5.2	Realizace projektu .....	34
5.2.1	Výběr projektorů pro prezentace.....	34
5.2.2	Interaktivní projekce .....	36
5.2.3	Výběr přenosného projektoru.....	39
5.2.4	Projektor do promítacího sálu .....	40
5.2.5	Projektor do zájmové místnosti.....	42
5.3	Ověření výsledků.....	44
6	Shrnutí výsledků.....	45
7	Závěry a doporučení .....	46
8	Seznam použité literatury .....	47
9	Seznam obrázků.....	50

10	Seznam tabulek.....	51
11	Přílohy .....	52

# 1 Úvod

Digitální videoprojektory jsou v dnešní době rozmáhající se technologií, dostávající se do domácností namísto výhradního postavení v kinech, firmách a institucích. Cena i kvalita projekce jsou již v takových mezích, že si může kvalitní projektor dovést téměř každý. Digitální videoprojektory jsou ideální náhradou televize, obzvláště pro diváky, kteří vyžadují úhlopříčku obrazu větší než 50“. Při stejné úhlopříčce obrazu jsou projektory cenově srovnatelné s televizory a s přibývajícím úhlopříčkou vycházejí levněji. U požadavku na úhlopříčku obrazu větší než 85“ jsou projektory jedinou možností jak zajistit takto velký obraz, jelikož se televize nevyrábějí ve větších velikostech než 85“.

S přibývajícím časem se také vychytávají a odstraňují chyby jednotlivých technologií a hlavní soupeři, DLP a LCD projektory, mají srovnatelně kvalitní obraz. Vzhledem k převažující nabídce DLP projektorů se zdá, že DLP technologie boj v segmentu projekce vyhraje, ale LCD projektory to zatím nevzdávají.

Bohužel mají projektory nevýhodu, že s přicházející novinkou ultra vysokého rozlišení v televizorech, tedy UHD nebo 4K televizory, projektory zatím pro běžného diváka takto vysoké rozlišení nabízejí v malém množství modelů. 4K projektory se zatím dají převážně vidět v kinech, ale pro domácí použití se těžko shánějí a to i kvůli vysoké ceně, která se pohybuje kolem půl milionu korun a více.

Novým trendem u videoprojektorů je nahrazování běžných lamp svítivými diodami, nebo případně v kombinaci s laserovými LED. Tento typ podsvícení má výhodu v přibližně deseti násobně vyšší životnosti, než jsou běžné lampy a jsou především také energeticky méně náročné. Nevýhodou LED je prozatím malá svítivost, ale vzhledem k velkému zájmu tak výrobci investují do vylepšování LED a každým rokem se svítivost LED podsvícených projektorů zvyšuje.

Interaktivní tabule se dnes stávají běžnou, až nepostradatelnou součástí výuky na školách a v různých školicích střediscích. Vzhledem k cenám jsou interaktivní tabule s projektory relativně snadno přístupné široké veřejnosti. Začínají se vyskytovat projektory nazývané Interaktivní projektory, ty mají zabudované snímače v projektoru a dokáží zajistit funkce stejné jako interaktivní tabule.



## 2 Cíl práce

Cílem této práce bude objasnit základní principy digitální videoprojekce a principy interaktivních tabulí lidem, kteří videoprojekci používají doma, či v zaměstnání. Dále bude určena pro učitele a přednášející, kteří vyučují pomocí projektorů, či interaktivních tabulí.

Další cílovou skupinou budou osoby, které se rozhodují pořídit si digitální videoprojektor, nebo interaktivní tabuli a potřebují se dozvědět o výhodách a nevýhodách jednotlivých technologií. Práce jim bude nápomocna ve výběru vhodného zařízení, čemu by se měli při výběru hlavně věnovat a jaké vlastnosti jsou méně podstatné.

Dále v této práci bude vytvořen návrh nákupu projektorů pro víceleté gymnázium. Obsahem bude návrh pro interaktivní výuku, zde bude voleno mezi interaktivní tabulí a interaktivním projektorem. Budou zvoleny projektory pro běžnou projekci prezentací, pro projekci multimediálního obsahu v přednáškové místnosti a k reprezentaci školy na přehlídkách škol a podobně, bude vybrán přenosný projektor. Nakonec bude ještě vybrán projektor pro zájmovou činnost.

Výběr projektorů bude omezen rozpočtem, kde budou zahrnuty i náklady na provoz a údržbu projektorů. Navržené technologie budou muset vyhovovat prostředí, ve kterých budou využity a musejí splňovat i potřebnou světelnost v různě zatemnělých prostorech. Cílem tedy je těchto parametrů dosáhnout, případně je minimálně překročit.

Každý návrh bude vytvořen v několika verzích s nejlepšími vhodnými variantami. Budou popsány jejich klady a zápory, následně bude dodáno doporučení nejlepšího řešení a odůvodnění výběru. Závěrečné rozhodnutí bude záležet na zákazníkovi.

### 3 Metodika zpracování

Metodika práce bude spočívat v nastudování materiálů na internetu a studiem odborných časopisů zajímavajících se o digitální technologie, především studium recenzí projektorů od roku 2012. Dále budou použity materiály z tištěných publikací, knih a oficiální materiály výrobců daných produktů. Budou vytvořeny výpisky, získané výpisky budou uspořádávány a budou k nim přiřazovány ilustrace. Využito bude velké množství recenzí dostupných v časopisech i internetových recenzích.

Pro vytvoření kvalitního přehledu bude v praxi odzkoušeno co největší množství projektorů, u kterých bude zkoumána hlavně kvalitu obrazu a provozní vlastnosti. Budou využity školní projektory a projektory v zaměstnání pro zjištění obrazové stránky vůči technologii. Získané informace budou použity při výběru a důležité poznatky budou zpracovány do práce.

V praktické části budou zvoleny zkušenosti z praxe, odborných recenzí na internetu a konzultací s osobami vlastníci nebo užívajícími projektory. Nejdříve bude vytvořen se zadavatelem základní návrh a přibližná představa parametrů, budou změřeny místnosti, ve kterých by měla být umístěna zařízení. Vytvoří se nákresy rozložení místností, a bude zkonzultováno přibližné umístění zařízení, pokud bude necháno některé vybavení, bude se s ním v projektu počítat. Podle zadaného návrhu a parametrů místnosti bude vytvořen návrh zařízení, ten bude následně zkonzultován se zadavatelem a případně budou upraveny požadavky k nárokům. Nakonec se ověří, zda se podařilo dodržet cenový limit, požadavky na provoz a další požadavky. Na závěr budou návrhy po konzultaci se zadávajícím případně upraveny.

Shromážděné materiály získané na začátku a materiály vytvořené při chystání návrhu výběru, budou dány do ucelené verze práce. Na závěr bude celková práce okomentována a ohodnocena.

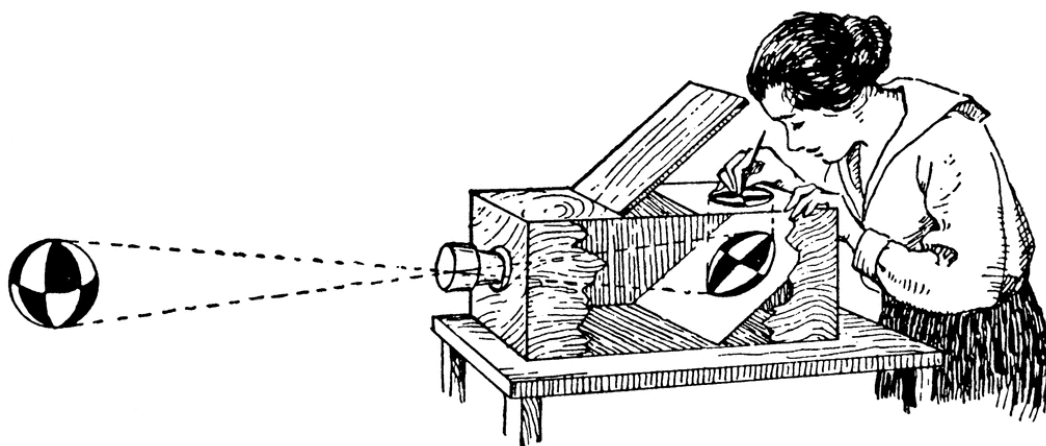
## 4 Teoretická část

V teoretické části bude popsána historie projekce obrazu a principy základních součástí projektoru. Podrobně budou probrány metody vytváření obrazu v projektoru. Dále také budou popsány nejpoužívanější principy interaktivních tabulí a nakonec budou shrnuty nejdůležitější parametry projektorů.

### 4.1 Historie projekce obrazu

První historicky braná projekce obrazu je datována tisíce let před naším letopočtem, kdy si lidé promítali stínové divadlo pomocí světla ohně.

Podle Jack a Beverly Wilgus [1] se pravé promítání obrazu jako takového datuje přibližně 500 let před naším letopočtem. Tehdy byla poprvé popsána čínským filozofem Mo-Ti, takzvaná „Collecting room“ a mnohem později pojmenována astronomem Johannesem Keplerem jako „Camera Obscura“. Je to vlastně krabice s malým otvorem v jedné stěně, kde se naproti otvoru promítal převrácený obraz před otvorem na průhledný materiál (např. papír). Tento princip byl v dobách renesance vylepšen zrcadlem, pomocí jeho byl obraz promítán na průhlednou plochu již v nepřevrácené podobě. Dalším vylepšením bylo vybavení optickou čočkou místo pouhé dírky, to umožňovalo lepší ostrost obrazu případně přiblížení pozorovaného objektu.



Obrázek 1 Princip Camera Obscura. Zdroj [Florida Center for Instructional Technology]

Podle Radka Chajdy [2] další verzí Camery Obscure byla Laterna Magica, což už bylo zařízení velmi podobné diaprojektoru s tím rozdílem, že nepromítala fotografie, ale malované obrázky na skle. Měla v sobě zdroj světla, v tomto případě svíčku, nebo obloukovou lampu. Přes optickou soustavu se světlo dostávalo skrze malovaný obrázek a projekční čočkou byl obraz promítán na stěnu. Laterna Magica tedy nepromítala reálný obraz, ale namalovaný. Poprvé popsal Laternu Magicu jezuitský učenec Athanasius Kircher.



**Obrázek 2 Laterna Magica s petrolejovým hořákem. Zdroj [mLive]**

Camera Obscura dala základ vzniku fotoaparátů, kdy nejprve byl promítaný obraz na papír obkreslován a v pozdějších dobách byl nahrazen světlocitlivými materiály.

V době fotoaparátů, tedy v druhé polovině 19 století, bylo potřeba nafocený obraz nějakým způsobem zobrazit. Kromě papírové fotografie to vedlo k prvnímu projektoru fotografií, vycházející z Camery Obscure, který se skládal ze zdroje světla, fotografie a optické soustavy. Fotografie byly z počátku z vyvolané skleněné desky se světlocitlivou vrstvou, poté byly skleněné desky nahrazeny celuloidovým pásem s nanesenou světlocitlivou vrstvou.

Podle materiálů z webových stránek výrobce projektorů firmy EPSON [3] kolem roku 1970 vznikly první CRT projektory, které daly vzniknout podobu a funkci dnešním projektorům. Ve stejné době vznikaly i první prototypy digitálních fotoaparátů, ale ty nebyly pro běžnou veřejnost dlouhou dobu dostupné.

V osmdesátých letech začaly být projektory trendem ve velkých firmách, kde byly využívány k počítačovým prezentacím.

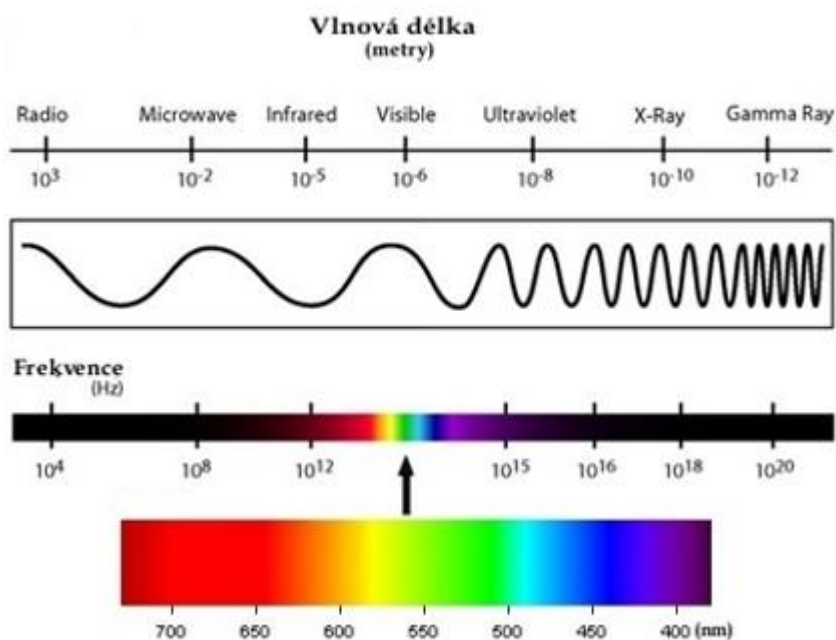
S postupem času se cena projektorů snižovala, kvalita obrazu zlepšovala a projektory se dostaly mezi širokou veřejnost. Mají uplatnění v domácnostech, při prezentacích ve školách a firmách, pomáhají při kontrole kvality výrobků v průmyslu, v kinech a spoustě dalších institucích. Digitální projektory dnes prakticky vytlačily kinofilmové projektory a jen zřídka kdy se dnes ještě můžeme setkat s kinofilmovým projektor, který vymizel zejména kvůli vysoké ceně kinofilmů oproti ceně digitálních paměťových medií.

## 4.2 Zdroje světla

Pro zdroje světla se udává několik základních hodnot. Těmi jsou intenzita světla, barva světla, teplota světla a jas.

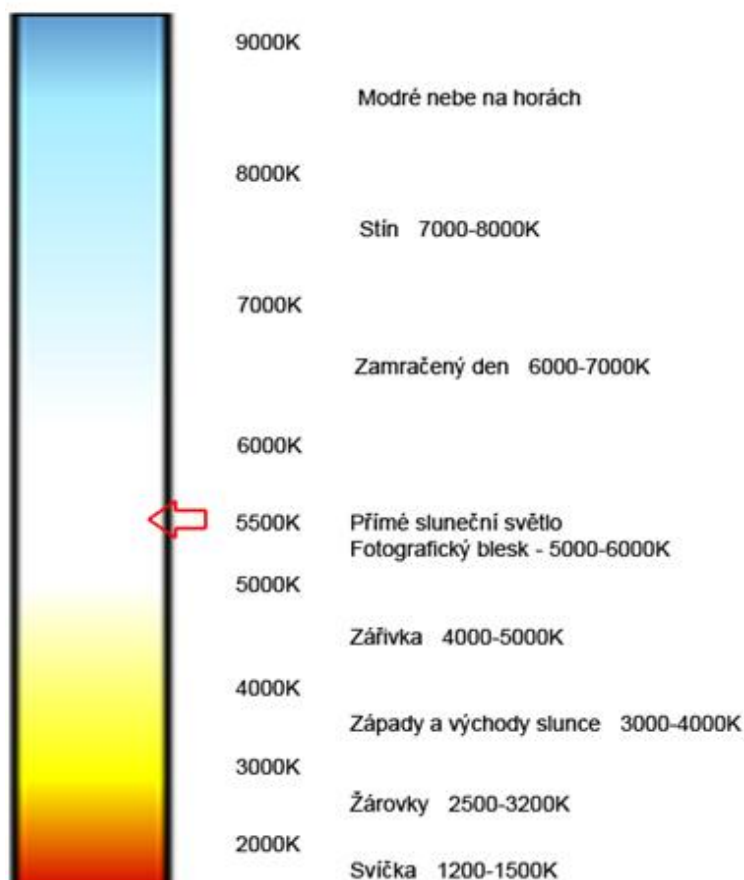
MUDr. Dana Maňásková [4] uvádí, že intenzita, nebo také světelný tok se nejčastěji udává v jednotkách Lumen, tyto hodnoty vnímá člověk jako jas světla.

Barva světla je dána frekvencí vlnění fotonů, rychlost vlnění ovlivňuje odstín vnímané barvy. Barvy světla se vyskytují v pásmech pro člověka viditelných a v pásmech pro člověka neviditelných, jak můžeme vidět na obrázku.



Obrázek 3 Pro člověka viditelné spektrum elektromagnetického vlnění. Zdroj [Cidly]

Teplota světla udává barevný tón zdroje světla. Jako předloha pro zdroj barevných tonů je černé těleso, které je zahříváno, a s jeho rostoucí teplotou stoupá i jeho barevný tón. Základní zdroje světla se dělí na zdroje s teplou a studenou barvou. Barevná teplota je udávána v Kelvinových jednotkách.



**Obrázek 4 Barevná teplota s příklady zdrojů světla. Zdroj [Vojta]**

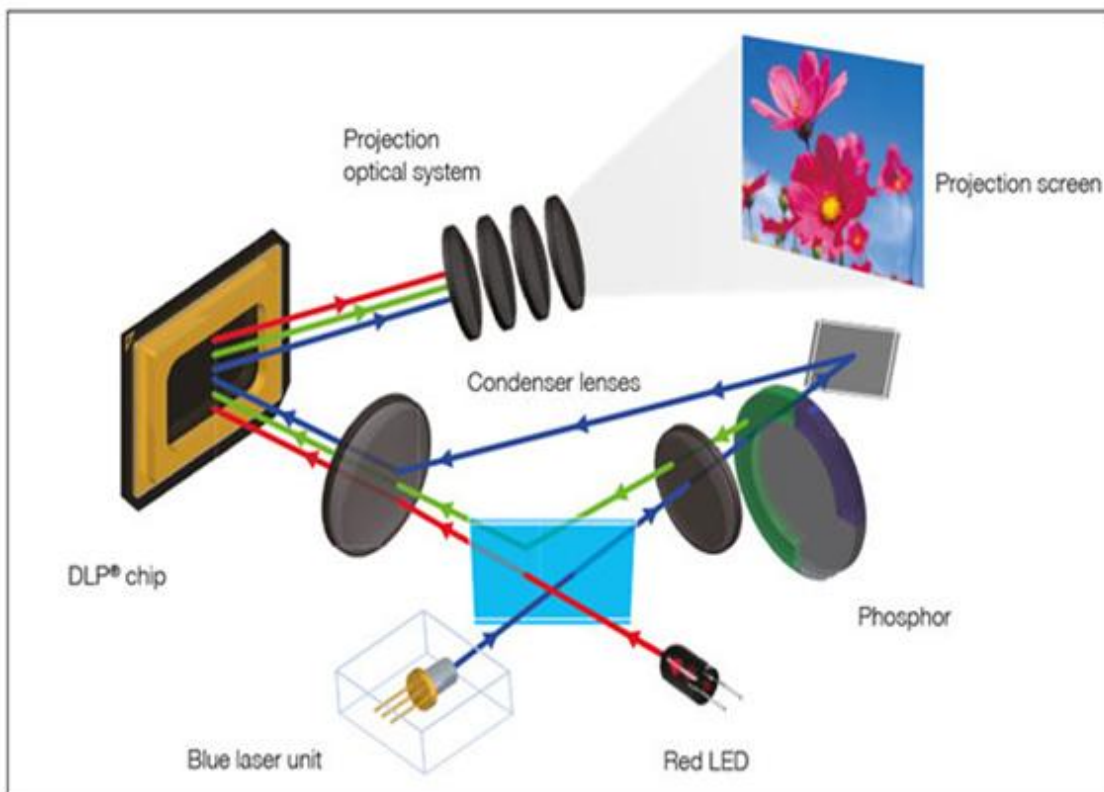
Podle Radka Chajdy [2] v počátcích promítání byly zdrojem světla různé druhy plamene, tedy svíčky, lampy na líh, či petrolej. Barevná teplota plamene svíčky je necelých 2000 °K.

S příchodem elektřiny se začaly používat žárovky. Dle dat z internetového zdroje Heureka [5] má žárovka s výkonem 150 wattů svítivost mezi 2100 až 2500 lumen a teplotu barvy kolem 3000 °K.

Dále se v malé míře používaly také zářivky se světelným tokem až 5000 lumen.

Na stránkách výrobce osvětlení OSRAM [6] a na stránkách LED 230V [7] výbojky, které mají svítivost, až 50 000 lumen jsou často využívány v kinech pro svůj vysoký světelný výkon.

V dnešní době se začínají prosazovat LED zdroje světla, které dokážou mít světelný tok až 2000 lumen, jejich barevná teplota je kolem 3000 °K. V kombinaci LED s Laserovými diodami lze dosáhnout svítivosti více než 3000 lumen. Pro porovnání přímý sluneční svit v poledne za jasného letního dne má světelný tok více jak 70 000 lumen a barevnou teplotu 5000-6000 °K.



Obrázek 5 Znárodnění Laser LED podsvícení projektoru. Zdroj [Visual Display Solutions]

Při použití Laser LED podsvícení je využito Modré Laser LED s fosforovým kolečkem, které tvoří zelenou barvu a červené LED. Zelené Laserové diody se nevyžívají z důvodu nestálé barvy u zelených Laserových LED.

### 4.3 Optická soustava projektoru

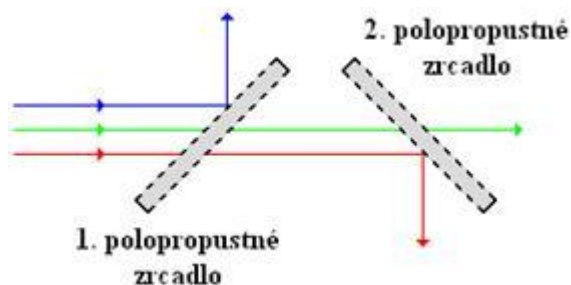
Dle Radka Chajdy [2] byl obraz promítaný v Cameře Obscure pouhou dírkou ve stěně neostřý, tak se lidé snažili upravit obraz tak, aby byl co nejostřejší. Což zajišťovala sestava optických prvků.

V publikaci od autorů Tůma a Pařízek [8] je popsána optická soustava projektoru, jako soustava několika čoček, které se říká „kondenzor“. V čočkách se paprsky světla lomí a zaostřují se do jednoho bodu.

Baran [9] upřesňuje, že sestava je doplněna o zrcadlo, takzvaný reflektor, aby bylo nasměrováno do optické soustavy i světlo, které bylo vyzářeno jiným směrem, jelikož se světlo lampy šíří do všech směrů.

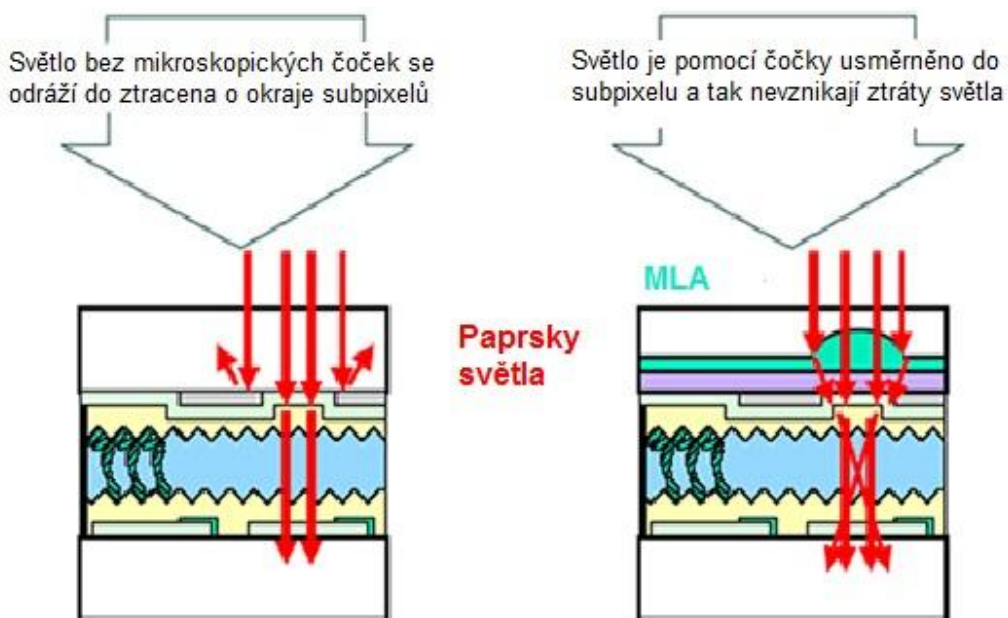
Pro projektory obsahující více projekčních částí (např.: 3 LCD nebo 3 DLP) se podle českého výrobce a celosvětově jednoho z největších výrobců optických soustav

do projektoru, firmy Meopta [10], vyrábějí navíc optické hranoly rozdělující barvy světla na základní barvy spektra, tedy RGB, aby mohl každý čip zpracovat určitou barvu, poté je použit znovu optický hranol, který všechny barvy znovu spojí.



Obrázek 6 Náčrt oddělení barev RGB pomocí polopropustných hranolů. Zdroj [Reichl, Všeticka, Barvodělicí soustavy]

Na stránkách výrobce Epson [11] je uvedeno, že některé projektory jsou vybaveny technologií MLA, tedy Micro Lens Array, to znamená, že projektor má vylepšenou optickou soustavu. Před LCD je soustava mikroskopických čoček, která usměrňuje světlo přímo do subpixelu, světlo se neztrácí o okraje subpixelů, ani nikde jinde. Tato technologie pomáhá zvýšit světelnost u LCD projektorů.

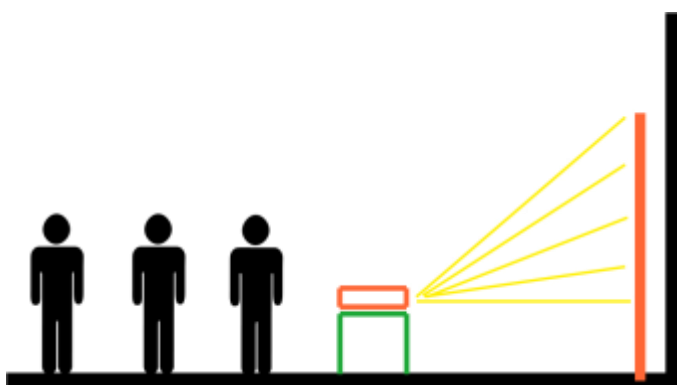


Obrázek 7 Princip MLA. Zdroj [upraveno podle Epson Technology]



## 4.4 Projekční plochy

Podle Martina Kuchaře [12] a Projekčné plochy [12] je potřeba pro zajištění obrazu použít kvalitní plátno. Plátno je projekční plocha jednobarevné, na kterou se pomocí projektoru promítá obraz. V závislosti na počtu diváků a použitém projektoru je potřeba zvolit vhodnou velikost projekční plochy a odstín barvy plochy. Projekční plocha výrazně ovlivňuje výkon projekce, čím je projekční plocha kvalitnější, tím víc bude obraz lepší. Před výběrem projekčních ploch je třeba rozmyslet se, zda využijeme přední, nebo zadní projekci. Rozdíl mezi nimi je, že plátno pro přední projekci musí odrazit co nejvíce světla a projektor je umístěn před plátnem. Plátno pro zadní projekci musí propustit co nejvíce světla a projektor je umístěn za plátnem. Náčrt rozmístění plátna, projektoru a diváků je na následujících obrázcích.



Obrázek 8 Náčrt přední projekce. Zdroj [Rožeň]



Obrázek 9 Náčrt zadní projekce. Zdroj [Rožeň]

Pro přední projekci můžeme jako nejlevnější projekční plochu zvolit bílou stěnu pokoje. V tomto případě kvalita obrazu nebude tak vysoká jako u projekčního plátna, díky nerovnostem stěny a malé odrazivosti světla. Media Point [12] doporučuje v případě vhodně rovné stěny, použít speciální odrazivé barvy na stěnu (např. MightyBrighty) pro kvalitnější projekci než na obyčejné bílé stěně. Tyto barvy značně zvyšují odrazivost světla a zvyšují tedy kvalitu obrazu. Tato projekční plocha má výhodu, že nezabírá místo v pokoji a navíc eliminuje pomačkání nebo zvlnění plátna. Nevýhodou je její nulová přenositelnost.

Martin Kuchař [12] a Jiří Černý[15] uvádějí další variantu, nejčastěji používanou, tedy projekční plátna. Ta jsou vyrobena ze syntetické látky bílé barvy, která je potažena matnou odrazovou vrstvou v bílé až šedé, nebo stříbrné barvě. Odrazová vrstva se značí parametrem zisk plátna, to je poměr mezi intenzitou světla vyzářeného projektorem a odrazeným světlem směrem k divákovi. Jednoduše je to znázorněno na obrázku níže.



**Obrázek 10** Náčrt zisku plátna. Zdroj [upraveno podle Projekční plochy].

Projekční plátna se základně dělí na statická, roletová a přenosná.

Statická, neboli pevná projekční plátna, jsou připevněna na stěně, nebo nějaké podložce, nejčastěji pomocí uchycovacích rámců. Mají výhodu v rovnoměrnosti projekční plochy a své ceně. Nevýhodou je, že se nedají snadno uskladnit.

Roletová projekční plátna jsou skryta v tubusu a pomocí elektrického, či manuálního pohonu jsou rozvíjeny ven. Roletová plátna mají výhodu ve své malé velikosti, při zatažení plátna moc nepřekážejí, nevýhodou je jejich vyšší cena, která je zapříčiněna roletovým mechanismem. Možná je také deformace obrazu, díky neúplně dokonalému napnutí projekční plochy, nebo případné poškození při nekorektním navinutí plátna.

Přenosná plátna jsou jako plátna roletová poháněná elektricky, nebo manuálně, stejně jako například nástěnné mapy. Nepotřebují přichycení na stěnu, stačí jim vlastní stojan a jsou snadno instalovatelná a demontovatelná. Jsou vhodná pro prezentace s přenosnými projektory, nebo na plochy, kde nelze plátno připevnit (např. skleněné stěny). Jejich nevýhodou je omezená velikost a vysoká pravděpodobnost pomačkání, či ušpinění při častém přenášení.

Pokud budeme vybírat plátno pro zpětnou projekci, je třeba plátno k tomu určené, tedy s dobrou propustností světla na svou druhou stranu. Musíme také počítat s prostorem, který zabere projektor za plátnem.

Nakonec zbývají interaktivní tabule, které jsou popsány v následující podkapitole.

#### **4.4.1 Interaktivní tabule**

Podle kolektivu autorů Kyncl, Beniačová, Žežulková [16] a Veronika Biskupová [17] jsou interaktivní tabule plochy, na které je promítán pomocí projektoru obraz a dotyky na tabuli prstem, nebo speciálními pery jsou přenášeny do počítače a mohou být zpětně promítány, nebo pomocí nich může být PC ovládáno. Jako obrazové vstupy pro Interaktivní tabule lze použít i DVD přehrávač, VHS přehrávač a podobně.

Interaktivní tabule se dělí základně podle principu snímání dotyků na tabuli, na některé tabule je třeba užít speciální pera a některé lze obsluhovat pomocí prstů.

Technologie snímání dotyků Interaktivních tabulí se dělí na Elektromagnetické, Odporové, Ultrazvukové, Kapacitní, DVIT a ostatní méně používané.

Elektromagnetické tabule pracují na principu husté sítě drátů zabudovaných v tabuli, kde je potřeba k ovládní pero s magnetickým hrotem. Při dotyku pera se na drátech indukuje elektrický proud a tyto změny jsou vyhodnocovány k nalezení polohy.

Odporové tabule fungují na principu dvou vodivých folií, na kterých je nanášena odporová vrstva, která v každém místě má jinou hodnotu odporu. Při dotyku se vrstvy spojí a podle velikosti odporu tabule vyhodnotí místo dotyku.

Ultrazvukové tabule fungují na principu rozkmitání skleněné desky ultrazvukovými vlnami, to znamená, že v místě dotyku na ploše se změní průběh ultrazvukové vlny a ten je ultrazvukovými přijímači po obvodu tabule vyhodnocen jako poloha prstu. Tyto tabule nejdou ovládat tvrdými předměty, jsou vhodné pouze pro dotyky prsty.

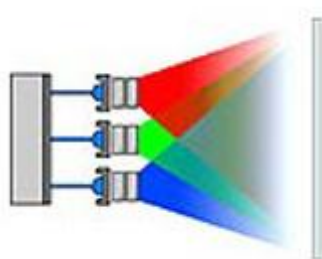
Kapacitní tabule fungují na podobném principu jako elektromagnetické tabule, s tím rozdílem, že se měří kapacita mezi vodiči; při dotyku prstu se kapacita v daném místě změní. Pro ovládní tabule je možné použít prsty, anebo speciální kapacitní pera.

## 4.5 Technologie projekce digitálního obrazu

### 4.5.1 CRT

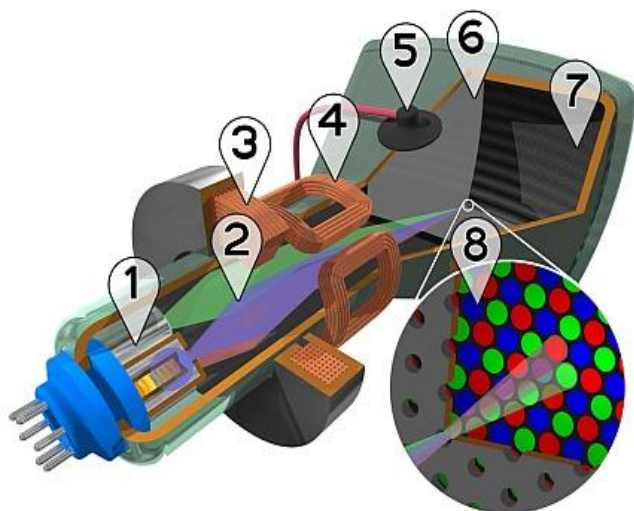
Nejstarší, a dnes již málo používanou technologií, jsou CRT projektory. Ačkoli tyto projektory nefungují na digitálním principu, ale analogovém, byly sem i přesto zařazeny, jelikož zdrojem jejich obrazu může být PC či DVD. Tyto projektory jsou zařazeny někde na pomezí analogové a digitální technologie. CRT projektory se v dnešní době již nevyrábějí a jsou těžko sehnatelné. Využívají se již jen pro speciální účely, například jako projekce hvězdné oblohy na hvězdárnách, ale i z této oblasti projekce je vytlačují nové projektory.

Podle Martina Kuchaře [12] a Petra Lanička [18] CRT projektory fungují na podobném principu jako staré televizory. Jsou zde 3 katodové trubice, z nichž každá představuje jednu barvu spektra RGB. Každá z těchto trubic vydává intenzivní svět své barvy, které se poté na plátně smíchají a vytvoří jednolitý obraz.



Obrázek 11 Princip tvorby obrazu CRT projektorem. Zdroj [Koláček, Papež]

Každá trubice je vakuově uzavřena. Z emitoru se uvolňují paprsky elektronů, ty jsou zaostřeny a následně vychýleny elektromagnetickými cívkami. Na přední straně trubice je vrstva, která mění energii elektronu na světlo, takzvaný luminofor (u každé trubice je jiná barva RGB). Pokud je paprsek elektronu správně nasměrován, vytvoří na obrazovce rozsvícený bod, jinak je paprsek elektronů odchycen maskou a uzemněn. Na obrázku je schéma tvorby obrazu v CRT monitoru, v každé trubici CRT projektoru je použita pouze jedna barva luminoforu.



1. Elektronové dělo (emitor)
2. Svazky elektronů
3. Zaostřovací cívky
4. Vychylovací cívky
5. Připojení anody
6. Maska pro oddělení paprsků pro červenou, zelenou a modrou část zobrazovaného obrazu
7. Luminoforová vrstva s červenými, zelenými a modrými oblastmi
8. Detail luminoforové vrstvy, nanesené z vnitřní strany obrazovky

**Obrázek 12 Princip barevného CRT monitoru. Zdroj [upraveno podle Laníček]**

Aby byla zajištěna správná interpretace obrazu, projektor se musí správně kalibrovat, to znamená, že se každá trubice musí pootočit v odpovídajícím úhlu, aby se barvy ve výsledku na plátně překrývaly a tím vytvořily jednolitý obraz. Jelikož jsou trubice umístěny vedle sebe, po každé manipulaci je třeba projektor překalibrovat.

Výhodou CRT projektorů je možné vysoké rozlišení, vyšší než FullHD, ale nové projektory vyšší rozlišení začínají zvládat také. Mají vysoký kontrast, tedy kvalitní černou.

Nevýhodou je složitost instalace projektoru, s ohledem na kalibraci. Nemají velkou svítivost, takže se nehodí do světlých prostor a může být omezující i vysoká hmotnost. Navíc je to dosluhující technologie, kterou již nikdo nevyrobí.

## 4.5.2 LCD

Martin Kuchař [12] tvrdí, že první LCD projektory fungovaly na principu klasického LCD displeje, který byl umístěn na projekčním zařízení podobnému Meotaru, který je prosvěcován lampou přímo do optické soustavy.

Následně kvůli miniaturizaci projektoru byly LCD panely zmenšeny a rozděleny na 3 malé LCD, kde každý LCD představoval jednu barvu spektra. Na začátku se pomocí polopropustných zrcadel rozdělí světlo na červené, zelené a modré, tedy na barvy RGB. Každé LCD je určeno pro zpracování jedné barvy RGB, tedy té, která k němu optickou soustavou dorazí. Poté co světlo projde LCD displeji, jsou barevné obrazy spojeny v optické soustavě do jednoho celku a promítnuty objektivem na projekční plochu.

### 4.5.2.1 Historie technologie LCD

Podle Jiřího Černého [19] první zmínky o tekutých krystalech sahají až do roku 1877, když Otto Lehmann použil polarizační mikroskop pro zkoumání různých látek. Zjistil, že některé látky při určité teplotě mají zvláštní strukturu a umí ovlivňovat směr polarizovaného světla.

V roce 1888 zjistil Friedrich Reinitzer, že látka cholesterolbenzoát se při teplotě 145,5°C nestává ani krystalickou, ani tekutou, tento stav se nazývá fáze tekutých krystalů. Při ochlazení opět látka zkrystalizuje, případně při zahřátí nad 178°C se změní v kapalinu.

V roce 1922 Georges Freidel přišel na to, že se molekuly tekutých krystalů natáčejí ve směru elektromagnetického pole. Také objevil, že se tekuté krystaly dají rozdělit do několika skupin, a to dle uspořádání natáčejších se krystalů. Ty nazval nématické, hektické a cholesterické.

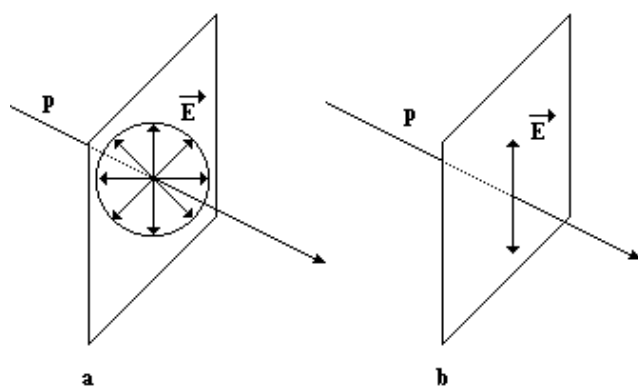
Až v roce 1963 bylo zjištěno Richardem Williamsem, že světlo procházející tenkou vrstvou krystalů se ohýbá podle krystalické mřížky tekutých krystalů. Na základě těchto poznatků byl sestaven první prototyp displeje z tekutých krystalů.

První LCD displeje se objevily v kalkulačkách, digitálních hodinkách a v podobných jednoduchých zařízeních. Max Stirner [20] říká, že se první projektory objevily již v roce 1968, kdy Gene Dolgoff nebyl spokojený se slabou svítivostí CRT projektorů, proto vyvinul první prototyp LCD projektoru. První LCD projektor přišel na trh v roce 1988.

### 4.5.2.2 Princip displeje z tekutých krystalů

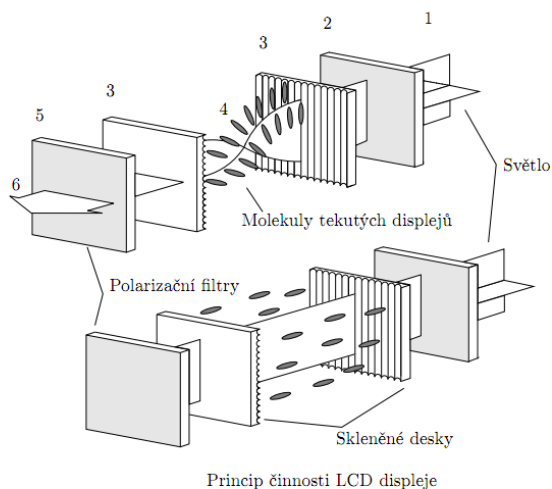
Podle Jiřího Černého [19] jsou hlavní součásti LCD již zmíněné tekuté krystaly. Ty jsou schopny se vlivem elektromagnetického pole natáčet a lámat světelný paprsek. Abychom mohli světelný paprsek lomit, je potřeba odfiltrout paprsky, které lomit nechceme, a k tomu se využívá polarizační filtr.

Vzhledem k tomu, že světelný paprsek kmitá všemi směry, a my potřebujeme pouze paprsky kmitající jedním směrem, použijeme právě polarizační filtr, který nám zajistí to, že propustí pouze paprsky kmitající v jednom směru, tak jak je znázorněno na obrázku.



Obrázek 13 Polarizace světla. Zdroj [Reichl, Všetická, Polarizace světla]

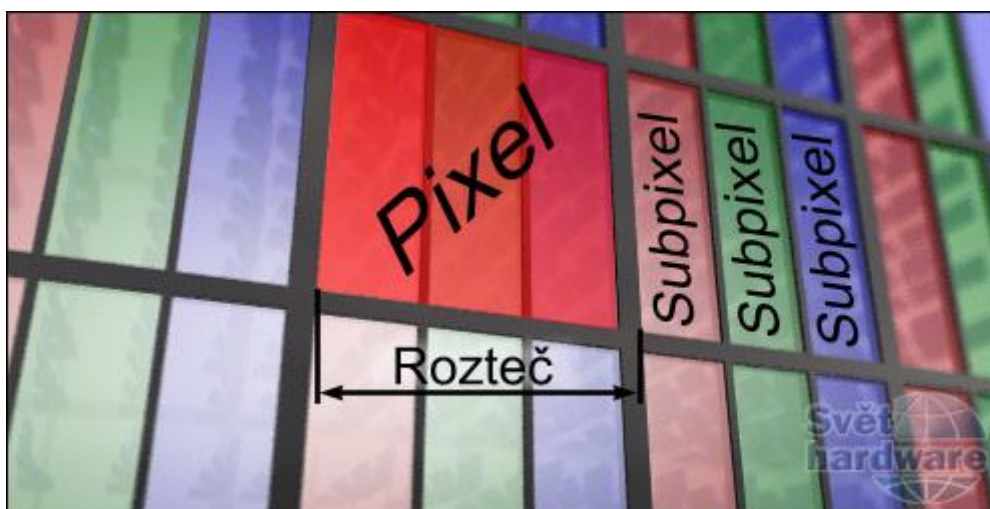
Nyní, když je světlo polarizované, musí se nějakým způsobem krystaly přinutit k správnému natočení. To je zajištěno například kovovými ploškami, do kterých je puštěno napětí, avšak v dnešní době se používá převážně k ovládní natáčení krystalů tenká vrstva tranzistorů, tedy TFT, to umožňuje ovládat každý pixel nezávisle na ostatních. Podle velikosti napětí se nám krystaly různě natáčí, takže se mohou natáčet přibližně v rozsahu  $0^\circ$  až  $100^\circ$ . Větší úhel než  $90^\circ$  je z důvodu překmitnutí, při malé změně odstínu barvy se krystaly nedokážou rychle přeskupit, proto se přetočí více než o  $90^\circ$  a poté se vrátí na danou úroveň. Této technologii se říká OverDrive. K docílení výsledného obrazu a různých odstínů je použit další polarizační filtr polarizující kolmo k tomu prvnímu, kde se paprsky natáčejí buď souběžně, nebo mírně vychýleně a tím je docíleno vysoké nebo nižší intenzity světla.



**Obrázek 14: Princip činnosti LCD displeje. Zdroj [Hanulík]**

Již jsou vysvětleny základní princip LCD, ale takto docílíme pouze černobílého obrazu. K docílení barevného obrazu musíme mít tři buňky s tekutými krystaly, ty nazýváme subpixely a každá z nich bude mít jeden barevný filtr z barevného spektra RGB, tedy červený, zelený a modrý. Tyto 3 subpixely dávají dohromady jeden barevný pixel. Mícháním těchto barevných kombinací můžeme vytvořit teoreticky všechny složky viditelného spektra barev, které lidské oko dokáže rozpoznat, ale prakticky jsme omezeni technologicky na nižší rozsah barev.

Počet pixelů horizontálně a vertikálně nám udává maximální rozlišení displeje.



**Obrázek 15: Pixel a Subpixel. Zdroj [Kovač]**



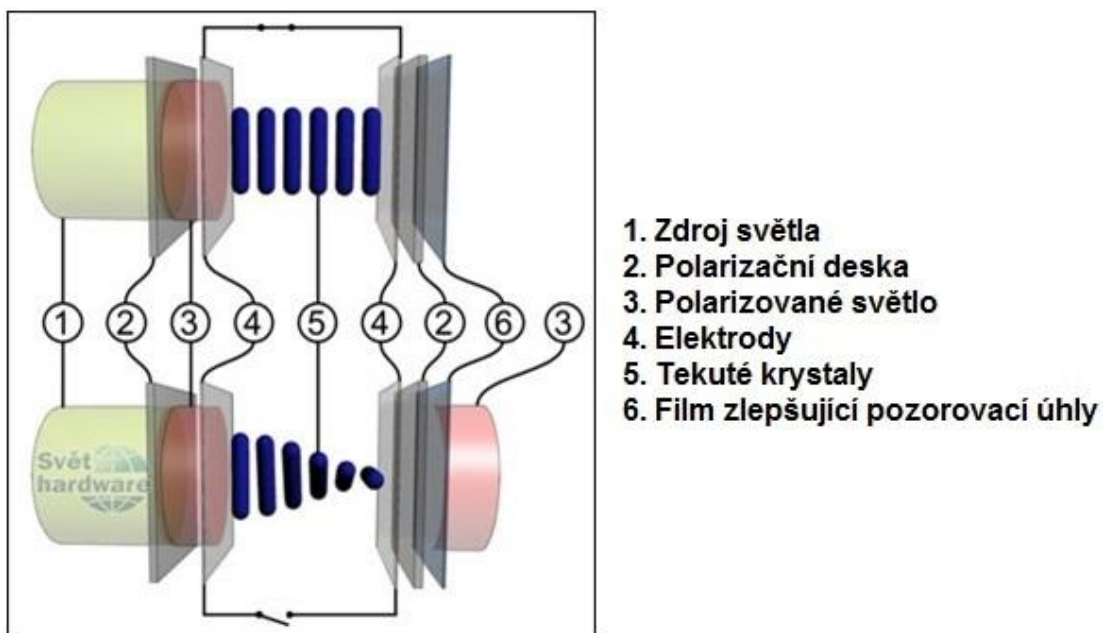
### 4.5.2.3 Typy LCD

Pavel Kovač [21] uvedl, že displeje z tekutých krystalů se dělí základně na pasivní a aktivní displeje. Pasivní displeje se používají v jednoduchých segmentových displejích kalkulaček, hodinek a podobně. Ke svému fungování nepotřebují zdroj světla, stačí jim osvětlení přicházející z okolí. Aktivní displeje se používají v běžných monitorech a ty budou popsány podrobněji. Aktivní LCD se základně dělí na tři skupiny podle principu natáčení krystalů, a to na Twisted Nematic (TN), In-Plane Switching (IPS) a Vertical Aligment (VA). U projektorů se typy LCD značí pomocí technologie výroby a-Si a poly-Si. Technologie v projektoru se rozlišují následovně: „*Hodně lidí si myslí, že A-Si je výrobní technologie, je to však pouze výrobní proces, respektive udává, z jakého materiálu je obrazovka vyrobena. A-Si je nekystalický křemík, zatímco poly-Si je polykrystalický křemík. Neudává tedy výrobní technologii, ovšem z praxe vím, že pokud výrobce uvede A-Si, je to obvykle klasická TN matrice. A-Si je levnější na výrobu, a proto se převážně používá v těch levnějších obrazovkách jako TN. Poly-Si se používá u VA obrazovek a IPS.* „Kovač [21 str. 2].

#### 4.5.2.3.1 Twisted Nematic

První a nejstarší technologií je technologie TN, tedy Twisted Nematic. Díky své jednoduchosti a nízkým výrobním nákladům je dnes nejrozšířenější technologií LCD, ale bohužel trpí mnoha neduhy.

V TN displeji je krystal v klidovém stavu natočen v šroubovici o 90° a propouští světlo. Elektrody jsou umístěné na obou polarizačních deskách a při přivedení napětí se krystaly rovnoměrně uspořádají, paprsky světla dopadnou kolmo na další polarizační vrstvu a ta světlo nepropustí.



Obrázek 16 Princip Twisted Nematic. Zdroj [upraveno podle Kovač]

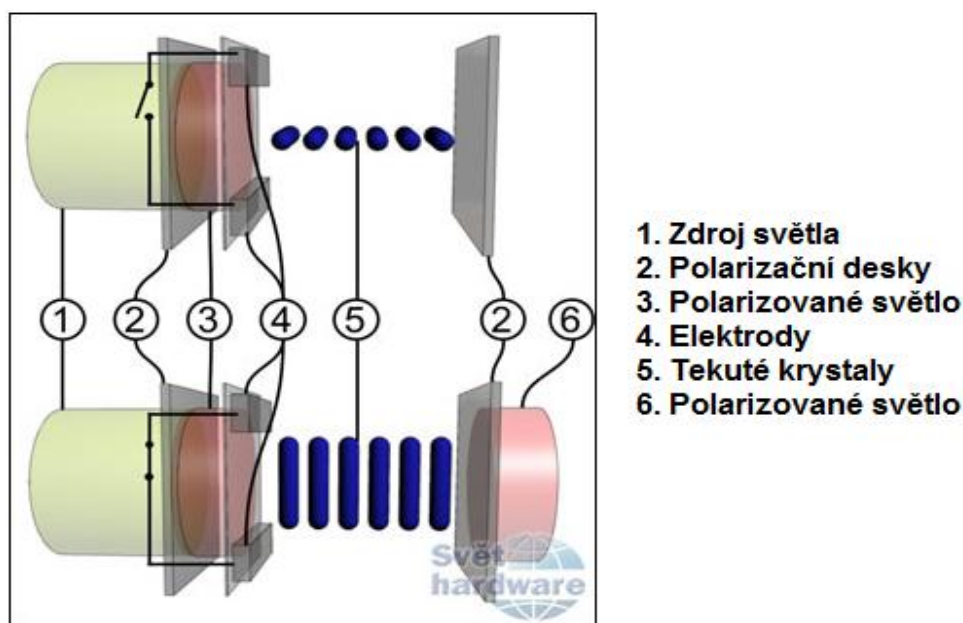
Koláček a Papež [8] se shodují, že mezi dobré vlastnosti TN monitorů patří nízká cena a rychlá odezva, to znamená, že se krystaly natáčejí dostatečně rychle a obraz je plynulý i při rychlých pohybech a nedochází k rozmazání obrazu, tuto vlastnost využívají převážně hráči počítačových her.

Mezi špatné vlastnosti patří malé pozorovací úhly, tedy že se při pohledu ze stran zkreslují barvy a případně se obraz úplně vytrácí. Tato vlastnost se mírně koriguje speciální vrstvou, takzvaným filmem, který je na povrchu displeje a mírně zlepšuje pozorovací úhly. Další nevýhodou je nevěrohodné podání barev. To znamená, že TN displeje nedokážou zobrazit tolik barevných odstínů, aby byl obraz věrohodný. Tyto monitory se tedy nehodí pro úpravu fotografií a podobné práce, kde je potřeba barevná korektnost. Další malou nevýhodou je, že pokud se vyskytne vadný pixel nebo subpixel, tak bod na displeji stále svítí a působí rušivým dojmem, ale v dnešní době se displeje s vadnými pixely téměř nevyskytují.

#### 4.5.2.3.2 In-Plane Switching

Podle Pavla Kovače [21] další používanou technologií je technologie In-Plane Switching, neboli IPS. IPS technologie je poměrně náročná na výrobu, tím pádem jsou ceny displejů s touto technologií mnohem vyšší, což naopak vyvažuje kvalitním obrazem. S vývojem technologie se však snižuje cena těchto displejů a IPS displeje začínají cenově konkurovat TN displejům.

IPS displej v klidovém stavu nepropouští světlo, krystaly jsou zarovnané v jedné rovině. U této technologie jsou oba polarizační filtry v horizontálním směru. Elektrody u IPS displeje jsou na jedné polarizační desce, to znamená, že při přivedení napětí se otočí celá rovina matice krystalu.



Obrázek 17: Princip In-Plane Switching. Zdroj [upraveno podle Kovač]

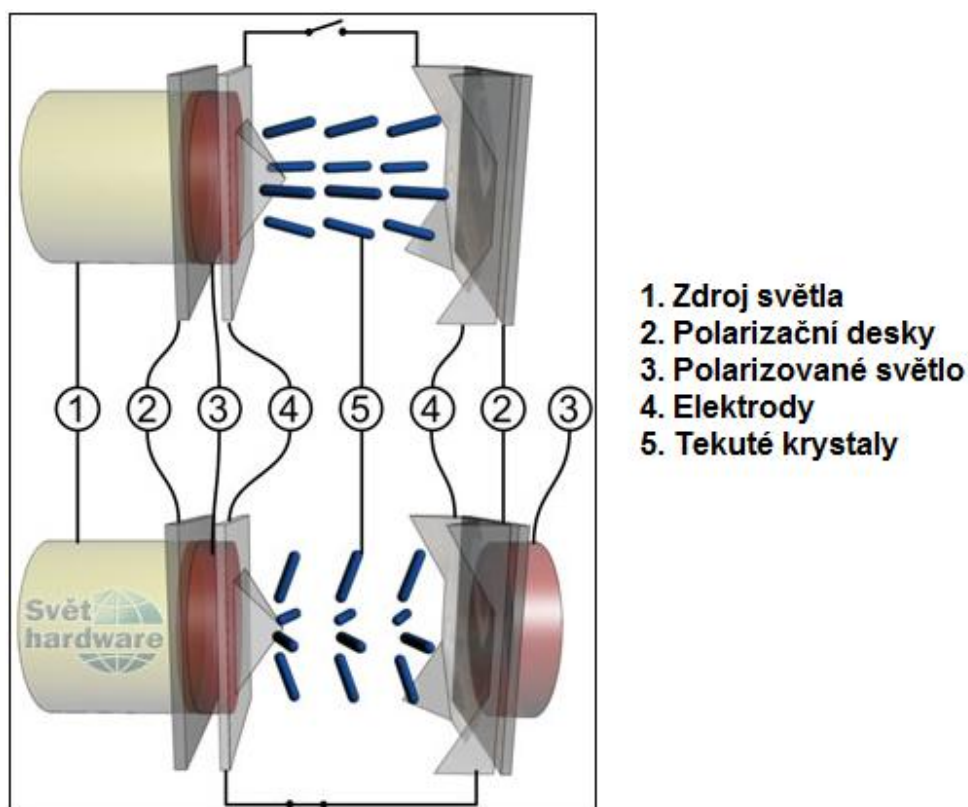
Martin Kuchař [12] uvádí výhody IPS displejů, a to kvalitní podání barev, dobrá doba odezvy (ale o trochu horší než TN) a velmi dobré pozorovací úhly; v případě mrtvého pixelu bod nesvítí, bod tedy nepůsobí rušivým dojmem. Tyto displeje mají také výhodu v dotykových displejích, kdy se při dotyku na displeji nedělají barevné skvrny jako na TN displejích.

Nevýhodami IPS displejů je nižší jas, který způsobují dvě elektrody na jedné straně polarizačního filtru, tato vlastnost se zmírňuje silnějšími zdroji podsvícení. IPS displeje jsou dražší než TN, ale s vývojem technologie ceny klesají na úroveň TN. Některé IPS displeje mohou trpět také vyšším tzv. Input Lagem, což je zpoždění obrazu. Projevuje se například tím, že když pohnete myši, kurzor se začne pohybovat až po několika milisekundách.

#### 4.5.2.3.3 Vertical Alignment

Technologie VA byla myšlena jako mezistupeň mezi TN a IPS displeje. Má kvalitnější obraz než TN, ale ne tak dobrý jako IPS, navíc má nižší cenu než IPS.

VA technologie nemá krystaly uspořádané do roviny ani do šroubovice, ale stromečkovitě. To zajišťuje, že se nemusejí krystaly otáčet tolik, jako u ostatních technologií a tím se snižuje doba odezvy. V klidovém stavu krystaly nepropouštějí světlo a po přivedení napětí se krystaly srovnají do křížkové mřížky, která propouští světlo. Vnitřní struktura pixelu není rovná jako u ostatních technologií, ale má světlolomné výčnělky, které zlepšují pozorovací úhly.



Obrázek 18: Princip: Vertical alignment. Zdroj [upraveno podle Kovač]

Podle Koláčka a Papeže [22] jsou výhody VA displejů dobré barvy, vysoký kontrast a dobré pozorovací úhly, které jsou jen mírně horší než u IPS. Mrtvé pixely u této technologie nesvítí. Na rozdíl od IPS má dobré podání černé barvy.

Nevýhody VA je mírně horší barevné podání a u některých typů horší odezva oproti IPS. Jsou oproti TN náročnější na výrobu. Některé displeje mají značnou barevnou odchylku.

### 4.5.3 DLP

DLP, neboli Digital Light Processing, je mladší z projekčních technologií a také nejvíce rozšířenou, využívá ji největší počet projektorů na trhu i přesto, že jediným výrobcem zobrazovacích DMD, neboli Digital Micromirror Device, čipů je Texas Instruments.

#### 4.5.3.1 Historie DLP

Výrobce DMD čipů Texas Instruments [23] tvrdí, že první DMD čip byl vyvinut v roce 1987 Doktorem Larrym Hornbeckem, ale cesta k prvnímu DLP projektoru na trh trvala ještě bezmála deset let. DLP projektor přišel na trh až v roce 1996.

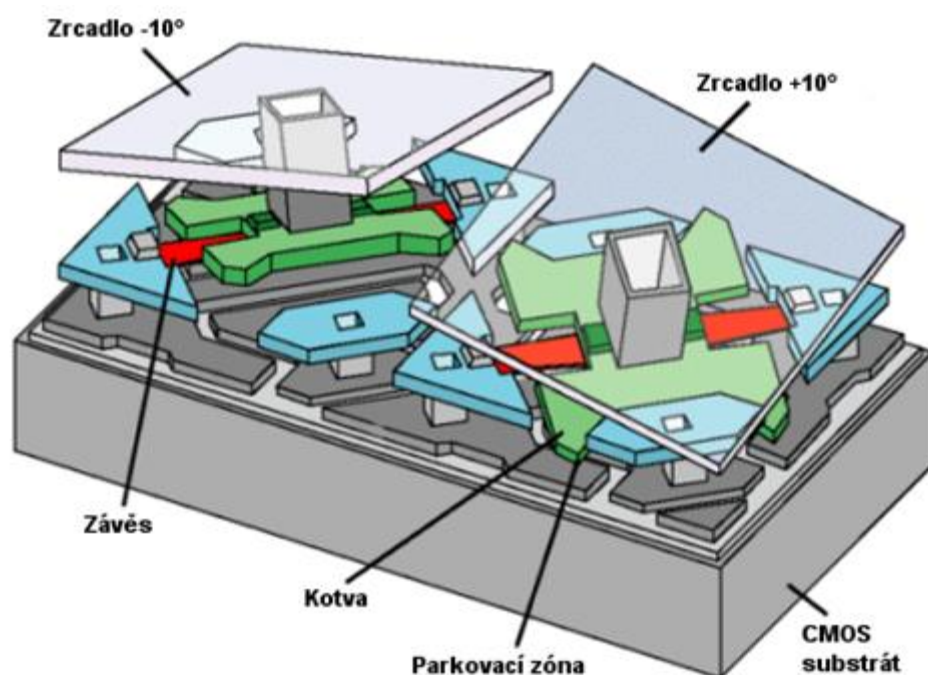
První projektor vážil bezmála 3 kilogramy, v roce 2009 již byla technologie tak miniaturizovaná, že vznikl, kapesní Pico DLP projektor o váze několika desítek gramů. Technologie Pico DLP projektorů se dostala i do některých kamer, fotoaparátů, či notebooků. V roce 2012 se objevil i první mobilní telefon Samsung se zabudovaným Pico DLP projektorem.

#### 4.5.3.2 Princip DMD čipu

Podle Texas Instruments [24] a Pavla Bočka [25] hlavní součástí DLP projektorů je jeden, nebo více DMD čipů, firemní název pro tyto DMD čipy je DLP® chip. DMD čipy jsou takzvané optické přepínače, což znamená, že na čipu jsou mikroskopická zrcátka schopná odrážet světlo pod různými úhly v jednom bodě. Každé z těchto zrcátek je velké asi jako jedna pětina šíře lidského vlasu.

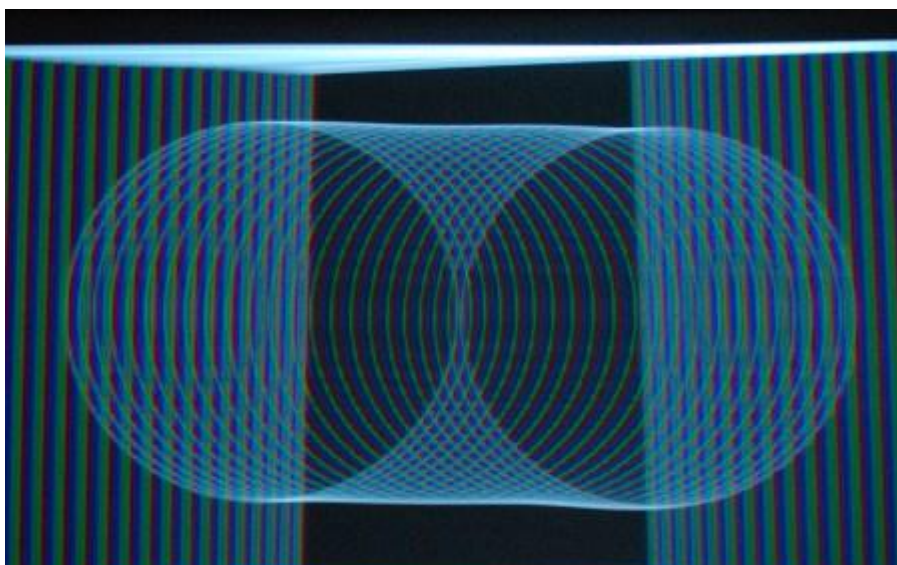
Zrcátka se naklápí ke zdroji světla tak, že buď světlo odráží do optiky projektoru, anebo do místa se světlopohlcujícím materiálem. Tato zrcátka se dokážou překlopit až 10 000 krát za sekundu, pro docílení odstínu se zrcátko několiksetkrát za vteřinu přepne a podle počtu přepnutí se docílí požadovaného odstínu pixelu.

Tímto způsobem docílíme pouze obrazu v barvě zdroje světla, tedy černobílý (nebo s ohledem na podsvícení černo žlutý). Je možno docílit až 1024 odstínů jednoho pixelu, natáčením zrcátek různou frekvencí.



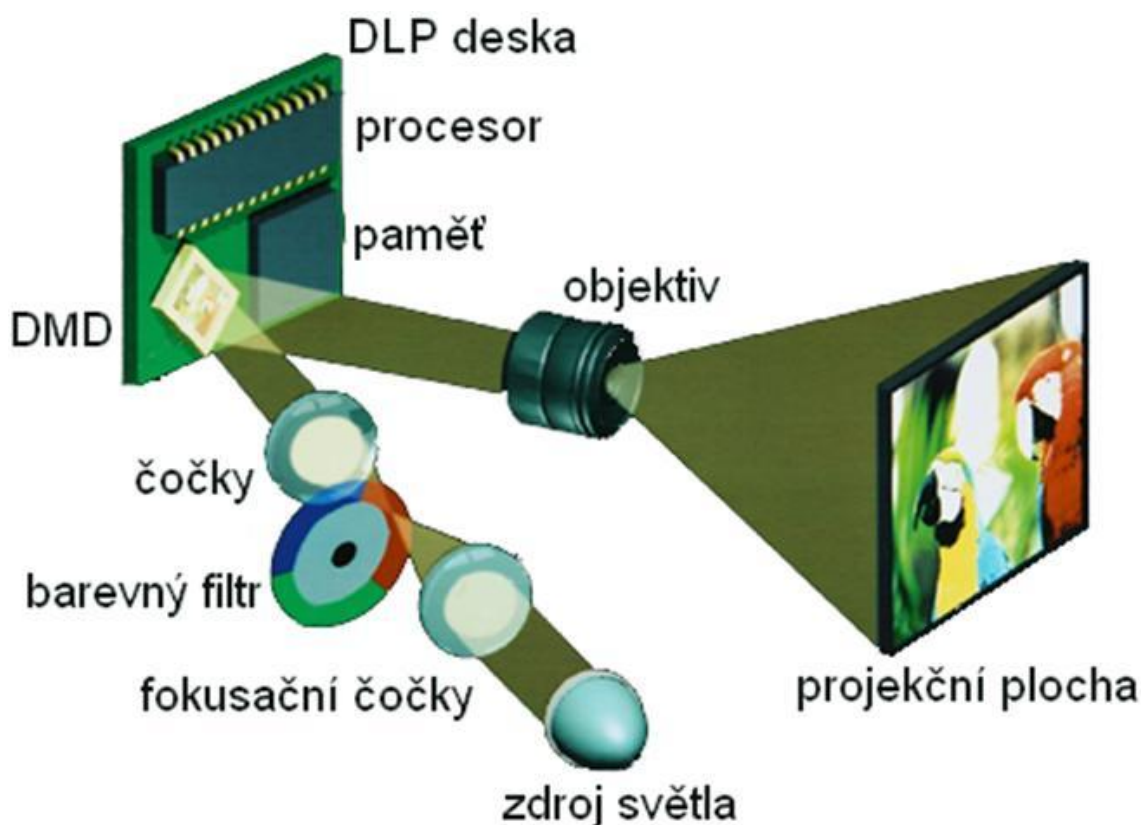
Obrázek 19 Princip DMD čipu, zobrazena jsou dvě mikrozrcadla . Zdroj [Kuchař]

Barevného obrazu je možno docílit dvěma způsoby, nebo jejich kombinacemi. Prvním způsobem je změnit barvu dopadajícího světla, pomocí rotačního průsvitného kolečka s barevným filtrem RGB. Kolečko určitou dobu propouští světlo červené barvy světla, v tom momentě se zrcátka natočí pro zobrazení červených odstínů, to samé proběhne u zelené a modré. Jelikož tato změna proběhne několik tisíckrát za sekundu, takto rychlou změnu barvy nedokáže lidské oko zaznamenat a obraz splyne do jednolitého barevného celku. Tyto změny způsobují takzvaný duhový efekt.



**Obrázek 20** Ukázka duhového efektu, kruhy jsou bílé barvy. Zdroj [Kuchař]

Pro získání sytějších barev jsou do rotujícího kolečka přidávány i jiné barvy, jako je žlutá, purpurová a podobně. Pro získání většího kontrastu je na rotujícím kolečku i část bez barevného filtru.

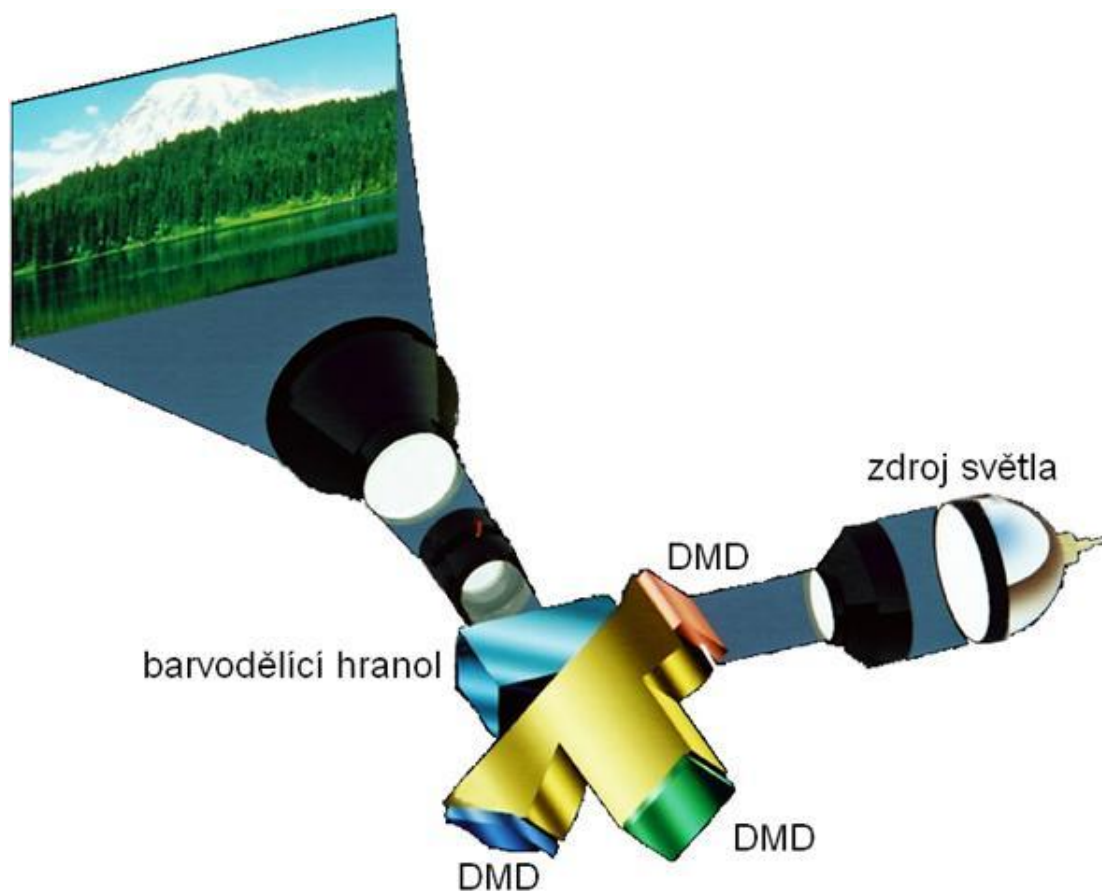


Obrázek 21 Princip jednočipových DLP projektorů. Zdroj [Reichl, Všetická, DLP projektory]

Druhým způsobem je použití 3 DMD čipů, světlo se v polopropustném optickém hranolu rozdělí na tři barvy spektra a každý DMD čip zpracovává pouze jednu barvu. Výsledný obraz ze tří čipů je nakonec složen v optické soustavě do jednotlého celku. Při použití LED či Laser LED se pro podsvícení v některých případech používají LED barev RGB, takže každý DMD čip má svůj zdroj světla.

V ojedinělých případech se můžeme setkat se dvěma DMD čipy. Jeden slouží k zobrazení barev pomocí RGB kotouče a druhý přidává bez barevného filtru kontrast, nebo jeden čip slouží pro jednu barvu, nejčastěji zelenou, na tu je lidské oko nejcitlivější, druhý čip zpracovává pomocí barevného kotoučku červenou a modrou. Dále se můžeme setkat s více jak třemi čipy, které doplňují žlutou, purpurovou, azurovou a případně další barvy.





Obrázek 22 Princip tříčipových DLP projektorů. Zdroj [Reichl, Všetická, DLP projektory].

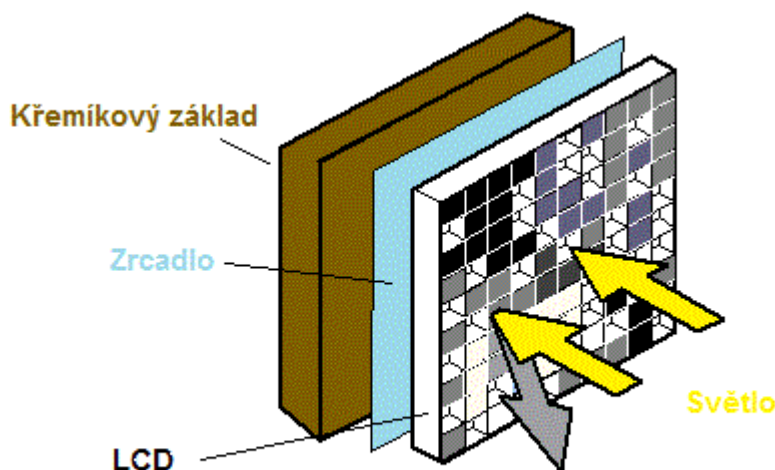
Jejich výhodou je vysoký kontrast, jelikož při zobrazení černé barvy vychází z projektoru minimum světla. Mají také málo viditelný rastr, takže obraz je jemnější a plynulejší. Dokážou zobrazit širší spektrum barev než LCD projektory a mají podstatně delší životnost zobrazovací části.

Jejich nevýhodami je u jednočipových projektorů duhový efekt, nižší svítivost než u LCD a také teplota. Ta je způsobena odrazem světla do světlo pohltivého materiálu a s teplotou je spojená i vyšší hlučnost, díky nutnosti uchlazení více tepla.

#### 4.5.4 LCoS

Podle Koláčka a Papeže [22] je LCoS nejmladší technologií a vychází z kombinace LCD a DLP technologie. LCoS, neboli Liquid crystal on silicon, česky tedy tekuté krystaly na křemíkové bázi, je všeobecný název technologie, každý výrobce LCoS projektorů svou technologii totiž nazývá jinak, SONY má SXRD a JVC D-ILA.

LCoS pracuje na principu, že světlo je rozděleno na tři barvy spektra RGB a každý LCoS čip zpracovává jednu barvu. Celý LCoS čip má zrcadlový povrch, na němž je nanášena vrstva tekutých krystalů, s polarizačním filtrem, tedy klasický LCD, takže i princip je velice podobný. Tekuté krystaly buď propouští světlo, tím se paprsek odrazí od zrcadlového materiálu a vznikne barevný bod. Anebo světlo nepropouští a světlo k zrcadlové ploše nedorazí, tak vznikne tmavý bod. Odstíny jsou opět tvořeny stejně jako u LCD. Pokud se světlo odrazí, putuje do optického hranolu, který opět barvy složí a výsledný obraz je promítnut.



Obrázek 23 Princip LCOS. Zdroj [upraveno podle the free dictionary]

Výhodou LCoS je, že netrpí neduhy jako LCD a DLP a má kvalitní podání barev, hlavně černé a šedé. Má téměř neznatelnou mřížku mezi pixely a netrpí duhovým efektem. Další výhodou je možnost vysokého rozlišení, SXRD projektory jsou jediné dostupné 4K projektory, které se dají běžně zakoupit. V profesionálních sférách jsou i v menším množství 8K projektory JVC.

Nevýhodou je nízký kontrast, protože se hodně světla ztratí při polarizaci, oddělování barev atd. Jelikož je tato technologie založena na LCD principu, trpí také vyšší odezvou. Vzhledem k tomu, že není v dnešní době moc výrobců LCoS projektorů, je jejich nabídka malá a cena vysoká oproti DLP a LCD projektorům.

## **4.6 Důležité parametry při výběru projektoru**

### **4.6.1 Technologie tvorby obrazu**

Jak již bylo popsáno dříve, vybíráme mezi DLP, LCD a LCoS. Jejich výhody, nevýhody a jsou rozepsány v předchozích kapitolách.

### **4.6.2 Rozlišení**

Nyní máme uvedeny základní principy projektorů a shrneme si důležité parametry, na které bychom měli brát ohled při výběru projektoru.

Podle Martina Kuchaře [12] je první důležitou vlastností rozlišení projektoru. S rozlišením se váže i poměr stran obrazu, dnes jsou nejvíce využívané širokoúhlé formáty 16:10 a 16:9. Tyto hodnoty udávají poměr mezi šířkou a výškou obrazu. Základním rozlišením, které je vhodné pro sledování filmů na DVD, je 800 x 600 px. Toto rozlišení je dostačující pro sledování filmů, avšak je nedostatečné pro práci na PC. Projektory s nižším rozlišením nemá v dnešní době cenu pořizovat.

Často používaným rozlišením vhodným pro počítačové prezentace a práce s PC je 1280 x 800 px, neboli také HD ready. Toto rozlišení je v současné době jedno z nejrozšířeněji používaných.

Pro sledování filmů v HD rozlišení a hraní her jsou vhodné projektory s rozlišením Full HD, tedy 1920 x 1080 px. Toto rozlišení je v současné době maximální rozlišení, které dokážeme rozumě využít, protože filmů s větším rozlišením není mnoho a při použití malých velikostí pláten není rozdíl rozlišení prakticky patrný.

Existuje ještě spousta rozlišení s jinými hodnotami a poměry, platí však pravidlo, že ideální je, si obraz v daném rozlišení při nejčastějších činnostech vyzkoušet a prohlédnout.

### **4.6.3 Úroveň jasu**

Úroveň jasu je závislá na velikosti pokoje, možnostech zatemnění a z jaké vzdálenosti budeme promítat na plátno.

Nelze říct, že vyšší svítivost je výhodou, pokud budeme promítat projektorem s vysokou svítivostí v temné místnosti, odražené světlo bude diváka oslňovat. Pokud naopak budeme mít nízký jas v místnosti, kde je hodně světla, obraz bude špatně čitelný.

Pokud budeme chtít obraz o velkých úhlopříčkách a nevyužijeme projektor s krátkou projekční vzdáleností, musíme použít projektor s vysokou svítivostí, protože

čím je projektor dál od plátna, tím je intenzita jeho obrazu v osvětlených místnostech nižší.

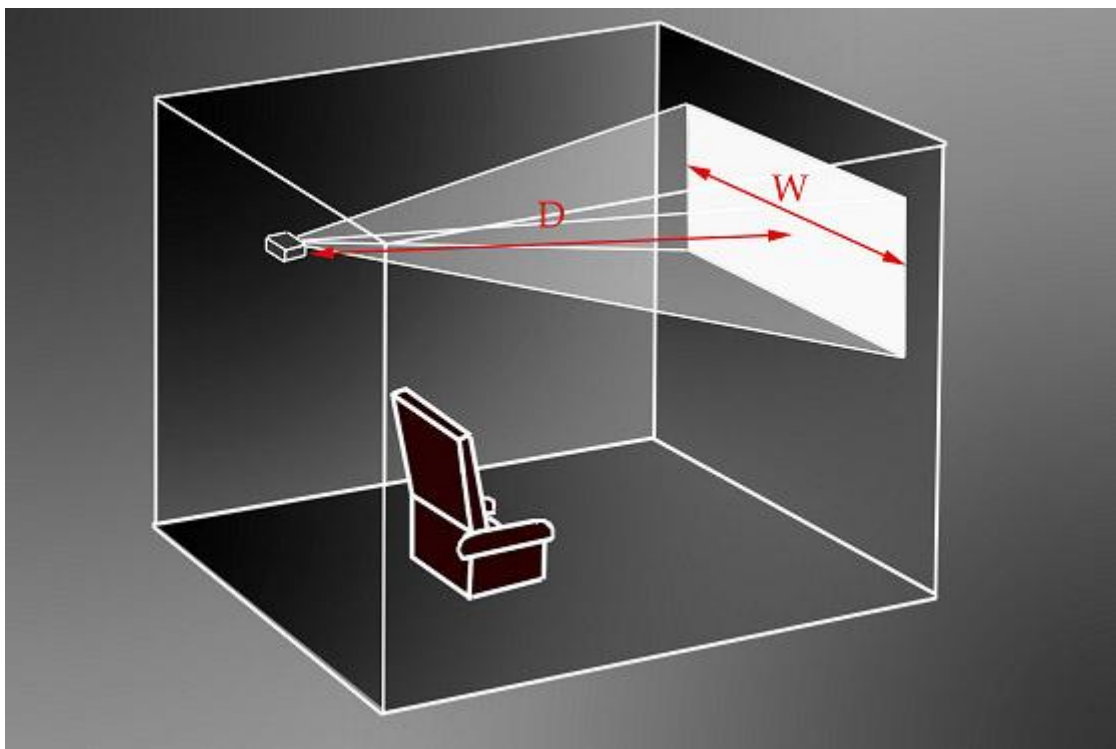
Pro projekci v šerých místnostech se hodí jas projektoru kolem 1500 až 2000 lumen, pro projekci v osvětlených místnostech se hodí projektory s jasnem 2500 lumen a více. Pokud použijeme projektory s krátkou projekční vzdáleností, intenzity jasu může být na stejnou úhlopříčku obrazu nižší.

#### 4.6.4 Projekční vzdálenost

Podle ADTECH [26] projekční vzdálenost nám určuje, v jaké vzdálenosti bude projektor umístěn od plátna, aby nám vytvořil požadovanou úhlopříčku obrazu. To může být velkým omezením v malých místnostech, kde by nemohl být projektor umístěn dostatečně daleko tak, aby vytvořil požadovanou úhlopříčku obrazu.

Pro zjištění správné projekční vzdálenosti použijeme kalkulačku vzdáleností na webové stránce <http://www.projectorcentral.com/projection-calculator-pro.cfm>

Vzdálenost projektoru od plátna, pokud víme šířku plátna, se vypočítá pomocí vzorečku: *šířka plátna  $W$  \* poměr přiblížení projekčního objektivu (throw ratio)  $D$  = vzdálenost projektoru od plátna  $M$* , tedy  $M=W*D$ .



Obrázek 24 Vzdálenost projektoru od promítací plochy. Zdroj [ADTECH]

Vzdálenost projektoru od plátna, pokud víme velikost plátna, se vypočítá pomocí vzorečku: *šířka plátna \* poměr přiblížení projekčního objektivu (throw ratio) = vzdálenost projektoru od plátna*. Pokud má projektor proměnný poměr přiblížení objektivu např. 1:1, až 1:5 vypočteme obě vzdálenosti a projektor umístíme v rozsahu vypočtené vzdálenosti, následnou korekci obrazu provedeme změnou tzv. ZOOMem, neboli již zmíněným poměrem přiblížení projekčního objektivu.

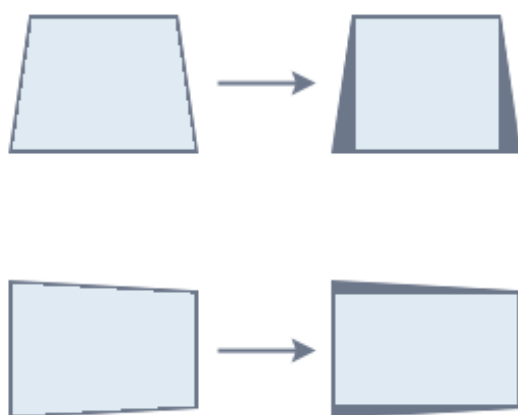
#### 4.6.5 Lampa

Podle Jana Čareka [27] při výběru projektoru je vhodné se také podívat na životnost lampy a cenu její výměny. Některé projektory mají možnost zakoupení lampy od alternativního výrobce, což může snížit náklady na pořízení nové lampy až o několik tisíc korun.

Průměrná životnost lampy je 4 000 hodin, při používání projektoru přibližně 6 hodin denně nám to dává životnost lampy cirká 2 roky. Pokud vezmeme v potaz, že průměrně vyjde neoriginální lampa o +-3000 Kč méně, může nám nákup projektoru s možností dokoupení alternativní lampy ušetřit za 10 let provozu 12 000 Kč, samozřejmě se ceny liší s každým modelem projektoru, takže mohou být náklady s originálními lampami mnohem vyšší.

#### 4.6.6 Lichoběžníková korekce

Podle Miroslava Wenera [28] mohlo by při instalaci obrazu dojít k situaci, kdy projektor nemůže promítat kolmo na promítací plochu, tato situace může vytvořit lichoběžníkově zdeformovaný obraz.



Obrázek 25 Ukázka lichoběžníkové deformace a její korekce. Zdroj [Projectars & AV]

Tyto deformace mohou být korigovány dvěma způsoby a to digitální korekcí Keystone nebo optickou korekcí LensShift.

Korekce keystone funguje na principu přepočítání zobrazovaného obrazu, to znamená, že na zobrazovacím čipu se obraz lineárně přepočítá a část čipu nezobrazuje žádný obraz. Tato korekce není moc vhodná, sníží nám rozlišení obrazu, protože promítá menší část zobrazovacího čipu, a body se díky přepočítávání obrazu rozostří. Vzhledem k nevýhodám této korekce je tato korekce vhodná pro dočasnou korekci u přenosných projektorů a podobně.

Korekce Lens Shift využívá změny náklonu objektivu. Náklon lze u některých projektorů korigovat manuálně a u některých lze ovládat pomocí motorového posunu. Tato technologie je pro korekci obrazu mnohem lepší, ale při větších náklonech vznikají vlivem lomu světla další deformace obrazu a barev.

Z předchozích odstavců vyplývá, že pokud chceme dosáhnout kvalitního obrazu, neměli bychom korekci obrazu využívat a raději projektor vhodně umístit. Tedy projektor musí být postavený kolmo zobrazovací soustavou k promítacímu plátnu. Případnou horizontální korekci v tomto případě lze provést, podložením projektoru.

## 5 Praktická část

V praktické části bude proveden, co nejlepší navrhnou nákup projektorů pro střední školu. Výběr bude zahrnovat projektory pro klasické prezentace při denním světle, ale i v místnostech se zataženými žaluziemi, projektor do zájmové místnosti volně přístupný studentům. Dále chce využít škola pro zpestření výuky interaktivní tabuli, případně interaktivní projektor. Budou navržena řešení obou technologií a zvolena ta nejvhodnější. Přenosný projektor pro prezentaci školy na různých akcích, případně bráný na školní výlety a nakonec výkonný projektor do školního promítacího sálu.

### 5.1 Příprava návrhu projektu

#### 5.1.1 Projektory pro prezentace

Projektory pro klasickou prezentaci se budou používat v učebnách chemie a biologie pro projekci krátkých výukových videí a ilustračních obrázků. V těchto učebnách se vyžadují obrazové vstupy pro připojení stále hojně používaných VHS přehrávačů pomocí SCART konektoru, pro připojení DVD přehrávače je možné použít SCART konektor i komponentní vstup. V učebně biologie se nachází i kamerový mikroskop, který by měl být také připojen k projektoru; kameru lze připojit pomocí S-Video konektoru. Do budoucna se plánuje nákup Blu-Ray přehrávačů, takže by měly mít projektory i odpovídající obrazové HDMI vstupy. Všechny tyto přístroje jsou uschované v pultu katedry.

Dalšími požadavky na projektor je co nejvyšší životnost lampy, případně co nejnižší cena nové. Projektory budou zabudovány na stropní držák, tedy nebude prostorově nijak omezený. U projektorů se plánuje použití v dlouhé budoucnosti, takže je požadavek alespoň na HD ready rozlišení. Cena by se u jednoho kusu měla vejít do 25 000 Kč. Vzhledem k zachování původní tabule je již před tabulí ke stropu učebny instalováno roletové plátno, o rozměrech 114 x 203 cm o poměru stran 16:9. Projektor musí být bez problémů schopen na toto plátno promítat.

#### 5.1.2 Interaktivní projekce

V této kapitole budou porovnávány projektory se zabudovanými interaktivními funkcemi a klasické projektory s interaktivní tabulí. Výsledné rozhodnutí, zda pořídit interaktivní tabuli, nebo interaktivní projektor vyjde ze závěrečného porovnání. Projektory pro interaktivní projekci musí mít kvalitní obraz i při běžném osvětlení, protože žáci si nemohou dělat zápisky při zatažených oknech. Pro komfortnější užívání tabule by měl být zvolen projektor se zpětnou projekcí, aby se minimalizovalo oslňování vyučujícího a stínění obrazu při přednášení u tabule. Projektor bude také

muset mít držák k montáži na tabuli vzhledem k nutnosti výškové polohovatelnosti tabule. Celková cena interaktivní projekce by se měla vejít do 80 000Kč.

Vzhledem k práci s texty by bylo vhodné, aby projektor měl HD rozlišení pro dobrou čitelnost textu. Také vysoký kontrast závislý na zvolené technologii interaktivity. Vzhledem k častému používání jsou požadavkem lampy buď s co nejdelší životností, nebo s nejnižší cenou.

### **5.1.3 Přenosný projektor**

Přenosný projektor má požadavek na nízkou hmotnost, odolnost při přenášení a co nejdelší životnost. Kvůli občasnému použití a větší odolnosti bude použit přenosný projektor s LED podsvícením. S ohledem ke školním pracovním notebookům, které mají VGA obrazový výstup, je VGA vstup projektoru podmínkou. K projektoru je již pořízené stativové plátno o úhlopříčce 80“, s poměrem stran 16:9, tedy projektor by měl být schopen vytvořit úhlopříčku obrazu 80“. Cenové omezení je do 10 000 Kč.

### **5.1.4 Projektor do promítacího sálu**

Projektor do promítacího sálu musí mít dostatečný výkon, aby udělal kvalitní obraz o úhlopříčce 165 palců na již nainstalované rámové plátno, s poměrem stran 16:9, tedy o rozměrech 205,7 cm na výšku a 365,8 cm na šířku. Musí disponovat patřičnými obrazovými vstupy pro připojení Blu-Ray přehrávače pomocí HDMI a připojení notebooku. Běžné vstupy pro připojení notebooku, tedy VGA, HDMI, budou vyvedeny do stolu přednášejícího. Náklady tohoto projektoru by se měly vejít do 100 000 Kč.

### **5.1.5 Projektor do zájmové místnosti**

Vzhledem k zájmovým účelům projektoru se zde hledí primárně na cenu, která by měla být do 5000 Kč, tedy za málo peněz co nejvíce muziky, s co nejmenšími budoucími náklady. V této místnosti se bude promítat pouze na bílou zeď, plátno nebude využito. Žáci si v této místnosti mohou o pauzách pouštět filmy, či prohlížet fotky.



## 5.2 Realizace projektu

### 5.2.1 Výběr projektorů pro prezentace

Pro projekci na prezentaci byly vybrány tři projektory BenQ W1080ST, NEC m2660WS a Epson EH-TW3200. Vzhledem k cenovým možnostem výběr projektorů s tolika obrazovými vstupy a požadavky na rozlišení, není výběr projektorů nikterak velký. Vybral jsem dle mého názoru ty nejlepší. Projektory se liší v mnoha vlastnostech, ale všechny splňují požadavky na konektorové vybavení, i když na SCART bude u všech použita redukce na CINCH, případně na S-Video, u některých bude nutná VGA redukce.

BenQ W1080ST je nejlevnější FullHD projektor z trojice vybraných. Disponuje DLP technologií s jedním DMD čipem, naneštěstí má nejkratší životnost lampy ve standardním módu a nejnižší kontrast z vybraných projektorů. Naopak z vybraných projektorů má nejnižší cenu originální lampy, ale bohužel se nedají sehnat levnější neznačkové lampy.

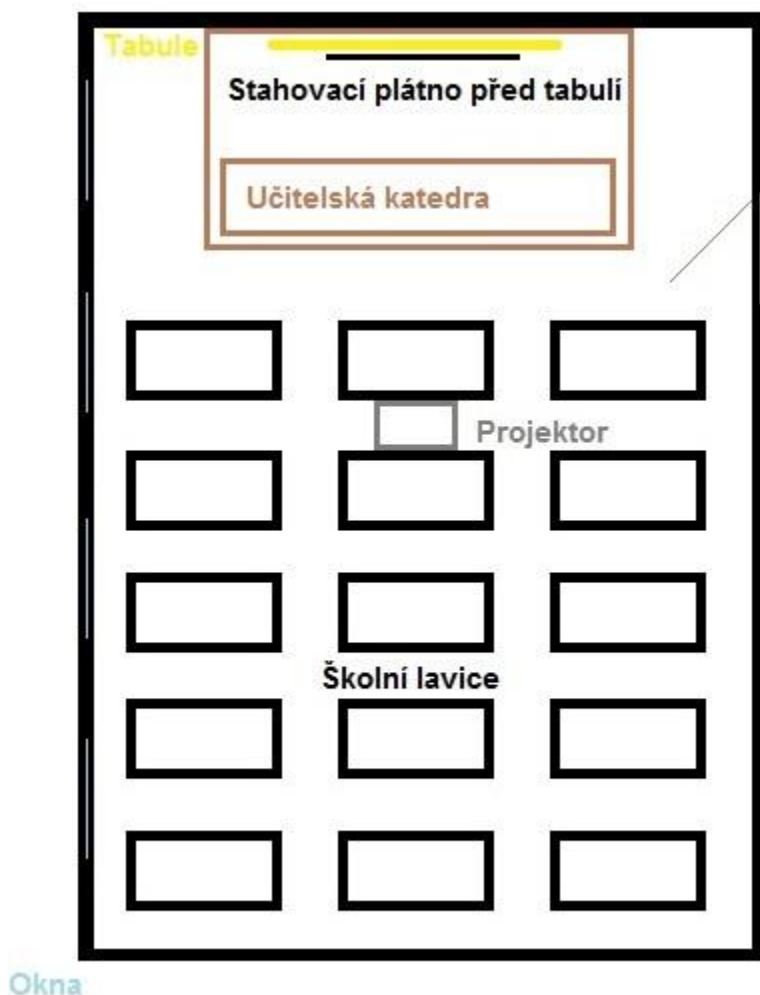
NEC M260WS projektor disponuje jedním LCD čipem a nejvyšší světelností z vybraných projektorů. Jeho výhodou je i o několik stokrát nižší cena než předchozí BenQ. Balení obsahuje dálkové ovládání a hlavně má nejnižší cenu neoriginálních lamp, tedy tento projektor při dlouhodobém a častém provozu vyjde na náklady nejlépe. Nevýhodou tohoto projektoru je pouze jeden LCD zobrazovací prvek a absence Komponentního vstupu, kdy pro připojení DVD přehrávače bude potřeba redukce SCART do VGA, jejíž cena se pohybuje okolo 150 Kč.

Epson EH-TW3200 je z vybraných projektorů nejdražší a mírně převyšuje limit ceny, ale toto vyvažuje FullHD rozlišením, vysokým kontrastem, větším množstvím obrazových vstupů a cenou nové neoriginální lampy. Projektor disponuje třemi LCD zobrazovací a navíc jako jediný má z vybraných projektorů dálkové ovládání. Dále pak NEC M260WS má nejvyšší svítivost a díky krátké projekční vzdálenosti podá kvalitní obraz v značně osvětlené místnosti, v balení se také nachází dálkové ovládání. Vzhledem k budoucím nákladům je i při nižším rozlišení také dobrou volbou. V tomto případě budou doporučeny projektory dva a zákazník by měl zvážit, které výhody využije spíše.

**Tabulka 1 Výběr projektorů pro prezentaci**

Název	Rozlišení	Svítivost - lumen	Kontrast	Životnost lampy - hodin	Cena lampy - Kč	Cena - Kč
BenQ W1080ST	1920x1080	2000	10 000:1	3 500	7200	23 800
NEC M260WS	1280x800	2600	12 000:1	4 000	9600/2600	23 500
Epson EH-TW3200	1920x1080	1800	25 000:1	4 000	9250/2800	25 900

Geny lamp čerpány z webové stránky [www.projektory-lampy.cz](http://www.projektory-lampy.cz) 19. 7. 2014, ceny lamp jsou s 21% DPH, ve formátu originální lampa s modulem/nejevnější možnost pokud je na výběr, zaokrouhlo na stovky korun. Ceny projektorů jsou brány ze serveru [www.heureka.cz](http://www.heureka.cz) a jsou zaokrouhleny na stovky korun včetně 21%DPH.



Obrázek 26 Půdorysný náčrt učeben. Zdroj [vlastní]

Učebny Biologie a Chemie mají rozměr 8 x 11m. Rozložení lavic a učitelské katedry je v obou učebnách stejné.

Projektor BenQ by byl umístěn od plátna 1,6m, ale vzhledem k možnosti zoomu by bylo lepší umístit jej 20 – 30 cm dál od plátna. Projektor NEC má krátkou projekční vzdálenost, byl by umístěn necelý 1 m od plátna, což je velký bonus pro projekci za denního světla. Projektor Epson bude muset být vzdálený více jak 2,7 m, což ubere na kvalitě obrazu vzhledem k jeho svítivosti za denního světla.

## 5.2.2 Interaktivní projekce

Pro interaktivní projekci je vybrán Interaktivní projektor Epson EB-585Wi, kterému chybí oproti dražší verzi EB-585Wi možnost dotyků prstem bez použití pera. Projektor disponuje již v základu držákem, na zeď, či na tabuli, s pružinovými mechanismy, což zvyšuje odolnost při montáži na posuvnou tabuli. Velmi dobrá je i vysoká svítivost 3300 lumen, s životností lampy 4000 hodin ve standardním režimu. Obraz vytvořený projektorem má podle nastavení držáku úhlopříčku 60 až 100 palců, při poměru stran 16:10. K němu byla vybrána adekvátní křídlová tabule vhodná k projekci o rozměrech projekční plochy 118 x189 cm, tedy s úhlopříčkou 88 palců.

Interaktivní tabule je vybrána křídlová Focus Board 183,5 x130 cm, tabule využívá k snímání povrchu elektromagnetický princip a má velmi odolný povrch. Křídla tabule jsou keramická a dají se popisovat běžnými fixy; interaktivní povrch totiž nesmí být popisován běžnými fixy, ale pouze elektronickými. K interaktivní tabuli je třeba dokoupit nástěnný držák projektoru a projektor. Projektor byl vybrán VivitekD795WT s ultrakrátkou projekční vzdáleností, o podobných parametrech jako interaktivní projektor. K projektoru se hodí krátký držák projektoru Stell SHO 1092.

Kombinace interaktivního projektoru vyjde cenově na necelých 75 000 Kč, a sice 56 500 Kč za projektor Epson a 17 500 Kč za projekční tabuli.

Kombinace interaktivní tabule vyjde cenově na 78 500 Kč, tedy 42 000 Kč za interaktivní tabuli, 35 500Kč za projektor a 1000 korun držák projektoru.

Porovnání obou technologií je následující. K ovládání obou interaktivních řešení je potřeba použití speciálních per, obě technologie využívají projektory s ultrakrátkou projekční vzdáleností a obě technologie dokáží zobrazit stejnou velikost obrazu.

Výhodou interaktivního projektoru je možnost psát na tabuli klasickými fixy, takže je možnost povrch využít, i když není projektor zapnutý. Na interaktivní tabuli lze psát pouze elektronickými fixy a povrch nelze jinak využít. Dále je Interaktivní projektor zvýhodněn v minimalizaci kabelů, s možností dokoupení bezdrátového modulu, čímž by bylo potřeba zapojit pouze projektor do elektrické zásuvky. V případě interaktivní tabule musí být napájena tabule, projektor a musí být přiveden k PC datový kabel. Další výhodou může také být funkčnost bez připojeného počítače, lze použít například flash disk s prezentací, kterou umí projektor přehrát bez PC. Výhoda jsou menší náklady na pořízení nové lampy, které jsou v případě originálního modulu značné.

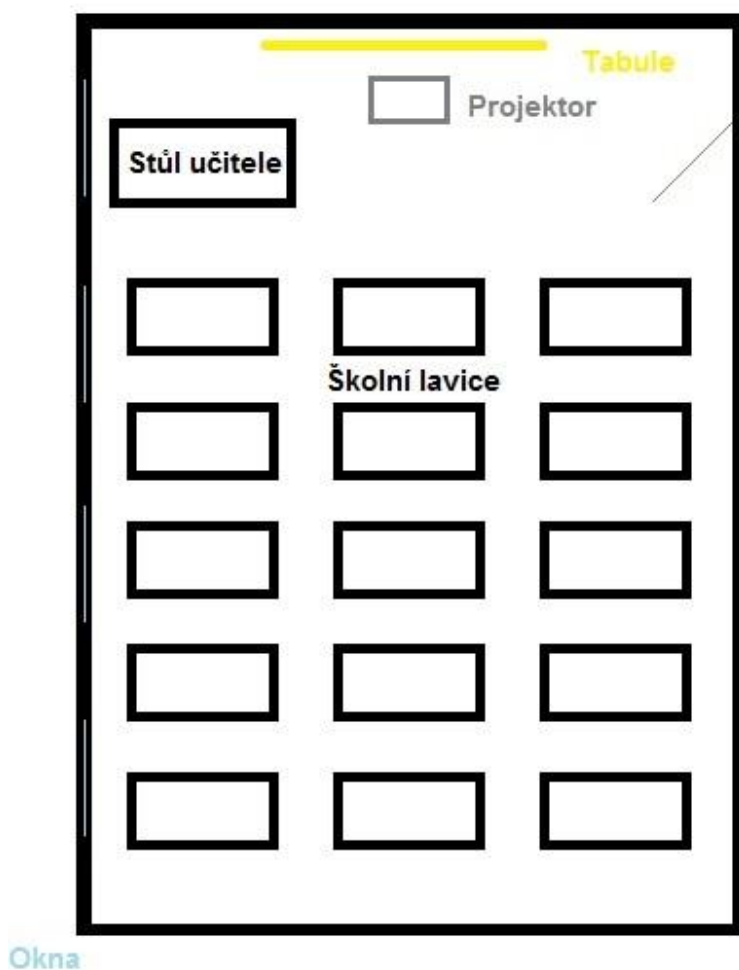
Výhodou interaktivní tabule je vyšší přesnost ve snímání v řádu setin milimetru a teoreticky její předpokládaná mnohem delší životnost, než je životnost projektoru. Další výhodou je snadný upgrade při přechodu na vyšší rozlišení, a to pouhou výměnou projektoru. K interaktivní tabuli je také velké množství přidaného softwaru. Vybraný projektor má menší projekční vzdálenost než interaktivní projektor, bude tedy docházet k nižšímu stínění.

**Tabulka 2 Výběr Interaktivní projekce**

Název	Rozlišení	Svítivost - lumen	Kontrast	Životnost - lampy - hodin	Cena lampy - Kč
Epson EB-85Wi	1280x800	3300	10 000:1	4 000 hod	3200/2000 Kč
VivitekD795WT	1280x800	3000	2 500:1	4 000 hod	8500/2800 Kč

Ceny lamp čerpány z webové stránky <http://www.elampy.cz/www.projektory-lampy.cz> 20. 9. 2014, ceny lamp jsou s 21% DPH, ve formátu originální lampa s modulem/nejlépejší možnost pokud je na výběr, zaokrouhloeno na stovky korun. Ceny projektorů jsou brány ze serveru [www.heureka.cz](http://www.heureka.cz) a [av.varionet.cz](http://av.varionet.cz) jsou zaokrouhleny na stovky korun včetně 21%DPH.

Vzhledem k možnosti psaní na tabuli i při vyplém projektoru, tedy i bez nutnosti využití interaktivity, menších nákladů na lampy a možnost provozu bez PC, bude doporučena cenově výhodnější varianta v podobě interaktivního projektoru Epson.



Obrázek 27 Půdorysný náčrt učebny. Zdroj [vlastní]

Tato učebna má také rozměry 8 x 11 m. Projektor bude zavěšený na zvedacím mechanismu spolu s tabulí. Rozměry tabule i interaktivní tabule odpovídají velikosti obrazu, který je schopný projektory z držáku vytvořit.

V tomto případě není možné projektor umístit na strop, jelikož je nutná možnost zvedání tabule, což zajišťuje bezproblémové ovládání žáky nižšího věku, i vysokých učitelů.

### 5.2.3 Výběr přenosného projektoru

Přenosné projektory byly vybrány dva, v tomto segmentu zatím moc projektorů s alespoň uspokojivou svítivostí a cenou moc není, takže výběr je značně omezený. Vybrány byly projektory ACER K132 a BenQ GP10.

Ultramalé projektory, které se vejdu do kapsy, byly rovnou vyloučeny. Jejich svítivost se totiž pohybuje v jednotkách až desítkách lumen a dokáží vytvořit pozorovatelný obraz pouze v plně zatemnělých místnostech, což pro prezentace školy na výstavištích a podobných místech nepřipadá v úvahu.

ACER K132 je relativně lehký, s váhou 0,43 kg je snadno přenositelný, pro porovnání je to přibližně váha dvou chytrých telefonů s displejem o úhlopříčce přibližně 5 palců. Projektor překvapí také vysokou svítivostí, která je 600 lumen. U tohoto projektoru je relativně bohatá konektorová výbava, která obsahuje HDMI, USB port a VGA, který je vyveden pomocí Univerzálního I/O portu, pro využití VGA je tedy nutné dokoupit speciální kabel. Dalším plusem tohoto projektoru je přibalené dálkové ovládání a možnost připojení chytrého telefonu podporujícího MHL.

BenQ GP10 je starší projektor, zato bohatě vybavený. Oproti projektoru ACER je o více jak 1 kilogram těžší, což se může projevit jako nevýhoda při častém přenášení. Oproti projektoru ACER má navíc čtečku SD karet a kompozitní vstup. Může se také hodit 2GB integrovaná paměť k ukládání souborů. Svítivost projektoru je velice dobrých 550 lumen. K projektoru je také přibalené dálkové ovládání a navíc má možnost dokoupení WiFi modulu pro přenos obrazu bez kabelů.

**Tabulka 3 Výběr přenosných projektorů**

Název	Rozlišení	Svítivost	Kontrast	Životnost lampy - hodin	Váha	Cena - Kč
ACER K132	1280x800	600 lm	10 000:1	20 000	0,4 kg	10 000
BenQ GP10	1280x800	550 lm	10 000:1	20 000	1,5 kg	10 500

Ceny projektorů jsou brány ze serveru [www.heureka.cz](http://www.heureka.cz) 8. 9. 2014 a jsou zaokrouhleny na stovky korun včetně 21%DPH.

Jak je vidět z porovnávací tabulky, projektory jsou parametry velice vyrovnané, projektor ACER má o 50 lumen vyšší svítivost a o 500Kč nižší cenu a je o více jak kilogram lehčí. Projektor BenQ nabízí navíc čtečku karet a integrovanou paměť, která se může hodit k prezentaci bez připojeného notebooku, případně je možné dokoupit Wifi modul pro projekci bez kabelů.

Oba projektory dopadly srovnatelně i v recenzích na [www.tvfreak.cz](http://www.tvfreak.cz) a [www.extrahardware.cz](http://www.extrahardware.cz), kde byl testován projektor ACER K137, což je vybavenější obdoba ACER K132 s jiným designem, projekční modul je v obou přístrojích stejný.

## 5.2.4 Projektor do promítacího sálu

Projektory do promítacího sálu byly vybrány tři, každý z nich představuje jinou projekční technologii. LCD technologii představuje projektor Epson EB-4850WU, DLP projektor představuje Infocus IN5316HD a také zástupce technologie LCoS Canon XEED WUX-4000. Každý z projektorů dosahuje vysoké hodnoty svítivosti, která je vhodná pro projekci na větší vzdálenosti potřebné pro velký obraz. U každého projektoru je také možné v určitém rozsahu měnit projekční vzdálenost, případně vyměnit objektiv.

LCD projektor Epson EB-4850WU se vyznačuje technologií tří LCD. Projektor disponuje obrazovými vstupy VGA, HDMI, Display Port, LAN, USB, Video, S-Video a BNC konektory. Životnost výbojky je 4000 hodin v normálním provozu.

DLP projektor Infocus IN5316HD pracuje na technologii 1 DMD čipu. Projektor disponuje velkým množstvím obrazových vstupů, a to 2x VGA, DVI, HDMI, LAN, USB, BNC, kompozitní a komponentní vstupy. U tohoto projektoru je životnost lampy méně jak poloviční, a to pouhých 1500 hodin v normálním provozu.

LCoS projektor Canon XEED WUX-4000 pracuje na technologii třech reflexivních displejů LCoS s aktivní maticí. Disponuje konektory Mini D-Sub, DVI, HDMI a RJ-45. Tento projektor má životnost lampy také 1500 hodin.

Vybrané projektory mají možnost dokoupení objektivu zkracujícího projekční vzdálenost, nebo i prodlužující vzdálenost. Projekční vzdálenosti jsou však vypočítané podle základního dodaného objektivu.

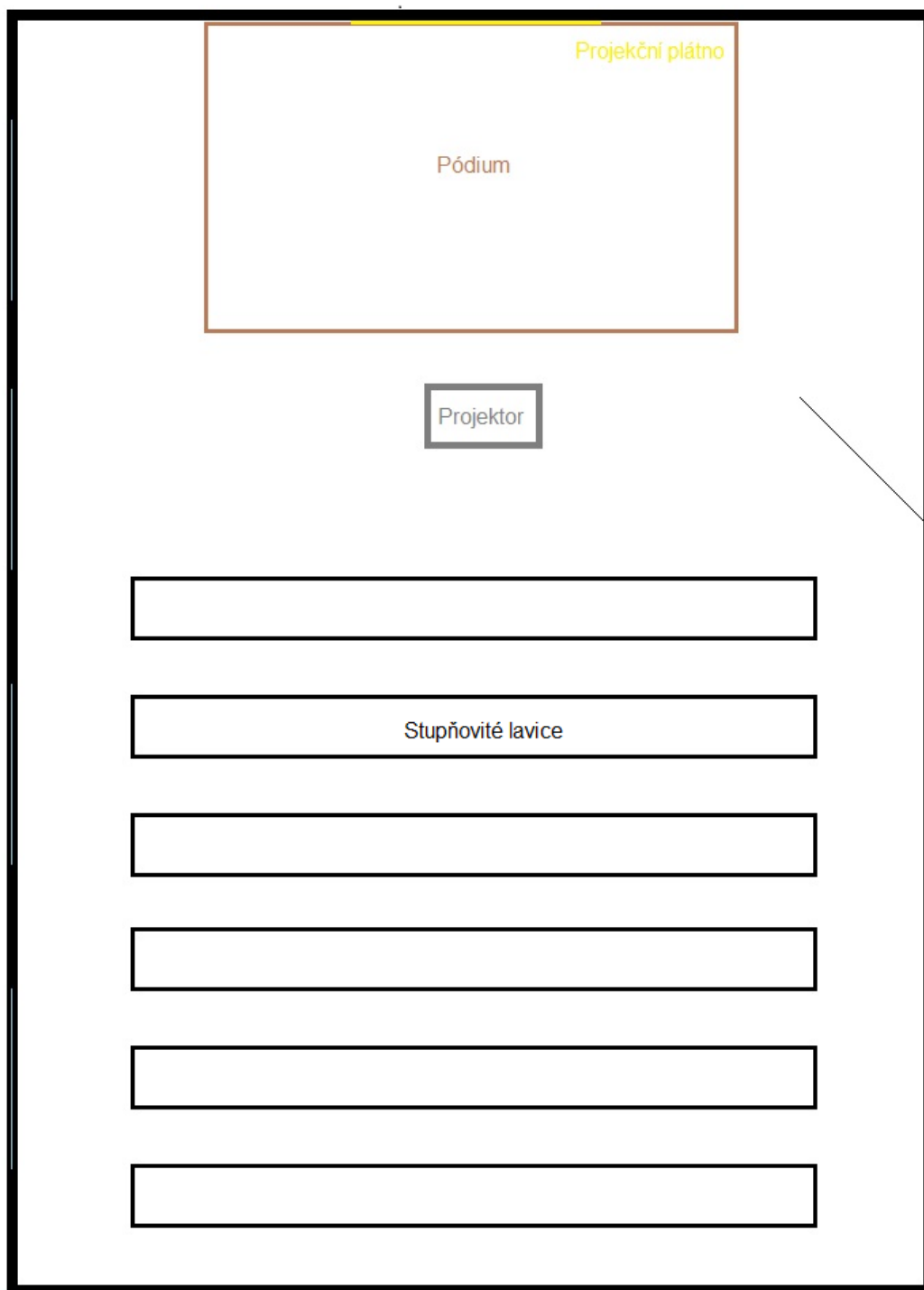
Jak je vidět, projektory si jsou parametry značně podobné, všechny mají vysokou svítivost 4000 lumen a Full HD rozlišení. Projektor Epson potěší vysokou životností výbojky, což u výbojek s tak vysokým výkonem není běžné. Všechny projektory disponují podobnou výbavou obrazových vstupů, takže ani u jednoho nebude nedostatek konektivity.

Vzhledem k ceně a životnosti byl doporučen projektor EPSON, jelikož je to LCD systém, bude sice nutné občas vyčistit prachové filtry, ale i přes tento malý nedostatek v poměru cena, výkon, výbava projektor EPSON vyhrává.

**Tabulka 4 Výběr projektorů do promítacího sálu**

Název	Rozlišení	Svítivost - lumen	Kontrast	Throw ratio [:1]	Vzdálenost od plátna	Cena - Kč
Epson EB-4850WU	1920x1080	4000	5 000:1	1-1,8	3,6 - 6,6 m	83 000
Infocus IN5316HD	1920x1080	4000	2 000:1	1,54-1,93	5,6 - 7,1 m	99 000
Canon XEED WUX 4000	1920x1200	4000	1 000:1	1,89-2,65	6,9 - 9,7 m	88 000

Geny lamp čerpány z webové stránky <http://www.elampy.cz/www.projektory-lampy.cz> 10. 10. 2014, ceny lamp jsou s 21% DPH, ve formátu originální lampa s modulem/nejlevnější možnost pokud je na výběr, zaokrouhлено na stovky korun. Geny projektorů jsou brány ze serveru [www.heureka.cz](http://www.heureka.cz) a [av.varionet.cz](http://av.varionet.cz) jsou zaokrouhлены na stovky korun včetně 21%DPH.



Okna

Obrázek 28 Půdorysný náčrt projekčního sálu. Zdroj [vlastní]



Rozvržení místnosti je zobrazeno na obrázku 29. Rozměry sálu jsou 16 x 11m. Projektor bude umístěn přibližně 6 metrů od plátna, tato vzdálenost je dostatečná pro vytvoření obrazu na 165-ti palcové plátno.

Jelikož okna projekčního sálu disponují venkovními žaluziemi, nebude problém s kvalitní projekcí i za slunného dne, vzhledem k vysoké svítivosti by měl být obraz dostatečně čitelný i při roztažených žaluziích. Vnitřní osvětlení zajišťuje dostatečné světlo při zatažených žaluziích pro psaní poznámek, ale nebude rušit kvalitu obrazu i vzhledem k relativní blízkosti projektoru u plátna.

### **5.2.5 Projektor do zájmové místnosti**

V kategorii nejlevnějších projektorů do 10 000 korun byly vybrány 3 modely od různých výrobců, a to Optoma DX229, ACER X 1240 a Canon LV 7292S. Všechny projektory mají stejné nativní rozlišení.

Projektor Optoma DX229 funguje na principu DLP, je z vybraných projektorů nejlevnější, má nejvyšší svítivost a nejdelší výdrž lampy, v Ultra ekonomickém modu až 6500 hodin. Bohužel tento projektor má nejdražší náhradní lampu, takže při výměně lampy projektor vyjde draž než ostatní projektory. Projektor disponuje pouze analogovými obrazovými vstupy VGA, S-Video a Video.

Projektor ACER X 1240 je dalším pracujícím na principu DLP, má z vybraných projektorů nejnižší cenu nové neoriginální lampy, tedy v celkových nákladech vychází nejlevněji. Jako předchozí projektor disponuje pouze analogovými obrazovými vstupy VGA, S-Video a Video. Projektor je vybavený 2W reproduktorem, který může posloužit při přehrávání videa a navíc je k projektoru přibaleno dálkové ovládání, což se může hodit při zavěšení projektoru ke stropu.

Projektor Canon je z vybraných projektorů nejdražší, zato disponuje odlišnou technologií, tedy pracuje na principu LCD. Na rozdíl od předchozích projektorů tento projektor disponuje VGA, HDMI, LAN a kompozitním video vstupem. K tomuto projektoru je také přibaleno dálkové ovládání.

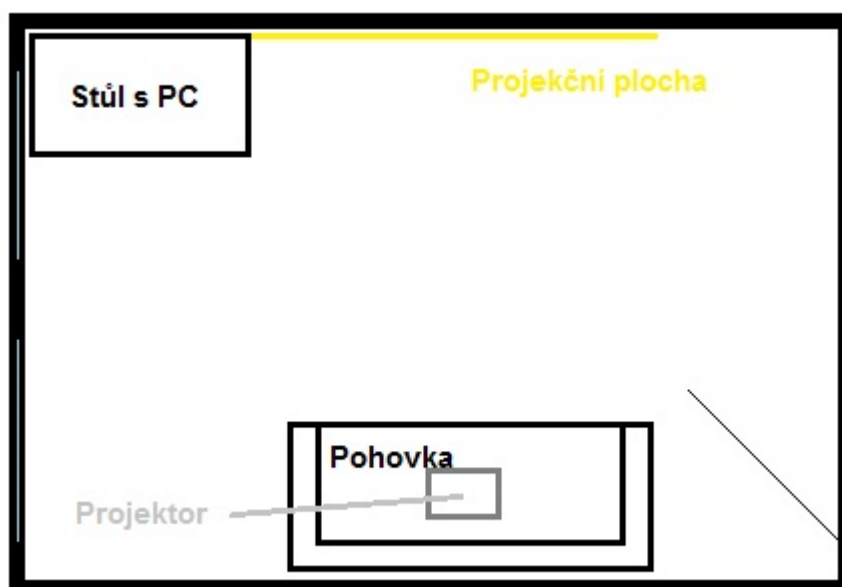
Z vybraných projektorů byl zvolen projektor ACER vzhledem k jeho nízké ceně a nákladům na novou lampu, se do budoucna projektor neprodraží. Jelikož je ACER výrobcem mnoha projektorů, dá se předpokládat, že ceny neoriginálních lamp mohou o několik stokorun ještě klesnout. VGA obrazový vstup při tomto rozlišení obrazu bohatě stačí, takže absence HTMI není nevýhodou. Svítivost 2700 lumenů bude dostatečná i v nezatemnělé místnosti.

**Tabulka 5 Výběr projektorů do zájmové místnosti**

Název	Rozlišení	Svítivost - lumen	Kontrast	Životnost lampy	Cena lampy - Kč	Cena - Kč
Optoma DX229	1024x768	2800	10 000:1	4 500 hod	5400	7 300
ACER X 1240	1024x768	2700	10 000:1	5 000 hod	4800/2600	7 900
Canon LV 7292S	1024x768	2200	500:1	5 000 hod*	4000/3000	8 000

\* ve specifikacích projektoru je uvedena pouze životnost v ECO modu, v normálním modu odvozena podle jiných projektorů.

Ceny lamp čerpány z webové stránky <http://www.elampy.cz/www.projektory-lampy.cz> 2. 10. 2014, ceny lamp jsou s 21% DPH, ve formátu originální lampa s modulem/nejevňší možnost pokud je na výběr, zaokrouhloeno na stovky korun. Ceny projektorů jsou brány ze serveru [www.heureka.cz](http://www.heureka.cz) a jsou zaokrouhleny na stovky korun včetně 21%DPH.



**Obrázek 29 Půdorysný náčrt zájmové místnosti. Zdroj [vlastní ]**

Rozvržení místnosti je následující, patrné na obrázku. Rozměry místnosti jsou 4,8x 7,3m. Bylo vybráno prakticky jediné vhodné místo pro umístění projektoru, a to zavěšený u stropu, naproti projekčnímu plátnu, jelikož na levé stěně jsou okna a na pravé stěně jsou vstupní dveře. Při montáži na strop bude projektor relativně dobře chráněn před náhodným shozením a podobnými nehodami, navíc nebude překážet a ušetří místo v malém prostoru místnosti.

### 5.3 Ověření výsledků

Při řešení praktické části se vyskytlo několik menších problémů, se kterými nebylo počítáno, ale podařilo se je vyřešit.

Jedním z nich bylo při zadaných požadavcích splnit podmínky na parametry projektorů, i když jsou celkem projektory již rozšířené, za každou maličkost se většinou draze připlácí. V nízké cenové kategorii se nevyskytují projektory s velkou obrazovou konektivitou, pokud ano je to většinou na úkor rozlišení obrazu. Vzhledem k těmto nedostatkům byla se zadavatelem prokonzultována úprava cen a požadavků, tak aby bylo možné požadavky splnit. I přes tyto překážky se však podařilo udělat dostatečný výběr projektorů pro zadavatele, které splňují všechny upravené požadavky.

Bylo překvapením, že i přes velkou praktičnost interaktivních projektorů, tyto projektory nejsou tolik rozšířené řešení a stále převládají spíše interaktivní tabule. Jediné praktické řešení s předpokladem montáže na tabuli nabízí pouze společnost EPSON.

Mnoho projektorů se chlubí LED nebo Laser LED podsvícením, ale ty levné mají svítivost v řádu pouhých desítek lumen, což není dostatečné ke kvalitnímu obrazu ani v zatemnělé místnosti. Při výběru přenosného projektoru se uvažovalo o klasickém podsvícení, vzhledem k malé svítivosti LED, ale jelikož se podařilo nalézt vhodné projektory s LED o dostatečné svítivosti, byly klasické lampy z výběru vyloučeny. Projektory s LED podsvícením o svítivosti alespoň 1500 lumen jsou cenově o několik tisíc korun dražší, než projektory se stejnou svítivostí s lampou.

V některých výběrech se podařilo lehce přesáhnout rozpočet, ale v dalších byly vybrány projektory za nižší cenu než maximální, tímto se náklady vyrovnaly a zadavatel neměl proti těmto mírným odchýlkám námitky. Před závěrečným představením výběru byly překontrolovány místnosti, zda bude možná instalace vybraných zařízení

Další nedostatek byl objeven v tom, že ač jsou vybrané projektory podle nejlepších parametrů, můžou se projektory kvalitou obrazu značně lišit. V praxi byly porovnány dva LCD projektory stejných parametrů, ale měly odlišnou kvalitu barev obrazu a plynulosti. Tedy nejlepší by bylo před nákupem si projektor vyzkoušet, i když to lze velice obtížně, protože v elektro obchodech vystaveny zaplé projektory nikde nejsou. Tedy většinou zbývá pro běžného zákazníka možnost projektor zakoupit, vyzkoušet a v případě nevyhovujícího obrazu, či jiné provozní vlastnosti projektor ve 14-ti denní zákonné lhůtě vrátit.

Ve všech prostorách jsou žáci ideálně rozmístěni od projekční plochy, což minimalizuje možnosti špatných pozorovacích úhlů. Vzhledem k uspořádání tříd není ani mnoho možností kam jinač ve třídě projektor umístit. Vybrané projektory mají i dostatečnou světelnost obrazu takže nebude problém s projekcí v nezetamnělých místnostech.

## 6 Shrnutí výsledků

Studiem mnoha publikací byl vytvořen dobrý přehled o technologii digitálních projektorů a tabulí. Tyto znalosti byly následně zpracovány a využity k tvorbě práce.

Podařilo se celkem úspěšně zmapovat probírané technologie i jejich historii, mnohé parametry u celkem rozsáhlých článků nebyly uvedeny, jako korekce obrazu, či výpočet projekční vzdálenosti. Tyto parametry byly získány z ostatních článků a uceleny v jeden celek. Vzhledem k malému množství tištěných publikací zaměřujících se na digitální projektory, bylo nutné čerpat mnoho informace z publikací o podobných technologiích, či technologiích příbuzných. Využil jsem podobných principů u diaprojektorů a displejů z tekutých krystalů.

Při studiu technologie LCD se podařilo sehnat velké množství online materiálů. Jelikož je tato technologie používána nejen v projektorech, ale i v různých displejích televizorů a dalších zařízeních, tuto technologii se podařilo zpracovat velmi dopodrobna.

Bylo zjištěno, že mnoho informací na internetových zdrojích je dost nepřesných a různé zdroje někdy tvrdily rozdílné hodnoty. Tyto informační nedostatky byly minimalizovány použitím oficiálních materiálů výrobců a tvůrců daných technologií, nebo si informace ověřit v co největším počtu zdrojů. Jediným nedostatkem informací trpěly samotné interaktivní tabule, jelikož popis jejich funkčnosti je většinou popsán zcela obecně, bylo hlouběji pátráno po principech funkčnosti a málo používané technologie, byly vzhledem k nedostatku materiálů vynechány.

Požadovaných výsledků v teoretické části se podařilo bez problému dosáhnout, i když bylo překvapením, že o některých důležitých parametrech se ve člancích zabývajících výběrem projektoru vůbec nezmiňují. Z praktického zkoumání projektorů se přišlo na některé parametry, které ve studovaných materiálech nebyly uvedeny, tyto parametry byly dostudovány a doplněny z jiných zdrojů.

Praktická část byla také splněna, i když se v průběhu tvorby práce musely tvořit kompromisy ve výběrech, které byly konzultovány se zadávajícím. Po upravení parametrů byly vytvořeny nejlepší možné výběry zařízení a následně proběhlo schválení zadavatelem, který k výběru neměl námítky.

Práci se podle zadání podařilo splnit, i když jsou v práci místa, která by šla více rozšířit, jako jsou interaktivní tabule. Na technologii samotných interaktivních tabulí by se dala při hlubším průzkumu vytvořit samostatná práce. Dále by mohlo být vhodné rozepsat více technologii LED, ale kvůli dodržení tématu projektorů nebylo podrobně rozepsáno. Práce je tedy ucelený článek převážně o projektorech a dále o technologiích s projektory spojených.

## 7 Závěry a doporučení

Práce zkoumala projektory, jako rozmáhající se technologii přístupnou již běžné veřejnosti. Kvalita projekce běžnými domácími projektory se dostala na vysokou úroveň, v některých případech téměř srovnatelnou s malými kiny. Pro diváka toužícího po co největší úhlopříčce obrazu je projektor ideální volbou, oproti neskladným 4K televizorům, které se začínají dostávat na trh.

Rozdíly v kvalitě obrazu mezi nejpoužívanějšími technologiemi dnes jsou již minimální a nedostatky obou technologií jsou vyladěny téměř na technologické maximum. Chyby v obraze jako je duhový efekt DLP, či pomalá odezva u LCD si všimne jen člověk velmi citlivý na tyto vady. Navíc tyto vady jsou pozorovatelné převážně v nízké cenové kategorii projektorů, u vyšších řad projektorů jsou dnes již tyto vady prakticky neznatelné.

Příchod 4K televizorů zatím projektory nijak zásadně neohrožuje, vzhledem k vysoké ceně těchto televizorů, špatné manipulovatelnosti, kvůli velké velikosti a nemožnosti vytvořit obraz větší než 110“. Pro tyto neduhy si projektory vždy své zákazníky najdou.

Trend nahrazování klasických lamp podsvícením LED, či LaserLED je pravděpodobně další vývojovou cestou projektorů, která sníží celkovou spotřebu a sníží hlučnost projektorů, jelikož LED zdroje světla nevydávají tolik ztrátového tepla jako lampy v projektorech. Další nespornou výhodou je více jak desetinásobně vyšší životnost LED podsvícení. Zatím sice není možné nahradit klasické lampy při potřebě vysoké intenzity světla, jelikož LED takovou svítivost zatím nemají, dosahuje v současnosti LED podsvícení projektorů maxima 2000 lumen. Nejsou tedy LED projektory vhodné pro použití v domácím kině. Ale investice do LED jsou v současnosti vysoké a svítivost LED roste každým rokem o desítky lumen, také především díky podpoře Evropské Unie. Očekává se, že svítivost LED dosáhne brzy hodnot vhodných pro domácí kino.

Další zkoumanou oblastí byly interaktivní tabule, které se v dnešní době značně uplatňují ve školství a při školení. Na trhu je několik řešení interaktivních tabulí mající své výhody a nevýhody. Nespornou výhodou těchto tabulí je zkvalitnění výuky a zapojení žáka aktivně do výuky, což zvyšuje intenzitu získaných znalostí. Tyto poznatky jsou ověřeny mnoha průzkumy. Interaktivním tabulím však roste konkurence v podobě projektorů se zabudovanými funkcemi interaktivity bez nutnosti mít interaktivní tabuli. Toto řešení je sice velice zajímavé, ale na trhu není tolik možností jako u interaktivních tabulí.

Tato práce by mohla být zdrojem informací pro další rozšíření v budoucnosti, především v oblasti zdrojů světla a rozlišení projektorů. Rozlišení se bude pravděpodobně postupně zvyšovat, aby projektory držely krok s 4K televizory, i když není kam spěchat, filmů a dalších zdrojů obrazu schopných vytvořit 4K obraz je nyní velice málo.

## 8 Seznam použité literatury

1. **Wilgus, Jack a Wilgus, Beverly.** What is camera obscura. *The Magic Mirror of Life*. [Online] 8 2004. [Citace: 10. 1 2014.] <http://brightbytes.com/cosite/what.html>.
2. **Chajda, Radek.** *Pohyblivé obrázky*. Brno : Computer Press, 2011. 9788025128404.
3. History of the Development of Projectors. *Epson*. [Online] [Citace: 18. 2 2013.] [http://global.epson.com/innovation/projection\\_technology/history/](http://global.epson.com/innovation/projection_technology/history/).
4. **Maňásková, Dana.** Světlo, světelné zdroje a účinky. *medicinman.cz*. [Online] 28. 6 2011. [Citace: 10. 1 2014.] <http://medicinman.cz/?p=metody/svetlo>.
5. **heureka.** žárovky. *Heureka nakupujte s přehledem*. [Online] 2014. [Citace: 20. 7 2014.] <http://zarovky.heureka.cz/>.
6. **Osram.** Projekční systémy. *OSRAM*. [Online] [Citace: 20. 7 2014.] [http://www.osram.cz/osram\\_cz/pouziti/projekcni-systemy/index.jsp](http://www.osram.cz/osram_cz/pouziti/projekcni-systemy/index.jsp).
7. **LED230V.** Světelný tok, svítivost, osvětlení. *LED230V*. [Online] 2012. [Citace: 20. 7 2014.] <http://www.led-230v.cz/Nahrada-za-zarovku/Svetelny-tok-svitivost-osvetleni/>.
8. **Tůma, Jan a Pařízek, Miroslav.** *Nebojte se promítání!* 2. vydání. Praha : Polytechnická knihnice, 1973. str. 211.
9. **Baran, Ludvík.** *Audiovizuální prostředky: Technika, tvorba, využití*. 2. vydání. Praha : SNTL, 1978. str. 325.
10. **Meopta.** Digitální projekce. *Meopta: Lepší pohled na svět*. [Online] 2013. [Citace: 7. 8 2014.] <http://www.meopta.cz/cz/digitalni-projekce-1404041410.html>.
11. **Epson.** Epson Technology. *Epson Exceed Your Vision*. [Online] Epson. [Citace: 20. 10 2014.] <http://global.epson.com/products/https/trust/technology/brightness.html#brightness03>.
12. **Kuchař, Martin.** Technologie projektorů a jejich kvality. *PCTuning*. [Online] 10. 12 2008. [Citace: 10. 1 2014.] <http://pctuning.tyden.cz/hardware/monitory-lcd-panely/12213?start=1>.
13. **Projekčné plochy.** Materiály pre plátna. *Projekčné plochy*. [Online] [Citace: 20. 3 2014.] <http://www.projekcneplochy.sk/platna.html>.
14. **Media-Point.** Mighty Brighty. *media-point Real Home Cinema*. [Online] 2008. [Citace: 20. 7 2014.] <http://www.media-point.cz/mightybrighty/>.
15. **Černý, Jiří.** Bez plátna to nejde. *TVFreak*. [Online] 19. 8 2008. [Citace: 13. 8 2014.] <http://www.tvfreak.cz/bez-platna-to-nejde/3069.1802-1328>.

16. **Kyncl, Josef, Beniačová, Lenka a Žežulková, Lenka.** Projekt 1. *ZŠ Koruna*. [Online] 10 2006. [Citace: 12. 9 2014.] [www.zskrouna.cz/projekt1/technika.htm](http://www.zskrouna.cz/projekt1/technika.htm).
17. **Biskupová, Veronika.** Jak vybrat interaktivní tabuli? *Chytré tabule*. [Online] 11. 8 2009. [Citace: 12. 9 2014.] [www.chytretabule.cz/jak-vybrat-interaktivni-tabuli.a50.html](http://www.chytretabule.cz/jak-vybrat-interaktivni-tabuli.a50.html).
18. **Laniček, Petr.** Jak fungují monitory (CRT, LCD a plazma). *Extrahardware*. [Online] Extra Publishing, s. r. o., 24. 8 2009. [Citace: 18. 3 2014.] <http://www.cnews.cz/clanky/jak-funguji-monitory-crt-lcd-plazma>.
19. **Černý, Jiří.** Tajemství tekutých krystalů. *TVfreak*. [Online] 23. 11 2009. [Citace: 8. 6 2014.] <http://www.tvfreak.cz/tajemstvi-tekutych-krystalu/3181.1802-1328>.
20. **Stirner, Max.** About LCD projectors. *eHow*. [Online] [Citace: 2. 8 2014.] [http://www.ehow.com/about\\_4740803\\_lcd-projectors.html](http://www.ehow.com/about_4740803_lcd-projectors.html).
21. **Kovač, Pavel.** Technologie LCD panelů. *Svět Hardware*. [Online] 8. 2 2013. [Citace: 9. 7 2014.] <http://www.svethardware.cz/technologie-lcd-panelu/14465>.
22. **Koláček, Michal a Papež, Petr.** Projektory: technologie promítání obrazu. *TVFREAK*. [Online] 15. 10 2008. [Citace: 9. 7 2013.] <http://www.tvfreak.cz/projektory-technologie-promitani-obrazu/2737>.
23. **Texas Instruments.** DLP History. *DLP*. [Online] [Citace: 18. 7 2014.] [www.dlp.com/technology/dlp-history/](http://www.dlp.com/technology/dlp-history/).
24. —. How DLP Technology Works. *DLP*. [Online] [Citace: 18. 7 2014.] [www.dlp.com/technology/how-dlp-works/default.aspx](http://www.dlp.com/technology/how-dlp-works/default.aspx).
25. **Boček, Pavel.** Technikálie: Jak pracují digitální projektory. *cnews.cz*. [Online] 8. 31 2012. [Citace: 9. 12 2012.] <http://www.cnews.cz/clanky/technikalie-jak-pracuji-digitalni-projektory>.
26. **ADTECH.** Throw Ratios and Viewing Distances. *Projector Pros*. [Online] ADTECH Systems and The Projector Pros, 2004-2014. [Citace: 2. 11 2014.] [http://www.theprojectorpros.com/learn-s-learn-p-theater\\_throw\\_ratios.htm](http://www.theprojectorpros.com/learn-s-learn-p-theater_throw_ratios.htm).
27. **Čarek, Jan.** Digitální projektory – promítačky 21. století. *cnews.cz*. [Online] 29. 3 2010. [Citace: 9. 12 2012.] <http://www.cnews.cz/digitalni-projektory-promitacky-21-stoleti>.
28. **Werner, Miroslav.** Když televizor nestačí. *STEREO & VIDEO*. Červen 2014.
29. Na jakém principu fungují digitální projektory. *Živě*. [Online] 11 2004. [Citace: 9. 12 2012.] <http://www.zive.cz/clanky/na-jakem-principu-funguji-digitalni-projektory/sc-3-a-118275/default.aspx>.

30. **Kuřina, Marek.** Jak vybrat vhodný digitální projektor? *PCWorld*. [Online] 30. 9 2009. [Citace: 9. 12 2012.] <http://pcworld.cz/hardware/Prehled-digitalnich-projektoru-7363>.
31. **Rožeň, Jakub.** Jak technicky zajistit konferenci nebo prezentaci? *ES4U*. [Online] Entertainment service s.r.o. [Citace: 4. 11 2014.] <http://www.es4u.cz/jak-technicky-zajistit-konferenci-prezentaci.html>.
32. **Florida Center for Instructional Technology.** Camera Obscura. *ClipArt ETC*. [Online] Florida Center for Instructional Technology. [Citace: 11. 9 2014.] [http://etc.usf.edu/clipart/49700/49736/49736\\_cam\\_obscura.htm](http://etc.usf.edu/clipart/49700/49736/49736_cam_obscura.htm).
33. **Newspapers, Advance.** READER SUBMIT: Gary and Pat Gemmen tell the story about a donated Laterna Magica to the Allendale Historical Society's Knowlton House Museum. *mLive*. [Online] mLive Media Group, 10. 3 2011. [Citace: 6. 7 2014.] [http://www.mlive.com/grandvalleyadvance/index.ssf/2011/03/reader\\_submit\\_gary\\_and\\_pat\\_gem.html](http://www.mlive.com/grandvalleyadvance/index.ssf/2011/03/reader_submit_gary_and_pat_gem.html).
34. **Cidly.** Umělé osvětlení a fotosyntéza. *Cidly Optoelectronic Technology*. [Online] Cidly.cz. [Citace: 9. 7 2014.] <http://www.cidly.cz/cz-clanky-1.html>.
35. **Vojta.** Světlo a barva ve fotografii III. *Fotorádce*. [Online] Fotorádce, 30. 1 2010. [Citace: 9. 7 2014.] <http://www.fotoradce.cz/blog/svetlo-a-barva-ve-fotografii-iii--idc239>.
36. **Visual Display Solutions Pvt Ltd.** LED Laser Hybrid Projection. *Visual Display Solutions Pvt. Ltd. Partner in Progress*. [Online] Visual Display Solutions, 2014. [Citace: 11. 7 2014.] <http://www.visualdisplay.in/led-laser-hybrid-projection.html>.
37. **Reichl, Jaroslav a Všeticka, Martin.** Encyklopedie fyziky. *Encyklopedie fyziky*. [Online] [Citace: 11. 7 2014.] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1211-barvodelicisoustavy>.
38. **Hanulík, Ing. Stanislav.** Zobrazovací jednotky počítačů. *Učíme v prostoru Vzdělávací 3D Encyklopedie*. [Online] SPŠOA Uherský Brod. [Citace: 11. 9 2014.] [http://uvp3d.cz/dum/?page\\_id=2639](http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2639).
39. **the free dictionary.** LCoS. *The free dictionary*. [Online] [Citace: 16. 9 2014.] <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/LCoS>.
40. **Projectors & AV.** Keystone Correction & Lens Shift. *Projectors & AV*. [Online] [Citace: 1. 11 2014.] [http://www.projectors-av.co.uk/keystone\\_lens\\_shift.html](http://www.projectors-av.co.uk/keystone_lens_shift.html).



## 9 Seznam obrázků

Obrázek 1 Princip Camera Obscura. Zdroj [Florida Center for Instructional Technology].....	4
Obrázek 2 Laterna Magica s petrolejovým hořákem. Zdroj [mLive] .....	5
Obrázek 3 Pro člověka viditelné spektrum elektromagnetického vlnění. Zdroj [Cidly] .....	6
Obrázek 4 Barevná teplota s příklady zdrojů světla. Zdroj [Vojta] .....	7
Obrázek 5 Znázornění Laser LED podsvícení projektoru. Zdroj [Visual Display Solutions].....	8
Obrázek 6 Náčrt oddělení barev RGB pomocí polopropustných hranolů. Zdroj [Reichl, Všeticka, Barvodělicí soustavy] .....	9
Obrázek 7 Princip MLA. Zdroj [upraveno podle Epson Technology].....	9
Obrázek 8 Náčrt přední projekce. Zdroj [Rožeň].....	10
Obrázek 9 Náčrt zadní projekce. Zdroj [Rožeň] .....	10
Obrázek 10 Náčrt zisku plátna. Zdroj [upraveno podle Projekční plochy]. .....	11
Obrázek 11 Princip tvorby obrazu CRT projektorem. Zdroj [Koláček, Papež].....	13
Obrázek 12 Princip barevného CRT monitoru. Zdroj [upraveno podle Laníček]... ..	14
Obrázek 13 Polarizace světla. Zdroj [Reichl, Všeticka, Polarizace světla] .....	16
Obrázek 14: Princip činnosti LCD displeje. Zdroj [Hanulík] .....	17
Obrázek 15: Pixel a Subpixel. Zdroj [Kovač] .....	17
Obrázek 16 Princip Twisted Nematic. Zdroj [upraveno podle Kovač].....	19
Obrázek 17: Princip In-Plane Switching. Zdroj [upraveno podle Kovač] .....	20
Obrázek 18: Princip: Vertical alignment. Zdroj [upraveno podle Kovač] .....	21
Obrázek 19 Princip DMD čipu, zobrazena jsou dvě mikrozrcadla . Zdroj [Kuchař]23	
Obrázek 20 Ukázka duhového efektu, kruhy jsou bílé barvy. Zdroj [Kuchař] .....	24
Obrázek 21 Princip jednočipových DLP projektorů. Zdroj [Reichl, Všeticka, DLP	

projektory] .....	25
Obrázek 22 Princip tříčipových DLP projektorů. Zdroj [Reichl, Všeticka, DLP projektorů]. .....	26
Obrázek 23 Princip LCOS. Zdroj [upraveno podle the free dictionary] .....	27
Obrázek 24 Vzdálenost projektoru od promítací plochy. Zdroj [ADTECH].....	29
Obrázek 25 Ukázka lichoběžníkové deformace a její korekce. Zdroj [Projectars & AV] .....	30
Obrázek 26 Půdorysný náčrt učeben. Zdroj [vlastní] .....	35
Obrázek 27 Půdorysný náčrt učebny. Zdroj [vlastní] .....	37
Obrázek 28 Půdorysný náčrt projekčního sálu. Zdroj [vlastní] .....	41
Obrázek 29 Půdorysný náčrt zájmové místnosti. Zdroj [vlastní ] .....	43

## 10 Seznam tabulek

Tabulka 1 Výběr projektorů pro prezentaci .....	34
Tabulka 2 Výběr Interaktivní projekce .....	37
Tabulka 3 Výběr přenosných projektorů.....	39
Tabulka 4 Výběr projektorů do promítacího sálu .....	40
Tabulka 5 Výběr projektorů do zájmové místnosti.....	43

# 11 Přílohy



UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ  
Fakulta informatiky a managementu  
Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové, tel: 493 331 111, fax: 493 332 235

## Zadání k závěrečné práci

Jméno a příjmení studenta:

**Jiří Vokřál**

Obor studia:

Aplikovaná informatika

Jméno a příjmení vedoucího práce:

**Josef Lounek**

Název práce:

**Videoprojekce - problémy a řešení v praxi**

Název práce v AJ:

Video projection - problems and solutions in practice

Podtitul práce:

Podtitul práce v AJ:

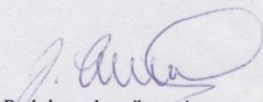
Cíl práce: Seznámení se základními principy projekce. Vytvořit návrh vybavení projekční technikou pro vzdělávací instituci.

Osnova práce:

1. Úvod
2. Cíle a metodika práce
3. Teoretická část
  - 3.1) Technologie promítání obrazu
  - 3.2) Principy virtuální tabule
  - 3.3) Projekční plochy a prezentace
4. Praktická část
  - 4.1) Příprava návrhu
  - 4.2) Vlastní návrh
  - 4.3) Ověření
5. Shrnutí výsledků
6. Závěr

Projednáno dne: 15. 10. 2012

Podpis studenta *Vokřál*

  
Podpis vedoucího práce

15.10.2012 12:27