

# Věrnost digitálního zobrazení

Tomáš Jakubec

Diplomová práce, 2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací  
Ateliér Reklamní fotografie  
akademický rok: 2015/2016

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **BcA. Tomáš Jakubec**  
Osobní číslo: **K12417**  
Studijní program: **N8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Multimédia a design – Reklamní fotografie**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **1. Teoretická část:**  
**Věrnost digitálního zobrazení**

**2. Praktická část:**  
**a) autorská publikace:**  
**Na zemi**  
**b) volný výstavní soubor:**  
**Všechno**

Rozsah diplomové práce: viz Zásady pro vypracování  
Rozsah příloh: viz Zásady pro vypracování  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/umělecké dílo

Seznam odborné literatury:

doporučené zdroje:

veškerá dostupná odborná literatura a webové stránky vztahující se k tématu po konzultaci s vedoucím práce.

Vedoucí teoretické části: **MgA. Robin Závodný**

Vedoucí praktické části: **Mgr. Lucia Fišerová**  
Kabinet teoretických studií

Datum zadání diplomové práce: **2. listopadu 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2016**

Ve Zlíně dne 1. prosince 2015

doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.

*Janicka*



doc. MgA. Jaroslav Prokop  
*vedoucí ateliéru*

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně .....11. 12. 2015.....

BcA. Tomáš Jakubec

.....  
Jméno, příjmení, podpis

*1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:*

*(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.*

*(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

*(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

*2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

*(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

*3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

*(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odprá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

*(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

*(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

*Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.*

# ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá digitálním obrazem, jeho zpracováním a zobrazením z hlediska jeho věrnosti k původně zachycené skutečnosti, tedy především médiem digitální fotografie. Popisuje správný postup zpracování digitálních obrazových dat od pořízení fotografie až po jejich zobrazení na digitálních displejích z hlediska nejvyšší možné dosažitelné barevné a tonální věrnosti v rámci současných běžně dostupných technologií. Taktéž zkoumá současné možnosti a parametry počítačových monitorů.

Text je koncipován jako esenciální průvodce světem digitálního obrazu především pro fotografy, nejedná se však o praktickou příručku pro veškeré možné situace.

Klíčová slova: *správa barev, věrnost, digitální obraz, fotografie, kalibrace, LCD, monitor, displej*

# ABSTRACT

This diploma thesis focuses on various parameters of still digital image, in particular on faithfulness of this format to the originally depicted reality, i.e. primarily via the medium of digital photography. The thesis deals with the whole workflow of processing the digital image data all the way from the initial camera capture to the final display, with focus on the highest possible color and tonal accuracy within the scope of the present-day technology. Additionally, the thesis deals with the technology and parameters of contemporary computer displays. The whole text is an essential guide through the world of digital imaging, particularly for photographers. However, it is not meant as a practical step-by-step manual for every single possible situation.

Key words: *color management, accuracy, faithfulness, digital image, photography, LCD, calibration, display*

# OBSAH

<b>Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>Obraz</b> .....	<b>3</b>
Historický exkurz	3
Oko	4
Barevné prostory (gamuty)	5
Pointerův gamut	6
Barevné modely	6
CMYK	6
RGB	6
Nezávislé barevné modely	7
<b>Digitální obraz</b> .....	<b>8</b>
Bitmapa	8
Barevný model	9
Barevná hloubka	9
Barevný prostor (gamut)	10
Normy barevných prostorů	11
sRGB	11
Adobe RGB	11
ProPhoto RGB	12
Barevný profil ICC	12
Barevná teplota	12
Gamma	13
Rozlišení a rozlišení	13
Rozlišení v pixelech	14
Rozlišení v dpi	14
Datové obrazové formáty	16
Bezztrátová komprese	16
Ztrátová komprese	16
Bity a byty	17
Shrnutí	18
<b>Záznam obrazu</b> .....	<b>19</b>
Kalibrace fotoaparátu	20
Vyvolání RAW	21
<b>Správa barev</b> .....	<b>23</b>
Převod mezi gamuty	23
Metody převodu	24
Relativní kolorimetrická	25
Perceptuální	25
Převod do profilu, Přiřazení profilu	26
Nastavení grafického editoru	26
Převzorkování	27
Převzorkování pro tisk	28
<b>Zobrazovače</b> .....	<b>31</b>

Vakuová obrazovka	31
Tekuté krystaly	31
Plazma	32
Organické diody	32
<b>LCD .....</b>	<b>34</b>
Úvod	34
Parametry	35
Velikost a poměr stran	35
Rozlišení	35
Jas	36
Kontrast	36
Barevná hloubka	37
Podsvícení	37
Gamut	38
Pozorovací úhly	38
Doba odezvy	39
Obnovovací frekvence	40
Povrch obrazovky	40
Ostatní faktory	40
Typy LCD panelů	41
TN Film (Twisted Nematic + Film)	41
VA (Vertical Alignment)	41
IPS (In Plane Switching)	42
Shrnutí	42
<b>Kalibrace monitoru .....</b>	<b>44</b>
Proces kalibrace	44
LUT	45
Cílové parametry	46
Okolní osvětlení	46
Přesnost kalibrace	47
Kalibrační sondy	49
Kolorimetr	49
Spektrofotometr	49
Typy kalibrací	49
Softwarová kalibrace	49
Hardwarová kalibrace	51
Vizuální kalibrace	51
Stálost kalibrace	52
Shrnutí	52
<b>Praktické workflow .....</b>	<b>53</b>
Příklad	53
<b>Závěr .....</b>	<b>56</b>
<b>Seznam zdrojů .....</b>	<b>58</b>
Knižní zdroje	58
Internetové zdroje	58

# ÚVOD

Když kolem roku 1826 exponoval *Nicéphore Niépce* svou vůbec první fotografii na světě<sup>1</sup>, jistě si nepředstavoval, že o nějakých 150 let později bude technicky téměř dokonalý a realitě věrný fotografický obraz všudypřítomnou a běžnou součástí doby. Fotografie a film se stali samozřejmostí mezilidské komunikace do takové míry, že se začal vytrácet jejich prapůvodní cíl – snaha o co nejpřesnější a nejvěrnější zachycení skutečnosti, které je následně opět věrně reprodukováno a zobrazováno.

V současnosti tuto úlohu všude kolem nás plní téměř výlučně digitální obraz. Na každém rohu září reklamní poutače, televize, displeje mobilních telefonů a tabletů. Obrazovky se staly nosičem velké části informačních médií a všudypřítomný digitální obraz je mimo jiné i zprostředkovatelem, komplementem či náhradou hmotného umění. Jak reprodukce umění, tak i užité fotografie produktů kladou nejvyšší nároky na věrnost a kvalitu zobrazení, neboť je možné zcela změnit či posunout jejich význam, pokud není dodržena přesnost reprodukce. V extrémních případech pak může divák vnímat umělecké dílo zcela odlišně od původního záměru autora či si z internetového obchodu dle fotografie zakoupit údajně červený automobil, jehož barva je ve skutečnosti fialová.

Při vzrůstající tendenci k odklonu od tištěných materiálů k čistě elektronické formě distribuce vizuálního obsahu je správné zachycení, zpracování a kvalitní, věrné zobrazení digitálního obrazu (tedy především fotografií) zcela aktuální disciplína – bohužel však často přehlížená jak jeho tvůrci, tak i konzumenty.

Tématem této práce je správný postup zpracování digitálních obrazových dat od pořízení fotografie až po jejich zobrazení na digitálních displejích z hlediska nejvyšší možné dosažitelné barevné a tonální věrnosti v rámci současných běžně dostupných technologií. Text je koncipován jako esenciální průvodce světem digitálního obrazu a zobrazení především pro fotografy. Zabývá se také současnou situací na poli počítačových monitorů<sup>2</sup>, jejich technologickými možnostmi, parametry a problémy spojené s věrným zobrazením.

O *správě barev* (což je disciplína zabývající se právě zachováním věrného obrazu napříč různými zařízeními) v počítači a digitální fotografii bylo napsáno a publikováno

---

<sup>1</sup> MRÁZKOVÁ, Daniela. Příběh fotografie. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 1985. Máj (Mladá fronta).

<sup>2</sup> jejichž vlastnosti jsou platné i pro ostatní současně dostupné zobrazovače, jako televizory, displeje mobilních zařízení apod.

již mnoho, existují excelentní a komplexní příručky (jako jsou i ty, ze kterých tato práce čerpá<sup>3</sup>). Jsou to ovšem většinou objemné publikace o stovkách stran, které celou problematiku řeší příliš teoreticky, technicky a obsáhle. Z tohoto důvodu jsou technické termíny a postupy dle mého názoru všeobecně zahaleny do jakéhosi (zbytečného) mýtu složitosti. Jsou tudíž nechápany, přehlíženy či je s nimi nakládáno nesprávným způsobem.

Tohoto fenoménu se tato práce snaží vyvarovat. Přestože se její rozsáhlost může zdát velká a obsah složitý, zabývá se výhradně takovými skutečnostmi, které přímo souvisí se správným zpracováním digitálního obrazu a vychází z mých osobních reálně ověřených zkušeností z této oblasti.

Práce neobsahuje praktické průvodce krok po kroku pro konkrétní zařízení a situace, stejně tak se nesnaží obsáhnout všechny možné scénáře, které mohou v rámci problematiky správy barev nastat. Obsahuje takové teoretické poznatky, které umožní jejímu čtenáři se orientovat v dané problematice natolik, aby zvládl sám aplikovat nabyté vědomosti v praxi v různých situacích.

---

<sup>3</sup> Viz kapitola *Seznam zdrojů*

# OBRAZ

Tato úvodní kapitola obsahuje stručné shrnutí základních pojmů a principů, na jakých funguje skladba reálného obrazu a jakým způsobem jej vnímá člověk – tedy veškeré výchozí skutečnosti pro následný vznik a zpracování digitálního obrazu.

Námi vnímaná vizuální realita je v technické terminologii označena jako *skutečný obraz*. Není to nic jiného, než světlo, které vnímáme zrakem a následně jej převádíme v mozku na vizuální vjem – tedy na barevný obraz.

Světlo je specifická část vlnových délek elektromagnetického záření, kterou je právě lidské oko schopné vnímat a mozek jej následně převádět na barevný obraz. Jiní živi tvorové a přístroje mohou být schopni zpracovávat odlišný rozsah vlnových délek a chápat tedy skutečný obraz odlišně.

Podrobnější poznatky o skladbě obrazu, světla a fyziologii lidského oka jsou obsahem učiva fyziky či biologie, k pochopení obsahu této diplomové práce víceméně nejsou nutné znát. Ke správné práci s digitálním obrazem a jeho zobrazením není třeba žádných složitých vzorců či obsáhlých teorií – postačuje logické myšlení, zdravý rozum a poznatky obsažené v této práci.

## Historický exkurz

V průběhu věků se problematikou světla, obrazu a barev zabývalo nespočet filosofů a vědců. Důležitým milníkem byla *Aristotelova* definice barevné teorie a stanovení základních odstínů barev. Pojetí této teorie bylo spíše filosofického rázu a později ji již čistě vědeckým přístupem vyvrátil *Isaac Newton*. Ten dokázal, že zdánlivě bílé sluneční světlo se skládá z mnoha barevných odstínů, z nichž právě jen některé jsme schopni okem zachytit. Tyto odstíny označujeme jako viditelné barevné spektrum, tedy specifický rozsah vlnových délek elektromagnetického záření.<sup>4</sup>

Na těchto fyzikálních základech stojí i současné principy digitálního zobrazení a veškerá teorie správy barev v počítači.

---

<sup>4</sup> ŠIML, David. Správa barev. Praha, 2012. Diplomová práce. Str. 8

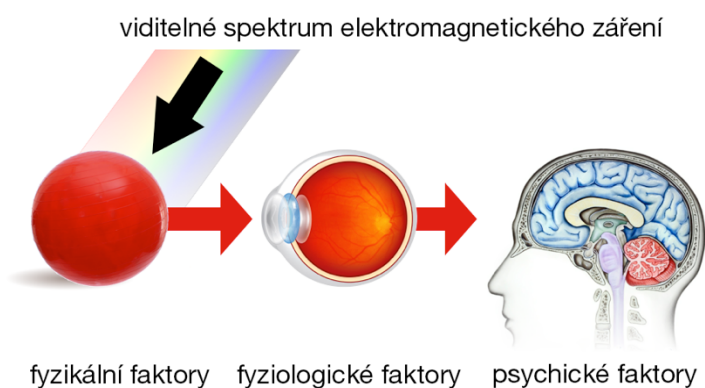
## Oko

Komplexní problematika barev a jejich vnímání člověkem je nesmírně komplikovanou a dosud ne úplně jasnou záležitostí, ve které hraje roli nespočet fyziologických, psychologických a samozřejmě fyzikálních faktorů. Každý člověk vnímá barvy individuálně, ale konstantně v relaci k ostatním barvám – tedy určitou vlnovou délku vnímá vždy jako konkrétní barvu, pro kterou má své zažité označení.

Například známý rozpor mezi tím, co je fialová a co růžová barva je podmíněn veskrze psychologickým vnímáním barvy. Každý člověk vidí svůj vlastní odstín růžové či fialové a podle toho ji označuje, ovšem reálně každý vidí naprosto stejnou vlnovou délku viditelného spektra, jen ji v mozku převádí mírně odlišným způsobem a následně ji označuje dle zkušeností, výchovy a naučených zvyklostí.

Lidská psychika také neustále vyvažuje vnímání barev na základě odstínu okolního osvětlení v závislosti na tom, jak jsou které barvy umístěny vedle sebe a také pravděpodobně dle nálady a mnoha dalších faktorů (či poruch, např. *daltonismus*<sup>5</sup>). Za jistých podmínek dokonce může člověk vnímat různé předměty odlišných barev jako stejnobarevné apod.<sup>6</sup>

Naštěstí se barvy dají matematicky zcela pragmaticky určit a označit, k čemuž slouží tzv. *barevné modely* a *barevné prostory* (viz kapitoly níže). V rámci práce s barvami digitálního obrazu nelze brát v potaz výše popsané psychologické a ostatní faktory, které ovlivňují individuální vnímání barev konkrétních jednotlivců – počítačový zápis barvy pracuje výlučně s její vlnovou délkou<sup>7</sup> a s tím, jak ji správně zobrazit.



Obr. 1 Vnímání obrazu člověkem

<sup>5</sup> Barvoslepost. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Barvoslepost>

<sup>6</sup> *Metamerizmus* – viz. FRASER, Bruce, Chris MURPHY a Fred BUNTING. Real world color management. 2nd ed. Berkeley, CA: Peachpit Press, 2005. ISBN 02-017-7340-6. Str. 12

<sup>7</sup> Přesněji rozsah vlnových délek světla, které odráží objekt, jemuž přiřazujeme danou barvu.

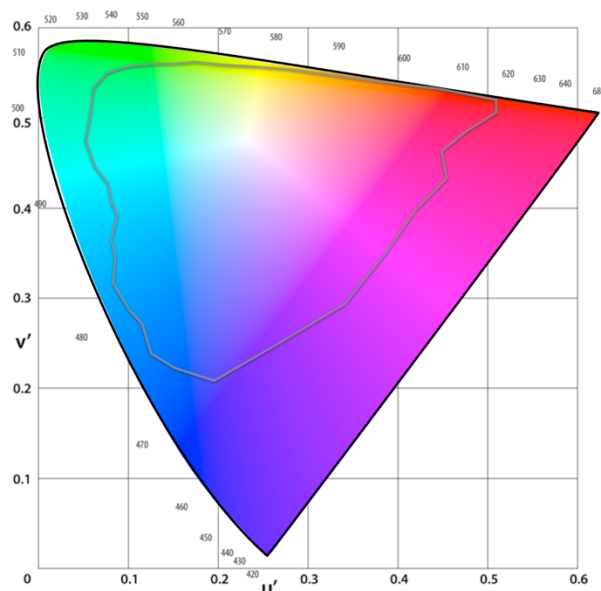
## Barevné prostory (gamuty)

Aby bylo možné matematicky vyjádřit rozsah barev, vznikly na počátku 20. století studie instituce *International Commission on Illumination (CIE)*<sup>8</sup>, které pevně stanovily matematický diagram rozsahu barev viditelných běžným průměrným okem.

Dle tohoto diagramu nazvaného *CIE 1931  $xy^9$*  dle roku svého vzniku se dodnes odvozuji tzv. barevné prostory, které určují v jakém rozsahu barev mohou operovat digitální datové soubory a zařízení, která s nimi pracují a zobrazují je.<sup>10</sup>

Diagram CIE si lze zjednodušeně představit jako malířskou paletu, na které jsou namíchané veškeré možné odstíny barev, které může vnímat běžný zdravý člověk.<sup>11</sup>

*Barevný prostor*, taktéž nazývaný *gamut*, je pak konkrétním výsekem tohoto diagramu, či jej ve výjimečných případech přesahuje<sup>12</sup> (což znamená, že obsahuje i barvy neviditelné lidskému oku).



- CIE 1931 (všechny viditelné barvy)
- Pointerův gamut (reálně existující barvy)

Obr. 2 Diagram barevného prostoru CIE

<sup>8</sup> V angličtině The International Commission on Illumination, <http://www.cie.co.at>

<sup>9</sup> Později byl tento standard nahrazen novějším a přesnějším CIE 1971 – Color Space Confusion. Dot Color [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://dot-color.com/tag/chromaticity-diagram/>

<sup>10</sup> GREY, Tim. Color confidence: the digital photographer's guide to color management. 1st ed. Alameda, CA: Sybex, Inc, 2004. ISBN 07-821-4316-4. Str. 9

<sup>11</sup> Neobsahuje však konkrétní barvy tak jako reálná malířská paleta, neboť pracuje na základě imaginárních primárních barev (určených na základě fyziologické odezvy lidského oka), z nichž definuje všechny ostatní.

<sup>12</sup> např. barevný prostor *ProPhoto RGB*

## Pointerův gamut

Je třeba poznamenat, že rozsah barev gamutu *CIE 1931* je velmi teoreticky stanoven jako veškerý možný rozsah barev, který dokáže zaznamenat průměrné zdravé lidské oko. Tento teoretický rozsah ovšem neodpovídá tomu, s čím se lze setkat v reálném světě – tedy barvami, které odráží skutečné předměty a povrchy.

Tento rozsah stanovil mnohem přesněji ve svém výzkumu z roku 1980 Michael R. Pointer v tzv. *Pointerově gamutu* na základě měření u více než 4000 reálných předmětů a povrchů. To znamená, že všechny barvy, které vznikají odrazem od povrchu předmětů z jakéhokoliv reálného materiálu (např. od listí stromů až po vzácné kovy) jsou obsaženy uvnitř *Pointerova gamutu*.

Pro potřeby určování a měření barev, které opravdu potřebujeme v praxi zachycovat a zobrazovat, je tedy tento gamut ideální. Nicméně, standart *CIE 1931* se stále užívá jako všeobecné kritérium a východisko pro všechny standardní používané barevné prostory.<sup>13</sup>

## Barevné modely

Pro potřeby matematického vyjádření barvy existuje několik barevných modelů – tedy způsobů, jak z několika základních barev namíchat všechny ostatní.

Tyto modely vycházejí z reálného světa a číselně popisují to, co si můžeme analogicky představit jako míchání barev na malířské paletě (*subtraktivní způsob*), resp. osvětlování bílé plochy různobarevnými světly (*aditivní*).

### CMYK

CMYK je subtraktivním způsobem míchání barev. Odstíny barev se získávají kombinací čtyř primárních barev: *Cyan* – azurová, *Magenta* – purpurová, *Yellow* – žlutá, *black* – černá.

### RGB

RGB je aditivním způsobem míchání. Barevné odstíny se získávají kombinací tří primárních barev: *Red* – červená, *Green* – zelená, *Blue* – modrá

---

<sup>13</sup> Pointerovu gamutu mají nejbližší rozsahem svých barev prostory *Adobe RGB* či *DCI-P3* (mimo jiné prostor, který se stává standardem u obrazovek všech zařízení firmy Apple). Viz *DCI-P3*. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/DCI-P3>

## Nezávislé barevné modely

Existují i další, tzv. nezávislé, barevné modely. Patří mezi ně např. *HSL* či *LAB* a užívají se při práci s digitálními datovými soubory v grafickém editoru, taktéž slouží k převodu mezi závislými modely *RGB* a *CMYK*. Tyto modely nemají v reálném světě žádný ekvivalent a jsou čistě matematicky zformulované na základě fyziologie lidského oka. Jsou tedy teoreticky mnohem přesnější, ovšem těžko reálně uchopitelné v praxi kvůli jejich abstraktní podstatě.



Obr. 3 Aditivní (*RGB*) a subtraktivní (*CMYK*) barevné modely

# DIGITÁLNÍ OBRAZ

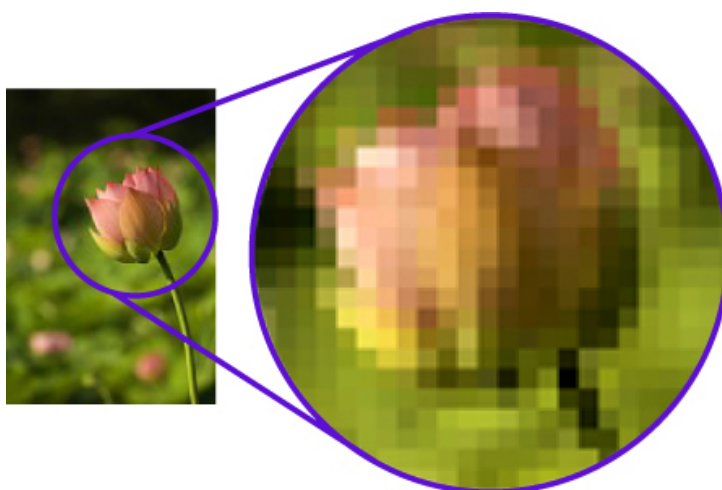
Všeobecně je termín digitální obraz poněkud mnohoznačný pojem. Může označovat jednoduše reálný obraz převedený do digitální podoby (tedy fotografie či naskenovaný obraz), taktéž označuje počítačovou grafiku, která vznikla čistě virtuálně v počítači a stejně tak již zobrazený obraz na různých displejích, které pracují digitálně (kde označení digitální slouží jako způsob odlišení od jejich starších analogových předchůdců).

Každopádně v rámci této práce je digitální obraz označení pro datový soubor, který je číselným záznamem reálného barevného obrazu.<sup>14</sup>

Tento datový soubor se definuje pomocí několika parametrů. Správné porozumění a nakládání s těmito parametry je zásadní pro jakoukoliv práci s obrazem v počítači.

## Bitmapa

Běžně termín digitální obraz označuje bitmapový, neboli *rastrový* obraz<sup>15</sup>, což je soubor pravidelně uspořádaných barevných obrazových bodů (*pixelů*), které reprezentují původní reálný obraz (podobně jako mozaika)<sup>16</sup>.



Obr. 4 Příklad bitmapy

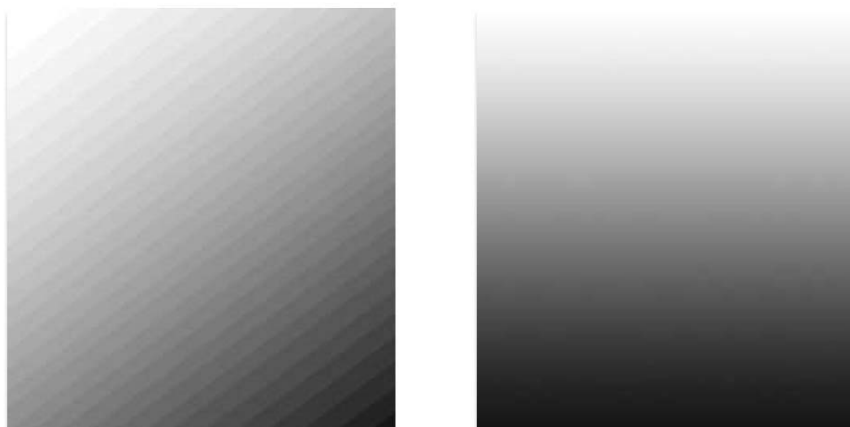
<sup>14</sup> Digital image. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_image](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_image)

<sup>15</sup> Tamtéž

<sup>16</sup> Další typ digitálního obrazu je *vektorový*, kde se obraz skládá z křivek popsanych matematickou funkcí. Tento typ obrazu se používá u grafiky, písma apod., kde není nutné zaznamenávat či vytvářet realistický obraz skutečnosti (fotografie, malba).

## Barevný model

Barvy jednotlivých pixelů digitálního obrazu jsou zaznamenány matematickými barevnými modely (popsanými v kapitole Obraz), nejčastěji *RGB* pro práci s obrazem v počítači a zobrazení na monitorech, *CMYK* pak pro tiskový výstup.



*Obr. 5 Ukázka 8bitové (vlevo) a 16bitové (vpravo) barevné hloubky černobílého obrazu. Vlevo lze vidět příklad tzv. posterizace (bandingu), tedy neplynulé přechody vznikající při nedostatečné bitové hloubce.*

## Barevná hloubka

Počet jedinečných barev, které může digitální obraz obsahovat, není neomezený – určuje ho bitová hloubka obrazu. Běžně se používají soubory s 8 a 16 bitovou barevnou hloubkou, které umožňují zobrazit  $2^8$ , resp.  $2^{16}$  barev v jednom barevném kanálu<sup>17</sup>.

Barevný kanál je označení pro primární barvy barevného modelu, ze kterých se míchají všechny ostatní odstíny. RGB model má tedy tři kanály – červený, zelený a modrý (red, green, blue z anglického názvu). Červená barva v RGB zápisu 8 bitového souboru je tedy vyjádřena maticí  $RGB [255, 0, 0]^{18}$ , u 16 bitového  $RGB [65535, 0, 0]$ .

Například obraz kódovaný v barevném modelu RGB s barevnou hloubkou 8 bitů tedy může obsahovat  $2^8$  různých barev v červeném, zeleném i modrém kanálu. Jednoduchým výpočtem všech možných kombinací tedy zjistíme maximální počet zobrazitelných jedinečných barev:  $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$  barev

<sup>17</sup> 1 bit je datová jednotka, která umožňuje uložit dvě různé hodnoty (0 nebo 1). Např. 8 bitů tedy umožňuje uložit  $2^8$  hodnot, tedy 256 (0-255).

<sup>18</sup> Např.  $RGB [122, 0, 0]$  je pak tmavší červená barva atd.

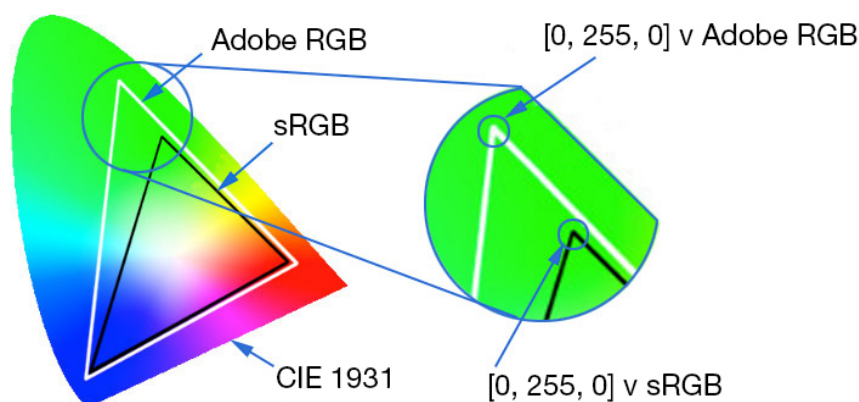
16 bitový obraz pak umožňuje přes 280 bilionů zobrazitelných barev. Dnešní běžně komerčně dostupné monitory dokáží zobrazit barevnou hloubku 8 bitů<sup>19,20</sup>. Výhody 16 bitového zpracování obrazu spočívají především v širších možnostech editace (obraz obsahuje mnohem více informací, i když nejsou přímo zobrazené) a při tisku.

## Barevný prostor (gamut)

Barevný model s určenou barevnou hloubkou pro interpretaci výsledné barevnosti digitálního obrazu nestačí. Je třeba definovat přesný rozsah barev, který může obraz obsahovat, což se provádí přiřazením barevného prostoru k obrazovému datovému souboru.

Výsledná barevnost digitálního obrazu je tedy definována bitovou hloubkou, která určuje, kolik jedinečných barev může digitální obraz obsahovat, ovšem pouze v rozsahu barev vymezených přiřazeným barevným prostorem (gamutem).<sup>21</sup>

Přiřazením barevného prostoru se tedy absolutní RGB hodnoty obrazu nezmění, pouze se interpretují jako odlišný odstín v závislosti na tomto přiřazeném prostoru (viz obrázek).<sup>22</sup>



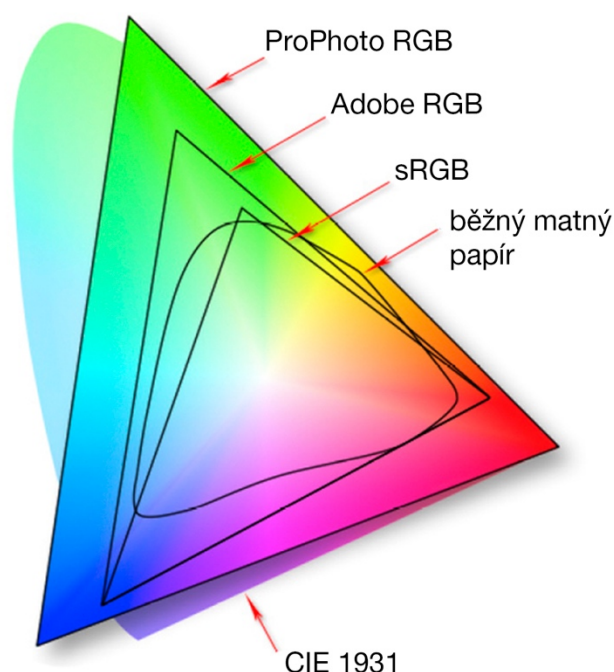
Obr. 6 Plně zelená barva znázorněná v prostorech sRGB a Adobe RGB

<sup>19</sup> Levné nekvalitní monitory pracují pouze s 6 bity a naopak některé profesionální grafické monitory dosahují hloubky 10 bitů, pro toto zobrazení je ovšem nutné splnit kompletní 10bitový workflow od operačního systému, grafického softwaru až po výstup grafické karty počítače.

<sup>20</sup> Lze se také setkat s pojmem 24bitový display, neboli True Color, což není nic jiného než součet všech bitů v jednotlivých kanálech, tedy  $3 \times 8 \text{ bit} = 24 \text{ bit}$ . Viz. Color depth. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_depth#True\\_color\\_.2824-bit.29](https://en.wikipedia.org/wiki/Color_depth#True_color_.2824-bit.29)

<sup>21</sup> The difference between 'color gamut' and 'bit depth'. Dot Color [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://dot-color.com/2011/10/08/the-difference-between-color-gamut-and-bit-depth/>

<sup>22</sup> FRASER, Bruce, Chris MURPHY a Fred BUNTING. Real world color management. 2nd ed. Berkeley, CA: Peachpit Press, 2005. ISBN 02-017-7340-6. Str. 94



Obr. 7 Znárodnění různých barevných prostorů v rámci diagramu CIE 1931

## Normy barevných prostorů

Existuje mnoho referenčních norem barevných prostorů, které se liší rozsahem barev a způsobem využití. Nejpoužívanější prostory pro zpracování a zobrazení obrazu v digitální fotografii v modelu RGB jsou následující<sup>23</sup>:

### sRGB

Dlouhodobým standardem pro počítačové monitory a web je prostor *sRGB*<sup>24</sup>, který obsahuje jistý počet barev, ale chybí mu například velký rozsah zelených a modrých odstínů vzhledem k tomu, co jsme schopni vnímat okem (dle *CIE 1931*), či tomu, co umožňuje výstup některých kvalitních tiskáren. Ačkoliv je *sRGB* nejrozšířenější normou, pokrývá pouze 35% prostoru *CIE 1931*.

### Adobe RGB

Další normy, jako je *Adobe RGB* či *DCI-P3*, pokrývají mnohem širší rozsah barev diagramu CIE (zhruba 50%). Tyto prostory jsou často označovány jako tzv. wide-gamut prostory. Jsou vhodné pro práci s digitálním obrazem či jeho archivaci se zachováním mnoha barevných tónů.

<sup>23</sup> Existuje samozřejmě i nespočet norem barevných prostorů pro tiskové CMYK modely.

<sup>24</sup> Opět s výjimkami – levné monitory nedokážou obsáhnout celé spektrum *sRGB*, zatímco jisté grafické panely jsou schopny zobrazit i plný *Adobe RGB* prostor.

## ProPhoto RGB

Velmi široký prostor *ProPhoto RGB* obsahuje i barvy za hranicí okem viditelného spektra.<sup>25</sup> Některé moderní digitální fotoaparáty jsou schopné tyto barvy zachytit. Prostor je vhodný především pro práci s digitálním obrazem v grafických programech.

## Barevný profil ICC

Barevný prostor (gamut) v digitálním světě reprezentuje barevný profil – tzv. *ICC profil*<sup>26</sup>. Každý digitální obrazový soubor by v sobě měl nést tento *ICC profil*, ve kterém je zaznamenáno, v jakém barevném prostoru daný soubor operuje a říká počítači, jak jej správně interpretovat.

Taktéž každé zařízení pracující s digitálním obrazem (monitory, skenery, fotoaparáty) má přiřazen svůj vlastní *ICC profil*, který reprezentuje přesný rozsah barev, se kterým dané zařízení umí pracovat a nemusí být shodný s žádnou konkrétní normou barevného prostoru.

Rovněž všechny tiskárny a papíry mají své profily, které reprezentují jejich tiskové barevné možnosti.

## Barevná teplota

Při pozorování okolí lidský zrak neustále vyvažuje vnímání všech barev na základně tzv. bílého bodu neboli barevné teploty obrazy. To umožňuje vnímat např. barvu papíru jako opravdu bílou jak za plného poledního slunce, tak pod světlem zářivky, přestože má ve skutečnosti každý světelný zdroj jinou barvu, která samozřejmě ovlivňuje reálný odstín bílé barvy (a stejně tak všech ostatních barev).

Barva osvětlení je tedy určena tzv. *barevnou teplotou*, definovanou v kelvinech (K). Standardně se pracuje s barvou bílého bodu  $6\,500\text{ K}$ , což je standardizovaná teplota slunečního světla (na tuto hodnotu se také nastavují monitory). Při západu slunce tato teplota klesá k hodnotě  $2\,800\text{ K}$  (obdobnou hodnotu má i žárovka), zamračená obloha naopak změní teplotu až k hodnotám okolo  $8\,000\text{ K}$ .

Bílý bod je vrchol jasů v daném gamutu, tedy nejjasnější bod celé podmnožiny barev na diagramu CIE (umístěn uprostřed diagramu).

---

<sup>25</sup> ŠIML, David. Správa barev. Praha, 2012. Diplomová práce. Str. 29

<sup>26</sup> ICC profily byly zavedeny v devadesátých letech společenstvím několika firem, tzv. International Color Consortium (tedy ICC) a fungují nezávisle na zařízeních a operačních systémech. Viz. FRASER, Bruce, Chris MURPHY a Fred BUNTING. Real world color management. 2nd ed. Berkeley, CA: Peachpit Press, 2005. ISBN 02-017-7340-6. Str. 85

Nekorigovaný digitální záznam obrazu ovšem žádnou korekci jako lidský zrak neprovádí. Je tedy nutné provést tzv. vyvážení bílé, tedy korigovat digitální obraz pro lidský zrak.



Obr. 8 Stejný obraz s odlišným nastavením vyvážení bílé.

## Gamma

Lidské oko vnímá rozsahy tmavých a světlých tónů v odlišné intenzitě, na rozdíl od digitálních fotoaparátů či monitorů, které s nimi pracuje lineárně. *Gamma křivka*, neboli gradační korekce, tuto skutečnost koriguje.

V praxi *gamma křivka*<sup>27</sup> ovlivňuje světlost středních tónů, zatímco okraje spektra nemění (nejsvětlejší a nejtmaší bod obrazu zůstává zachován).

Hodnota gamma je standardizována na 2.2 u většiny barevných prostorů, operačních systémů a především monitorů. Tuto hodnotu je třeba nutně dodržet v celém řetězci zpracovávající obraz, jinak se nesprávně změní světlost středních tónů obrazu.

Ve většině případů není nutné s gamma hodnotou pohybovat, neboť je již implicitně nastavena u každého zařízení.

## Rozlišení a rozlišení

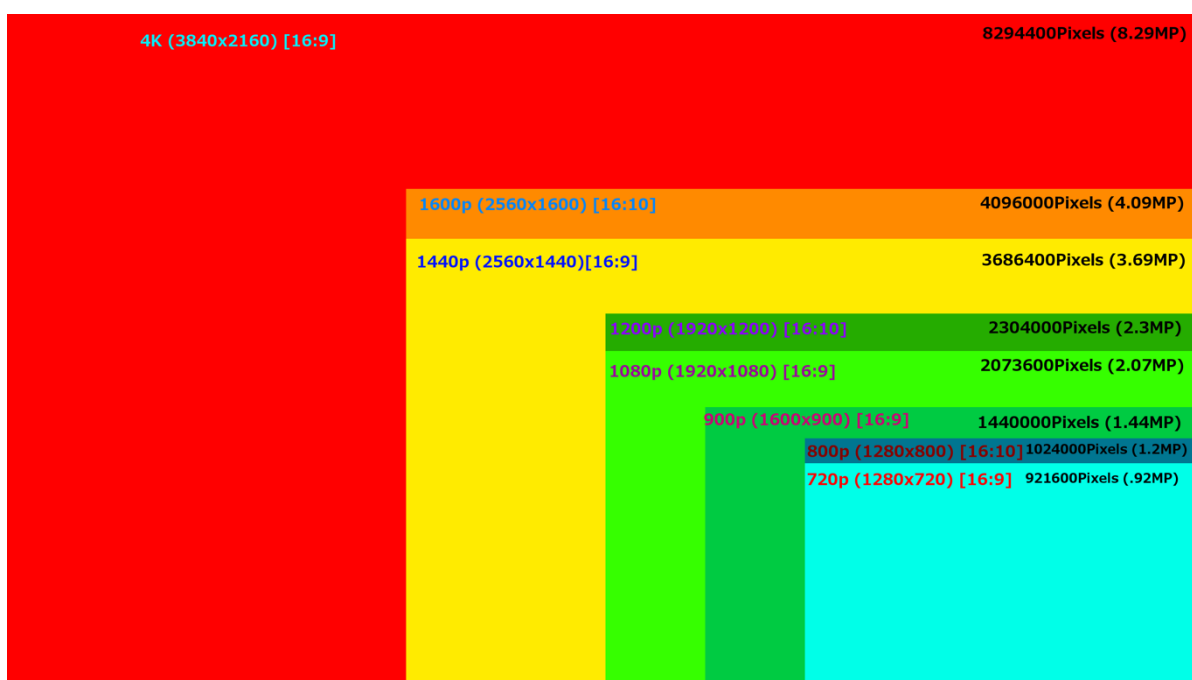
Primárně označuje rozlišení digitálního obrazu jeho absolutní rozměry v pixelech. Rozlišením se ovšem také označuje případ, kdy je třeba vyjádřit hustotu pixelů (tedy imaginárních jednotek) vztaženou na jednotku reálné plochy (tedy papír či plocha monitoru) – tedy „jemnost“ obrazu. Kvůli tomuto stejnému označení dvou různých termínů vzniká mnoho zbytečných nejasností, které ale mají jednoduché vysvětlení.

<sup>27</sup> Gamma křivka má tvar exponenciální funkce a její definovaná hodnota je exponentem dané křivky.

## Rozlišení v pixelech

Jedním z hlavních měřitelných parametrů kvality digitálního obrazu je jeho rozlišení udávané v pixelech. Čím více bodů je použito k zaznamenání obrazu, tím je logicky obraz detailnější, kvalitnější a „větší“. Jedná se o číselné vyjádření absolutní velikosti digitálního obrazu – označuje doslova virtuální rozměry plochy bitmapy.

Počet pixelů, který obraz definují, je měřen v jednotkách *Megapixelů*<sup>28</sup> či v prostém číselném rozměru šířky a výšky (např. 1920 x 1080 pixelů pro tzv. *FullHD*<sup>29</sup> rozlišení, které má po přepočtu rozlišení 1,12 Mpix).



Obr. 9 Různé standardy rozlišení obrazu

## Rozlišení v dpi

Rozlišení označující hustotu pixelů na jednotku reálné plochy nijak nedefinuje kvalitu či absolutní rozměry digitálního obrazu.

Primárně udává jednotka DPI (z anglického “dots per inch”, tedy bodů na palec) kvalitu výstupu tiskáren. Označuje počet bodů (kapek inkoustu), který je schopna tiskárna vytisknout na řádek o délce jednoho palce<sup>30</sup>. Čím více kapek inkoustu je obsaženo na ploše jednoho čtverečního palce papíru, tím je výsledný tisk jemnější a pro oko

<sup>28</sup> 1 Mpix, tedy 1 milion pixelů

<sup>29</sup> Existuje mnoho názvů pro standardizované rozlišení zobrazovačů se specifikovaným poměrem stran a počtem obrazových bodů (VGA, HD, 4K atd.). Jejich seznam a více informací lze nalézt na: Graphics display resolution. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics\\_display\\_resolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_display_resolution)

<sup>30</sup> 2.54

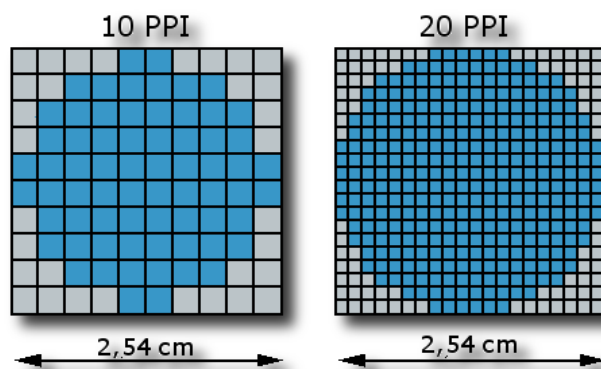
vypadá kvalitněji. DPI je tedy parametr přidružený k bitmapě až při tiskovém výstupu a samotný digitální obrazový soubor nijak neměnní. Obrázek s rozlišením 1 Mpix s přiřazenou hodnotou 10 dpi je naprosto stejný (a na obrazovce se stejně zobrazí) jako tentýž obrázek s přiřazenými 1000 dpi. Rozdíl je pouze ve výsledném tisku<sup>31</sup>.

Zmatenost označení u tohoto ale nekončí, neboť DPI je jednotka popisující výstup tiskárny, ne jednotka popisující obrazová data. Tudíž užití DPI v souvislosti s digitálním obrazem je nesprávné, jelikož počítač pracuje s pixely, což jsou fyzikálně bezrozměrné jednotky a DPI označuje kapky inkoustu, které fyzický rozměr mají (tento rozměr ale počítač dopředu nikdy nezná, zcela záleží na použité tiskárně).

Správné označení hustoty pixelů obrazových dat je PPI (pixels per inch, tedy počet obrazových, nikoli tiskových, bodů na jeden palec). PPI slouží jako koeficient při převodu obrazových dat na tisk a sděluje tiskárně požadované rozměry výsledného tisku.

Termín DPI a PPI se ovšem běžně zaměňuje i v prostředí profesionálních grafických programů (např. *Adobe Photoshop*).

Definice kvality rozlišení digitálního obrazového souboru se tedy udává vždy zásadně v pixelech (nikdy v DPI)<sup>32</sup> a hodnota DPI/PPI neovlivňuje nijak jeho kvalitu ani kvalitu jeho zobrazení na monitorech.



Obr. 10 Hustota pixelů na ploše 1 čtverečního palce

<sup>31</sup> DPI určuje nejen kvalitu tisku, ale i výslednou velikost obrazu na papíře – viz. kapitola *Správa barev*

<sup>32</sup> Často se lze setkat s tvrzením jako “pošlete mi obrazová data v kvalitě 300dpi”. Toto je samozřejmě nesmysl, neboť například při poslání souboru o rozměrech 1x1 pixelu s přiřazeným 300dpi tuto podmínku lze lehce splnit, ovšem výsledný obraz bude nepoužitelný.

## Datové obrazové formáty

Existuje několik datových formátů obrazových souborů s různými vlastnostmi<sup>33</sup>, jejichž kompletní popis a specifikace lze lehce dohledat na internetu či v jiných publikacích (viz. kapitola Seznam zdrojů). Pro potřeby tématu této práce je níže zjednodušený popis základních, nejdůležitějších formátů a jejich vlastností přímo ovlivňujících vlastní obraz a jeho kvalitu.

Obrazové formáty se primárně dělí na *nekomprimované*, *komprimované bezztrátově* a *komprimované ztrátově*. Komprimace (či komprese) je metoda využívající speciálních algoritmů ke zmenšení objemu dat potřebných k zapsání (samozřejmě nejen) obrazového souboru.<sup>34</sup>

Ne všechny obrazové formáty jsou kompatibilní se všemi typy softwaru a hardwaru. Bezpečné formáty všeobecně kompatibilní mezi různými platformami jsou *JPEG*, *PNG*, *GIF* a *TIFF*.

### Bezztrátová komprese

Bezztrátová (*lossless*) komprese umožňuje zmenšit velikost souboru bez jakékoliv ztráty dat či kvality obrazu<sup>35</sup>. Bezztrátová komprese ovšem vede k většímu zatížení zařízení při ukládání a otevírání těchto souborů (zpracování je složitější a vyžaduje více času).

Tento typ komprese je vhodný především pro archivaci a další práci se soubory. Mezi bezztrátové formáty patří *TIFF*, *PSD*, *PNG*<sup>36</sup> a další.

### Ztrátová komprese

Ztrátová (*lossy*) komprese zmenšuje velikost souboru za cenu ztráty části dat tak, aby se co nejvíce zachovala vizuální kvalita obrazu<sup>37</sup>. Množství ztráty dat závisí na zvolené úrovni komprese při ukládání souboru. Příliš vysoká míra komprese má za následek viditelnou ztrátu kvality obrazu.

---

<sup>33</sup> Specifické formáty umožňují ukládat více obrazových vrstev, průhlednost, či odlišnou bitovou hloubku obrazu

<sup>34</sup> Image file formats. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_file\\_formats](http://en.wikipedia.org/wiki/Image_file_formats)

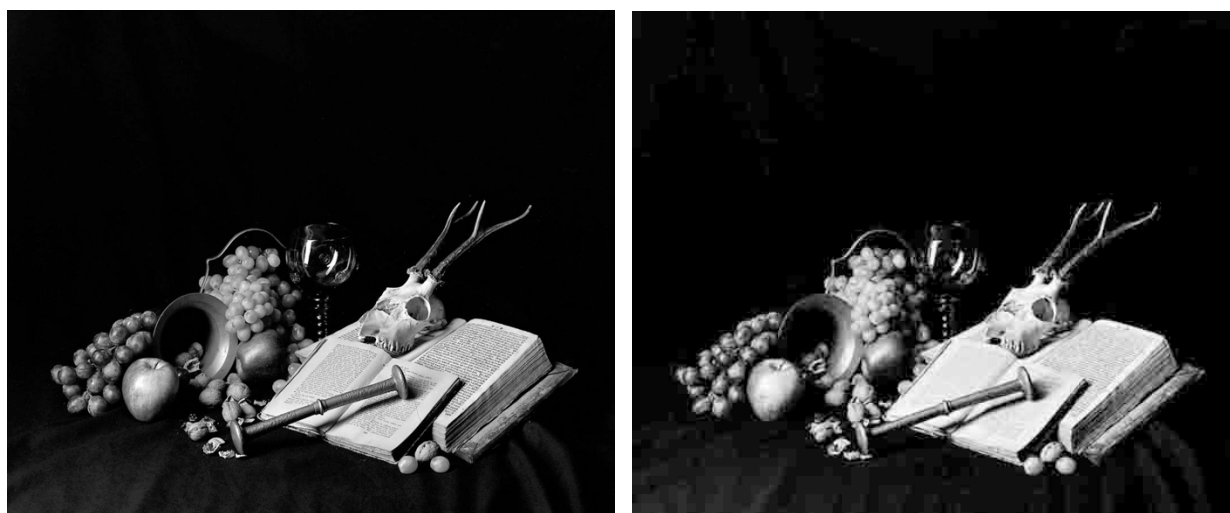
<sup>35</sup> Lossless Compression. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [h https://en.wikipedia.org/wiki/Lossless\\_compression](https://en.wikipedia.org/wiki/Lossless_compression)

<sup>36</sup> Tyto formáty také umožňují volbu mezi žádnou, bezztrátovou či ztrátovou kompresí.

<sup>37</sup> Lossy Compression. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lossy\\_compression](https://en.wikipedia.org/wiki/Lossy_compression)

Ztráta kvality je také patrná především při další práci se souborem v grafických programech. Nejhorší je situace, kdy se již jednou ztrátově komprimovaný soubor znovu ukládá a komprimuje.

Ztrátová komprese je vhodná především pro zobrazení na webu. Nejběžnějším datovým formátem se ztrátovou kompresí je *JPEG*.



Obr. 11 Stejný obraz komprimovaný bezztrátovou (nalevo) a ztrátovou (napravo) kompresí

## Bity a byty

Velikost souborů v počítači se měří jednotkou byte (v češtině občas přepisováno jako bajt, značeno velkým písmenem *B*, resp. *kilobyte* jako *kB* apod..). *1 byte* je jednotka skládající se z *8 bitů*, což jsou základní datové jednotky umožňující uložit číselnou hodnotu 0 nebo 1.<sup>38,39</sup>

Velikost datového souboru digitálního obrazu nemá žádnou souvislost s jeho barevnou hloubkou, která je také měřena v bitech (a ve své technologické podstatě funguje také na stejném principu ukládání informace pomocí nul a jedniček...).

Samozřejmě, čím má obraz vyšší rozlišení v pixelech a větší barevnou hloubku, tím více dat (bytů) je potřeba k jeho uložení.

Občas se nesprávně posuzuje kvalita obrazového souboru jen dle jeho datové velikosti. Toto je mylná úvaha, neboť samotná velikost souboru v bytech sama o sobě o kvalitě nevypovídá, je nutné brát v potaz typ formátu a komprese, které jsou použity u konkrétního souboru.

<sup>38</sup> Bits and Bytes. Web.stanford.edu [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://web.stanford.edu/class/cs101/bits-bytes.html>

<sup>39</sup> Do 1 bytu je tedy možné zapsat  $2^8$  (=256) různých kombinací bitů.

Např. obraz v komprimovaném formátu *JPEG* o velikosti 1000 x 1000 px s velikostí 200 kB může dosahovat velmi dobré vizuální kvality, obraz o velikosti 4000 x 4000 px o stejné datové velikosti bude ale velmi nekvalitní, až nepoužitelný, protože míra komprese pro dosažení velikosti dat 200 kB v takovémto vysokém rozlišení bude příliš vysoká.

## Shrnutí

Digitální obraz je datový soubor, který je definován několika parametry.

*Barevný model* určuje, jakým typem míchání barev je obraz zaznamenán. *Barevná hloubka* definuje, kolik jedinečných barev může obsahovat v rozsahu barev vymezených *barevným prostorem*, který je definován *ICC profilem* přiloženým v souboru.

Rozlišení obrazu určuje jeho velikost v pixelech, přiřazené rozlišení v jednotkách dpi nemá na digitální obrazový soubor žádný vliv.

Obraz je uložen *nekomprimovaně* (velký datový objem, neztrácí se kvalita), pomocí *bezztrátové komprese* (menší datový objem, neztrácí se kvalita) a nebo pomocí *ztrátové komprese* (nejmenší datový objem, možná ztráta kvality).

# ZÁZNAM OBRAZU

Digitální záznam obrazu je proces, při kterém dochází k převodu světla dopadajícího na povrch obrazového snímače<sup>40</sup> fotoaparátu (či skeneru) na digitální datový záznam. Tento záznam je ve své prvotní formě tzv. surových dat, označených z angličtiny jako *RAW* formát. Data ve formátu *RAW* obsahují veškeré vizuální informace přímo z obrazového snímače. K získání datového obrazového souboru je třeba je převést (tzv. vyvolat) k tomu určeným softwarem<sup>41</sup>.

Tento převod je proces, při kterém se surovým datům přiřadí parametry určující vlastní digitální obraz – barevná hloubka, gamut, barevná teplota, hodnota gamma křivky a nakonec datový formát a typ komprese finálního obrazového souboru.<sup>42</sup> Pokud přiřadíme parametry nesprávně, logicky nezískáme barevně věrný obraz.

Samozřejmě zásadní vliv na kvalitu digitálního záznamu má kvalita vlastního obrazového snímače a objektivu umístěného před ním. V rámci této práce teoreticky předpokládáme dokonalé zařízení a neberme tyto faktory v potaz při určování věrnosti obrazu.



Obr. 12 Kalibrační terč firmy X-Rite a jeho použití v praxi

<sup>40</sup> Snímač, také označován jako sensor nebo čip, je elektronická součástka sloužící k přeměně optického obrazu na elektrický signál, který je následně převeden do digitálního záznamu. Viz Image sensor. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Image_sensor)

<sup>41</sup> Většina amatérských fotoaparátů či mobilních zařízení při záznamu fotografie veškeré výše popsané kroky provádí automaticky interně bez možnosti zásahu uživatele, jejich výstup je přímo obrazový soubor uložen do ztrátového formátu JPEG.

<sup>42</sup> viz kapitola Digitální obraz

## Kalibrace fotoaparátu

Pokud vyžaduje naprosto přesný obrazový záznam věrný skutečnosti, můžeme provést kalibraci samotného obrazového výstupu fotoaparátu pomocí tzv. *kalibračního terče*.

*Kalibrační terč* je sada kartiček obsahující přesně natištěný referenční vzorník barev a šedé škály, která se přiloží na fotografovanou scénu tak, aby byla rovnoměrně nasvícena. Poté se nafotografuje testovací snímek, na kterém budou na terči zachyceny tyto referenční barvy v konkrétních světelných podmínkách konkrétním modelem použitého fotoaparátu.

Součástí každého terče je pak software<sup>43</sup>, který automaticky rozpozná polohu tabulky na testovacím snímku, porovná ji s uloženými referenčními hodnotami a vytvoří barevný *profil fotoaparátu*.

Tento profil<sup>44</sup> obsahuje korekci barevné odchylky konkrétního fotoaparátu pro konkrétní fotografovanou scénu (je tedy třeba ho vytvářet při každé změně osvětlení). Profil fotoaparátu vytvořený pomocí testovacího snímku se aplikuje při vyvolávání RAW dat (viz níže) všech snímků vzniklých na dané scéně (které již kalibrační terč samozřejmě dále neobsahují).

Získáme tak teoreticky naprosto věrnou reprodukci barev původní fotografované scény nezávisle na použitém osvětlení a fotoaparátu. Pokud jsme například konkrétní scénu fotografovali dvěma různými přístroji a v průběhu jsme měnili typ osvětlení (např. použitím světel od jiného výrobce, tedy s odlišnou barevnou teplotou), vytvoříme si pro každý fotoaparát i osvětlení profily, které při vyvolání RAW dat<sup>45</sup> vyrovnají jakékoliv nepřesnosti a výsledné snímky z obou fotoaparátů budou i za různého osvětlení nejen barevně věrné, ale naprosto totožné.<sup>46</sup>

Celý tento proces lze samozřejmě uplatnit i při kalibraci skenerů, liší se pouze použitý kalibrační terč určený právě pro skenery

---

<sup>43</sup> Nebo zásuvný modul do ostatních grafických editorů či RAW konvertorů (např. Adobe Lightroom).

<sup>44</sup> V grafickém balíku Adobe tzv. DNG profil.

<sup>45</sup> Pokud nechceme při záznamu používat formát RAW (nebo nám to použité zařízení nedovoluje), lze provést barevnou korekci dodatečně v grafickém editoru, samozřejmě s menší přesností a horší výslednou kvalitou.

<sup>46</sup> Praktický návod, jak vytvářet profily fotoaparátu pomocí kalibrační tabulky firmy X-Rite s použitím grafického balíku Adobe, popisuje ve svém semináři Jan William Drnek. Seminář je dostupný na <https://vimeo.com/58638570>



Obr. 13 Tvorba profilu fotoaparátu pomocí samostatné aplikace od výrobce a v rawovém konvertoru

## Vyvolání RAW

RAW formát je datový obrazový soubor s určitým rozlišením a bitovou hloubkou bez dalších nadefinovaných vlastností, který umožňuje velmi rozsáhlou editaci obrazových parametrů, jelikož obsahuje naprosto všechna obrazová data zaznamenaná senzorem. Je to digitální obdoba nevyvolaného negativu u fotografického filmu.

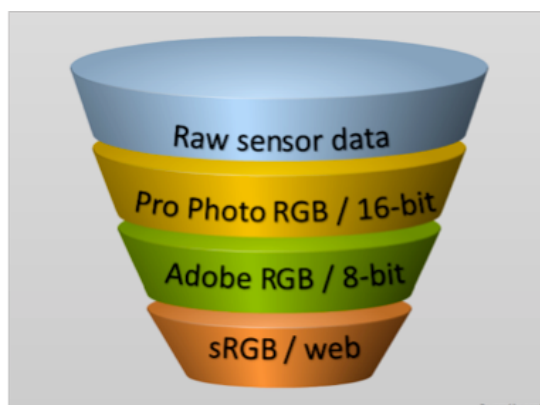
Některé dnešní senzory digitálních fotoaparátů jsou schopny zaznamenávat obrazová data až v rozsahu 16 bitů a prostoru *ProPhoto RGB*.

Při zpracování RAW souboru je definováno, jaká část zaznamenaných dat (tedy barevných tónů) bude obsažena ve výsledném obrazovém souboru. V první fázi<sup>47</sup> převodu se data ve formátu RAW prostřednictvím profilu konkrétního fotoaparátu vytvořeného pomocí kalibračního terče barevně zkorigují dle konkrétního nasvícení scény.

Druhá fáze je následné převedení do definované barevné hloubky, přiřazení gamutu (reprezentovaného barevným profilem ICC) a uložení do jednoho z obrazových souborů (JPEG, TIFF, ...).

<sup>47</sup> kterou lze samozřejmě vynechat, pokud nepožadujeme přesnou kalibraci dle fotoaparátu a fotografované scény nebo pokud tento proces není možný (např. při reportážní fotografii)

Bitová hloubka a barevný prostor výsledného souboru spolu úzce souvisí – pokud bychom chtěli přiřadit 8 bitovému finálnímu obrazu velmi široký barevný prostor, jako je např. *ProPhoto RGB* (který obsahuje i barvy neviditelné pro lidské oko), nemusí nám (v závislosti na barvách konkrétní zaznamenané scény) 8 bitový barevný rozsah výsledného bitmapového souboru stačit a je třeba použít 16 bitový režim.



Obr. 14 Množství barev obsažených v původních RAW datech z fotoaparátu a následně jejich převod do ostatních formátů

# SPRÁVA BAREV

*Správa barev*<sup>48</sup> je disciplína zabývající se konzistentním zobrazením barev napříč různými zařízeními pracujícími s digitálním obrazem od jeho zachycení fotoaparátem až po finální zobrazení na monitoru (či následný tiskový výstup).<sup>49</sup>

K dosažení této barevné i tonální konzistence a věrnosti je třeba pečlivě dodržovat postupy, jimiž se zabývá tato kapitola, a také v celém procesu používat kvalitní nakalibrovaná zařízení. Seběmenší pochybení v jakémkoliv z těchto kroků se bude nekompromisně a nenávratně přenášet dále v celém procesu.

Správa barev probíhá ihned po samotném záznamu obrazu fotoaparátem, dále pak při jeho zpracování či prohlížení programy na počítači a konečně při finálním zobrazení na monitoru (případně následně při tisku).

Jakmile je vytvořen digitální obrazový soubor po převodu z RAW dat, je třeba k jeho prohlížení či editaci software, který je kompatibilní s daným souborovým formátem (grafické editory, obrazové a webové prohlížeče atd.). Funkce správy barev v těchto programech je jakýmsi prostředníkem mezi obrazovým souborem a výsledným signálem vysílaným do monitoru<sup>50</sup>. Má na starost několik následujících úkonů:

## Převod mezi gamuty

Jak již bylo řečeno, každé zařízení, které pracuje s digitálním obrazem, má odlišný gamut a stejně tak každý obrazový soubor má svůj odlišný gamut. Tyto gamuty je třeba mezi sebou navzájem převádět, jinak by nebylo možné správně interpretovat barevné hodnoty RGB uložené v původním obrazovém souboru.

Např. pokud máme fotografii definovanou v barevném prostoru *AdobeRGB* (obsahující více barev než prostor *sRGB*) a chceme ji zobrazit na běžném monitoru, který dokáže zobrazit jen prostor *sRGB*, je nutné fotografii převést právě do prostoru *sRGB*, aby byla zobrazena správně. Tento převod probíhá automaticky v každém softwaru

---

<sup>48</sup> Z anglického ustáleného termínu Color management

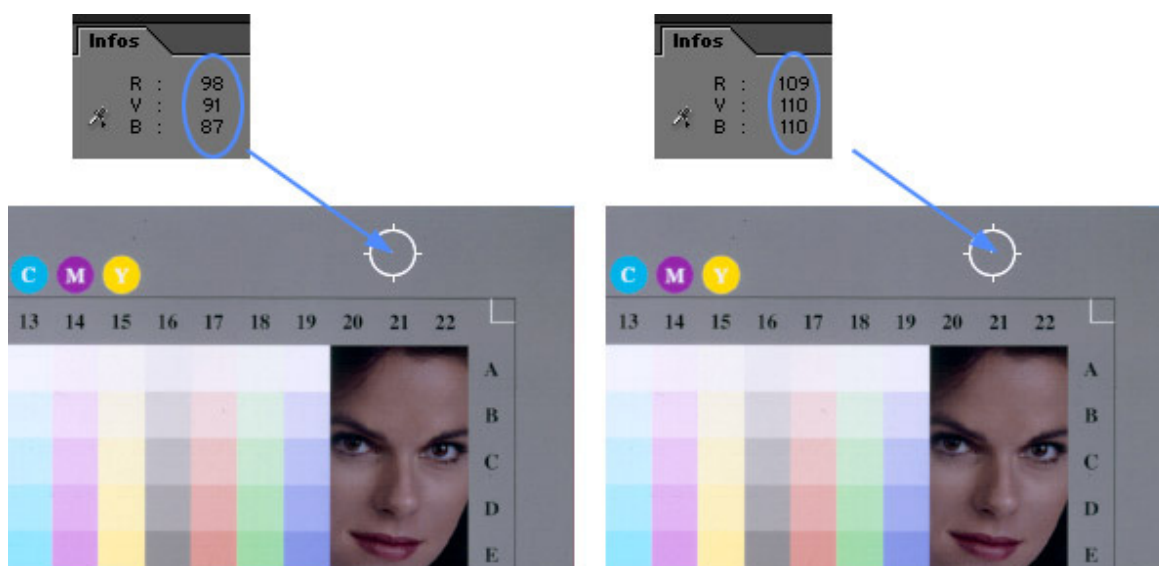
<sup>49</sup> Creative Suite: Understanding color management. Adobe.com [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://help.adobe.com/en\\_US/creativesuite/cs/using/WS52323996-DO45-437d-BD45-04955E987DFB.html](http://help.adobe.com/en_US/creativesuite/cs/using/WS52323996-DO45-437d-BD45-04955E987DFB.html)

<sup>50</sup> Mezi softwarem a samotným výstupním signálem probíhá ještě správa barev na úrovni operačního systému (tedy finální korekce barev dle barevného profilu monitoru).

(tento proces vlastní obrazový soubor nemění), který provádí správu barev či jej můžeme provést ručně v grafickém editoru a změněný prostor uložit přímo do obrazového souboru.

Pokud by k převodu barevného prostoru nedošlo, bude monitor interpretovat vstupní signál dle svého gamutu (tedy *sRGB*) a barvy obrazového souboru definovaného v *Adobe RGB* nezobrazí správně. Stejná situace nastane, pokud bychom obrazový soubor s fotografií uložili bez přiřazení barevného prostoru<sup>51</sup>.

Např. hodnota RGB [0, 255, 0] na fotografii definované v prostoru Adobe RGB vyjadřuje určitý odstín zelené. Jestliže obrazovému souboru s touto fotografií nepřidáme žádný profil, bude zelená interpretovaná dle gamutu monitoru, tedy odlišně a nesprávně jako by byla definována v prostoru *sRGB*.



Obr. 15 Totožný obraz definovaný v prostoru *sRGB* (nalevo) a *Adobe RGB* (napravo). Stejná šedá barva je v různých prostorech reprezentována odlišnými hodnotami RGB, protože se v rámci barevných diagramů jednotlivých prostorů nachází v odlišné poloze.

## Metody převodu

Existují čtyři metody převodů mezi gamuty (resp. vykreslování barev mimo gamut při převodu z širšího gamutu na užší) s odlišnými výsledky a cíli. Pro digitální fotografie jsou zajímavé především *Relativní kolorimetrická* a *Perceptuální*. Dalšími možnostmi jsou *sytnostní* (vhodná pro grafiku) a *Absolutní kolorimetrická* (zachovává

<sup>51</sup> Většina programů a operačních systémů podporující správu barev přiřazuje otevíraným souborům neobsahující žádný barevný profil výchozí prostor *sRGB* (který samozřejmě nemusí vždy souhlasit s prostorem, ve kterém je obrazový soubor skutečně definován).

přesně barvy uvnitř gamutu, ale mění celkový vizuální vjem z obrazu).<sup>52</sup>

Grafické editory umožňují náhled výsledku převodu dle jednotlivých metod (*Softproofing*, neboli *Kontrolní náhled*) a také tzv. *Kontrolu gamutu* (*Gamut warning*), což je funkce umožňující zobrazit přesně rozsahy barev, které budou při konverzi do výsledného profilu změněny.<sup>53</sup>

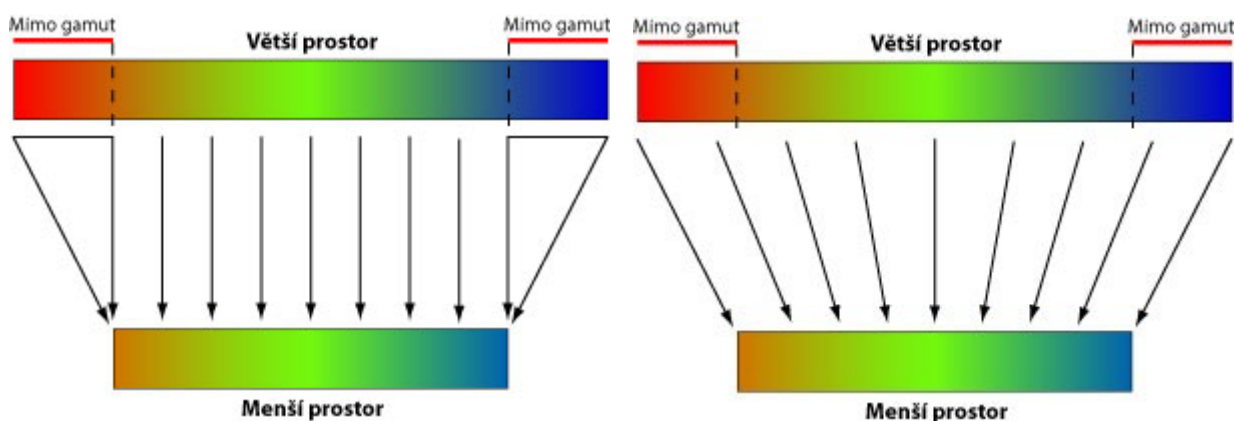
Při volbě metody převodu je tedy dobré se řídit těmito náhledy.

### Relativní kolorimetrická

Barvy nacházející se mimo cílový gamut jsou převedeny na nejbližší možnou barvu uvnitř gamutu, ostatní barvy zůstanou bez změny. Tato metoda vykreslení je základní a výchozí metodou, podávající dobré výsledky především u fotografií. Zachovává vizuální vjem obrazu.

### Perceptuální

Metoda zachovává relativní vizuální vztahy mezi všemi barvami a to tak, že kompletně převede a zmenší celý barevný prostor. Změní tedy veškeré barvy obrazu, tedy i ty, které se nacházely uvnitř výchozího gamutu. V určitých případech může podávat lepší výsledky než metoda *relativní*.



Obr. 16 Převod barev Relativní kolorimetrickou (nalevo) a Perceptuální metodou (napravo)

<sup>52</sup> Color Management Systems: Render Intent [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\\_tg/manage/renderintent.html](http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/manage/renderintent.html)

<sup>53</sup> ŠIML, David. Správa barev. Praha, 2012. Diplomová práce. Str. 91

## Převod do profilu, přiřazení profilu

Grafické editory umožňují dvě různé operace při konverzi profilů.

*Převod do profilu (convert to profile)*, jak již název napovídá, provede převod gamutů dle jedné z výše uvedených metod.

*Přiřazení profilu (assign profile)* žádný převod mezi gamuty neprovádí, ale jednoduše obrazovému souboru přiřadí zvolený profil (původní profil souboru zcela vypustí). Této funkce se užívá výhradně tehdy, pokud zpracovávaný obrazový soubor žádný profil neobsahuje nebo pokud víme, že obsahuje profil chybný a chceme jej nahradit.



Obr. 17 Zobrazení stejného obrazu definovaného v prostoru *sRGB*. Nalevo správně přiřazený profil *sRGB*, napravo nesprávně *Adobe RGB* (zdánlivě méně saturované barvy).

## Nastavení grafického editoru

Při editaci digitálního obrazu je nutné dbát na správné nastavení správy barev uvnitř grafického editoru, především pak na správné zvolení pracovního barevného prostoru. Tento prostor určuje, v jakém barevném gamutu probíhají interně v editoru veškeré barevné úpravy aplikované na obrazový soubor.

S vlastním profilem editovaného souboru pracovní profil nijak nesouvisí. Můžeme například otevřít a editovat fotografii definovanou v prostoru *sRGB*, ale jako pracovní profil mít nastavený široký *ProPhoto RGB*. Nastavení pracovního profilu na

široký gamut je velmi vhodné, protože v průběhu editace souboru (tedy barevných korekcí, změn kontrastu apod.) mohou vznikat nové barvy, které by se do původního úzkého profilu nevešly a musely by se převést (vypustit).

Tyto barvy sice při editaci nemusíme být schopni zobrazit (neboť zobrazení na našem monitoru je taktéž omezeno svým vlastním gamutem), ale např. na jiném monitoru či při tisku mohou být viditelné a je tedy škoda o ně ihned od začátku přijít (později lze soubor na užší gamut případně převést vždy...).

Jako pracovní prostor nikdy nevolíme závislý ICC profil (tedy barevný profil monitoru, tiskárny, či jakéhokoliv jiného zařízení). Volíme ideálně co nejširší prostory, jako jsou *Adobe RGB* či *ProPhoto RGB*.

Ze stejných důvodů je pro editaci taktéž vhodné převádět soubory na 16 bitovou barevnou hloubku, která umožňuje přesnější výpočty všech úprav.

## Převzorkování

Převzorkování<sup>54</sup> je proces, který změní rozměry digitálního obrazu na požadovanou velikost.

Rozlišení obrazového souboru se neustále přizpůsobuje pro potřeby konkrétního zobrazení v jednotlivých programech a v závislosti na požadované velikosti na obrazovce. Tento proces programy a operační systémy provádějí automaticky na úrovni výstupního signálu do monitoru, aby přizpůsobily rozlišení obrazových dat pro rozlišení konkrétního připojeného monitoru. V tomto případě se původní obrazový soubor nijak nemění a veškeré zásahy probíhají na pozadí bez zásahu uživatele a není třeba se jimi zabývat.

Dalším případem je situace, kdy uživatel sám v grafických aplikacích obraz exportuje do jiného rozměru a znovu uloží (např. pro zobrazení na web, kde samozřejmě nikdy nebudeme používat plné rozlišení obrazu o několika megapixelech, ale zmenšíme jej).

Existuje mnoho algoritmů, jakým způsobem se převzorkování obrazu provede. Každý z nich poskytuje odlišnou výslednou kvalitu a je vhodný pro různé použití. Jejich podrobný popis a komparace výsledků není v možnostech rozsahu této práce, lze je ovšem jednoduše dohledat na webu.<sup>55</sup>

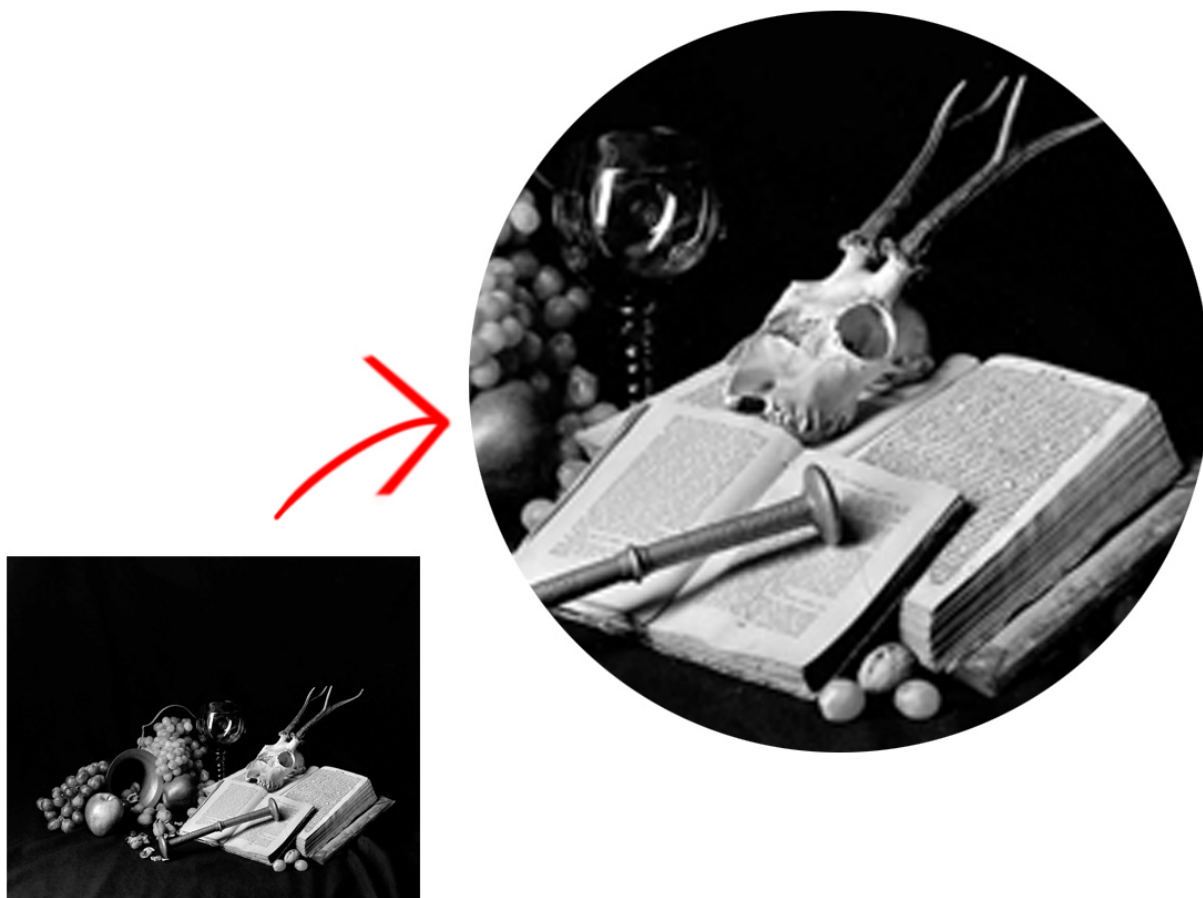
---

<sup>54</sup> v angličtině resampling

<sup>55</sup> Image scaling. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_scaling#Scaling\\_methods](https://en.wikipedia.org/wiki/Image_scaling#Scaling_methods)

Pro potřeby digitální fotografie jsou všeobecně nejpoužívanější bikubická nebo bilineární metoda, které poskytují velmi dobré výsledky. Obě metody pracují na principu analýzy jednotlivých pixelů obrazu, dle které poté dopočítávají nové pixely v případě zvětšování rozměrů (*interpolace* či *upsampling*) či vynechávají pixely při zmenšování (*downscaling*).

Převzorkování bitmapového obrazu je vždy ztrátový proces (především při zvětšování) a jedná se vždy o kompromis mezi plynulými přechody tónů, ostrostí obrazu a množstvím obrazových chyb, které v průběhu procesu mohou vzniknout.



Obr. 18 Převzorkování obrazu na větší velikost. Pixely se musí dopočítat, obraz tudíž ztrácí dojem ostrosti.

### Převzorkování pro tisk

Při přípravě dat pro tisk v grafickém editoru je možné zvolit velikost výsledného tisku, která je určena hodnotou *PPI* (resp. *DPI*, viz kapitola *Digitální obraz/Rozlišení*), kterou přiřadíme obrazovému souboru. Tiskové rozměry v jednotkách cm a rozlišení obrazu v *PPI* jsou navzájem související hodnoty – vyšší rozlišení *PPI* znamená logicky menší tiskové rozměry, protože pixely obrazu budou hustěji rozloženy, tedy na menší plochu.

Např. v dialogu *Velikost obrazu (Image Size)* v programu Adobe Photoshop existuje dvojitá možnost, jak pracovat s hodnotou PPI. První z nich je prosté přiřazení PPI, bez dalších zásahů do souboru. V tomto případě jednoduše změním PPI obrazu a editor dopočítá dle zvolené hodnoty výslednou velikost tisku<sup>56</sup>. Případně můžeme navolit velikost tisku v cm a editor naopak dopočítá potřebné PPI.

Druhá možnost nastává, pokud zaškrtneme volbu *Převzorkovat (Resample)*. Při této volbě pevně zvolíme požadovaný rozměr tisku i hodnotu PPI a necháme editor, aby pixely obrazu převzorkoval na požadovanou velikost.

Např. obrazový soubor s rozlišením *1024 x 1024 pixelů* (tedy *1 Megapixel*) s přiřazenou hodnotou *72 PPI* bude mít tiskové rozměry *36,12 x 36,12 cm*. Pokud mu přiřadíme hodnotu *300 PPI*, rozměry se změni na *8,67 x 8,67 cm*. Jestliže chceme ten samý soubor vytisknout do formátu *30 x 30 cm* při rozlišení *300 PPI*, musí se v nějaké fázi před vlastním tiskem provést převzorkování pixelů na velikost *3543 x 3543 pixelů*, aby bylo možné obraz v požadovaném rozlišení roztáhnout na danou velikost.

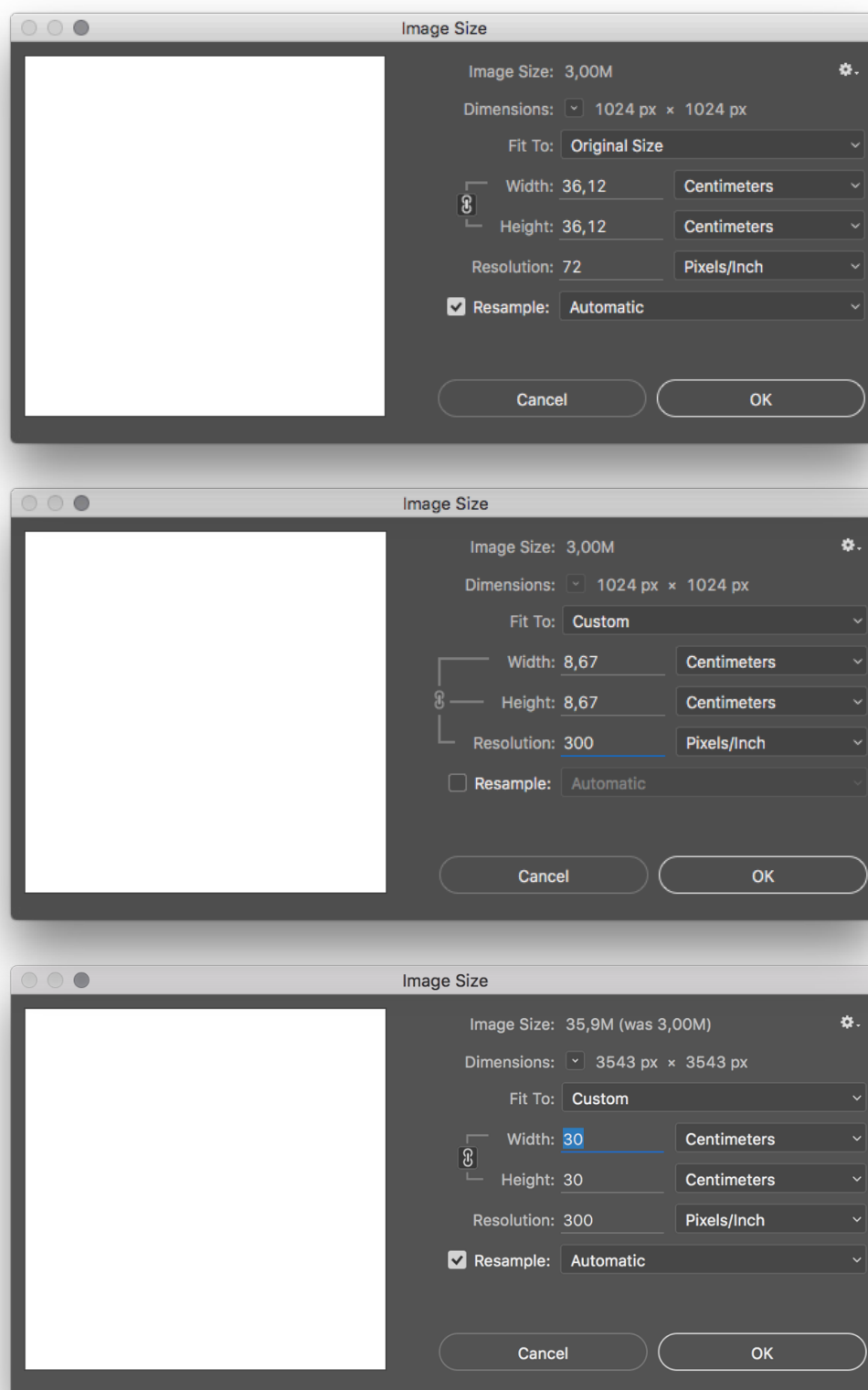
Všeobecně panuje mýtus o nutnosti převzorkování obrazových dat přímo v grafickém editoru vždy na rozlišení 300 PPI pro tiskový výstup. Vychází ze studie, že fotografická kvalita tisku je dosažena právě okolo hodnot 300 PPI. Lidské oko opravdu z určité vzdálenosti běžné pro pozorování tištěných materiálů není schopno zhruba od této hodnoty rozpoznat jednotlivé body, ovšem dnešní tiskárny dosahují běžně tiskové kvality přesahující tisíc či dokonce dva tisíce DPI<sup>57</sup>. Elektronika tiskárny tedy stejně musí obraz v nějaké fázi převzorkovat na své pracovní rozlišení, což následně vede ke dvojímu procesu převzorkování za sebou (prvnímu uživatelem v grafickém programu a druhému přímo v elektronice tiskárny). Toto může vést ke zbytečné ztrátě kvality výsledného tisku.

Nutnost převzorkování obrazu ještě v grafickém editoru předtím, než bude odeslán do tiskárny, je velmi závislá na konkrétních okolnostech – tedy výchozímu rozlišení obrazu, kvalitě tiskárny, rozměru tisku atd. Pokud pracujeme s dostatečně rozměrným kvalitním obrazovým souborem, není nutné obraz před tiskem vůbec převzorkovat, neboť soudobé tiskárny mají vlastní převzorkovací algoritmy přizpůsobené přímo pro jejich konkrétní výstup a ve většině případů poskytující nejkvalitnější výsledek. Nejbezpečnější metodou je tedy provést zkušební tisk pro konkrétní kombinaci okolností.

---

<sup>56</sup> Vydělením rozměru obrazu v pixelech hodnotou PPI získáme výsledné rozměry obrazu v cm (či palcích).

<sup>57</sup> Extrémně vysokých tiskových rozlišení je často dosahováno vícenásobným přetiskem jednotlivých bodů, tudíž se nejedná o reálné rozlišení tisku, ale spíše jistý vizuální (a marketingový) trik.



*Obr. 19 Nahoře: původní obraz s přiřazenou hodnotou 72 PPI.  
Uprostřed: Změna hodnoty PPI na 300 bez zaškrtnutí volby pro převzorkování – velikost obrazu pro tisk se zmenší.  
Dole: Nastavení tiskové velikosti v cm a hodnoty DPI na 300 – pro tyto hodnoty se rozměry obrazu v pixelech musí převzorkovat na větší velikost.*

# ZOBRAZOVAČE

Zobrazovače jsou zařízení, která převádí výstup z grafické karty počítače obsahující digitální obrazová data na viditelný obraz. Existuje několik zobrazovacích technologií, kterými může být tento převod proveden. Tato práce se zabývá zobrazením na digitálních displejích (tedy současné monitory počítačů, displeje mobilních zařízení a televizory).

## Vakuová obrazovka

Monitory s označením *CRT* (*cathode ray tube – katodová trubice*)<sup>58</sup> fungují na principu elektronového děla uzavřeného ve speciální vakuové elektronce (obrazovce), které ostřeluje usměřovaným proudem elektronů luminoforní povrch stínítka obrazovky a rozsvěcuje tak mnohokrát za sekundu jednotlivé obrazové body za sebou, čímž se postupně vykreslí jednotlivé snímky příchozího signálu. Tato starší technologie je nešetrná ke zraku (jelikož obraz se neustále překresluje, tedy bliká s určitou frekvencí), spotřebovává velké množství energie a obraz trpí mnoha odchylkami, jako je geometrické zkreslení či neostrost. Dnes tento typ zobrazovačů již téměř vymizel a byl zcela nahrazen novějšími technologiemi.

## Tekuté krystaly

*LCD* (*liquid crystal display – displej z tekutých krystalů*) je plochý panel, který využívá schopnost tekutých krystalů modulovat světlo. Jednotlivé barevné obrazové body se skládají z vrstvy molekul tekutých krystalů (dále elektrod, polarizačních filtrů a dalších součástí), za kterou je řídicí tranzistor, za nimž se pak nachází podsvícení celého panelu. Obraz je vykreslován ovládním intenzity, s jakou proniká toto podsvícení skrze tekuté krystaly jednotlivých obrazových bodů (velmi zjednodušeně popsáno).<sup>59</sup>

V současnosti se lze často setkat s termínem *LED monitor* či *LED televize*. Jedná se o nesprávné označení LCD obrazovek, u kterých je podsvícení realizováno právě pomocí *LED* (*light-emitting diode*).

---

<sup>58</sup> Cathode ray tube. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cathode\\_ray\\_tube](http://en.wikipedia.org/wiki/Cathode_ray_tube)

<sup>59</sup> SUGIYAMA, Kunihiko. Desktop Color Handbook 07. EIZO NANA O CORP., 2005. Str. 44

LCD jsou lehké, tenké, energeticky velmi efektivní, bez obsahu škodlivého záření či blikání a tedy šetrné ke zraku. Obraz neobsahuje vady, které se vyskytují u CRT, ale trpí odlišnými problémy, jako je pomalá doba překreslování a tedy rozmazaný pohyblivý obraz či zhoršení kvality obrazu při pozorování z úhlu. Tyto problémy se ale postupem času podařilo výrobcům téměř eliminovat a dnešní kvalitní LCD nabízí velmi přesný obraz.

LCD je dnes nejběžnější a nejpoužívanější technologií zobrazovačů.

## Plazma

Další technologií jsou tzv. plazmové obrazovky (*PDP* – plasma display panel).

Plazmové obrazovky používají body s elektricky nabitými částicemi ionizovaného plynu. Jejich výhodami oproti LCD jsou veskrze lepší obrazové vlastnosti – kvalitnější podsvícení, intenzivnější zobrazení černé barvy, nižší pohybová neostrost, širší pozorovací úhly. Plazmové displeje mají ovšem i stinné stránky, jako je retence často zobrazovaného nehybného obrazu, vysoká spotřeba energie, zhoršování parametrů při stárnutí zařízení a v neposlední řadě vysoká cena oproti LCD, což postupně vede k ukončování jejich výroby.

PDP jsou výhradně užívané u velkoformátových televizí.<sup>60</sup>

## Organické diody

*OLED* (*organic light-emitting diode*) je nastupující technologií zobrazovačů. V současnosti se zatím vyskytuje u velmi malého počtu monitorů či televizí. Běžněji se s ní lze setkat u obrazovek menších velikostí, tedy mobilních telefonů a dalších přenosných zařízení. Obrazové body jsou u této technologie tvořeny organickými elektroluminiscenčními diodami, které emitují světlo v závislosti na příchozím elektrickém signálu a nepotřebují tedy žádné přídavné podsvícení jako ostatní zobrazovací technologie.

Právě kvůli této vlastnosti jsou tyto displeje energeticky úspornější, lehčí, tenčí, s lepšími pozorovacími úhly, dobou odezvy i naprosto rovnoměrným podsvícením a jsou schopny dosáhnout zobrazení naprosto černého odstínu a tím pádem teoreticky

---

<sup>60</sup> Plasma display. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Plasma\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_display)

nekonečného kontrastního poměru. Poskytují také mnoho dalších možností, jako jsou průhledné či ohebné displeje.

Mezi zásadnější nevýhody patří nevyrovnaná životnost organických materiálů jednotlivých barevných buněk (a tím pádem nestálé barevné podání), retence obrazu podobná té u plazmových displejů a také vysoká výrobní cena.<sup>61</sup>

OLED displeje nabízejí víceméně dokonalý obraz prostý jakýchkoliv vad a jedná se pravděpodobně o technologii, která v budoucnu mezi zobrazovacími zařízeními převládne.



*Obr. 20 Příklad moderního LCD monitoru (nalevo) a staršího CRT (napravo)*

---

<sup>61</sup> OLED. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/OLED>

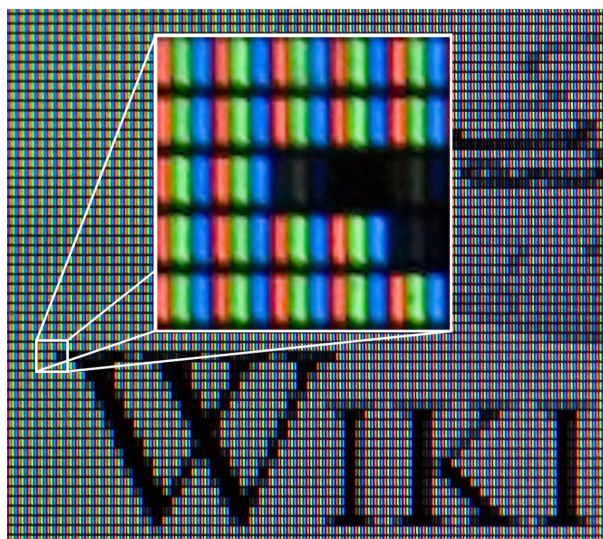
# LCD

## Úvod

V barevných LCD<sup>62</sup> je fyzický obraz tvořen (obdobně jako v bitmapovém datovém souboru) jednotlivými pixely, ty jsou ale rozděleny do tří subpixelů, a to červeného, zeleného a modrého (tedy RGB). Subpixely jsou umístěny velmi blízko u sebe, tím pádem se oku jeví jako jediný barevný bod (pixel). Svítivost každého subpixelu se reguluje nezávisle na ostatních a tímto principem lze získat kombinace všech zobrazitelných barev<sup>63</sup>.

LCD se základně dělí na dva typy – *pasivní STN (Supertwist Nematic)* a *aktivní TFT (Thin-Film Transistors)*.<sup>64</sup> STN jsou monochromatické displeje užívané v přístrojích jako například digitální budíky a hodiny. Všechny moderní barevné displeje však využívají TFT.

Termíny TFT a LCD se v současnosti zaměňují a z tohoto pohledu je lze považovat za totožné.



Obr. 21 Detail LCD panelu s viditelným rozdělením subpixelů

<sup>62</sup> Stejně tak v plazmových či OLED obrazovkách.

<sup>63</sup> Viz kapitola Digitální obraz

<sup>64</sup> Liquid-crystal display. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal_display)

## Parametry

Mezi LCD jsou značné rozdíly ve výsledné kvalitě jejich obrazu v závislosti na tom, jaký typ panelu, podsvícení a řídicí elektroniky jsou použity. U monitorů měříme následující parametry, které přímo ovlivňují kvalitu a možnosti výsledného zobrazení<sup>65</sup>:

### Velikost a poměr stran

Základním parametrem monitoru je velikost jeho obrazové plochy, která se udává jako délka její úhlopříčky v palcích. S velikostí souvisí také poměr stran této plochy, udávané jako poměr délky k šířce zobrazované plochy.

Například u samostatných počítačových monitorů se užívají poměry stran 16:9, 16:10 či 4:3, u televizních obrazovek běžně 16:9.

### Rozlišení

S velikostí monitorů nepřímo souvisí jejich rozlišení, tedy počet pixelů, který dokáže najednou zobrazit. Udává se běžně jako součin počtu pixelů v horizontální a vertikální rovině (např. 1024 x 768 px).<sup>66</sup>

Každé LCD má své tzv. nativní rozlišení, které je zároveň i jeho maximálním možným. Pokud je rozlišení vstupního obrazu menší než je nativní rozlišení obrazovky, monitor musí obraz přepočítat (tedy "roztáhnout"), čímž dochází ke ztrátě kvality (v závislosti na algoritmu, který k tomuto monitor uplatňuje) a výsledný fyzický obraz se jeví jako méně ostrý. Je tedy zásadní nastavit na výstupu grafické karty nativní rozlišení monitoru (většinou se toto děje automaticky v operačním systému).

S rozlišením monitoru souvisí i další parametr – rozlišení ve smyslu jemnosti zobrazení, tedy hustota obrazových bodů na ploše zobrazovače. Je měřeno v jednotkách PPI (pixels per inch). Čím větší rozlišení a čím menší plochu monitor má, tím se obraz jeví jako ostřejší (jemnější), protože okem z běžně pozorované vzdálenosti nelze rozeznat jednotlivé pixely. Zobrazení se tak jeví živější a reálnější<sup>67</sup> a blíží se tak vjemu z kvalitní tiskoviny.

Například monitor s velikostí obrazovky 24 palců a rozlišením *Full HD* (1920 x 1080 px) zobrazuje s jemností bodů 91.79 PPI, monitor o stejné velikosti s rozlišením *UHD* (3840 x 2160 px) pak s 183.58 PPI.

---

<sup>65</sup> Specifications. TFT Central [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.tftcentral.co.uk/specs.htm>

<sup>66</sup> Počítají se celé pixely, ne subpixely.

<sup>67</sup> Za podmínky, že zobrazovaný digitální soubor má dostatečné rozlišení sám o sobě.

## Jas

Jas monitoru určuje svítivost obrazu, je měřen jako nejintenzivnější bílá, kterou je schopen monitor zobrazit. Určují ho jednotky  $\text{cd}/\text{m}^2$  (kandela na metr čtvereční)<sup>68</sup>. Čím je naměřená jednotka vyšší, tím jasněji dokáže monitor svítit.

U počítačových monitorů umístěných v běžně osvětleném prostředí není hodnota maximálního možného jasu příliš důležitá, protože všechny běžné obrazovky dosahují dostatečných hodnot<sup>69</sup>. Naopak důležité je, aby monitor byl schopen jas dostatečně snížit bez ztráty obrazové kvality například v noci, kdy není vysoký jas žádoucí kvůli námaze očí.

Standardizovaná hodnota jasu pro práci s digitálním obrazem je  $120 \text{ cd}/\text{m}^2$ , ovšem záleží na podmínkách okolního osvětlení a preferencích uživatele, jaký jas monitoru si nastaví. Při profesionální práci s digitálním obrazem je žádoucí tuto hodnotu dodržovat a umístit monitor do prostoru s konstantním okolním osvětlením.

## Kontrast

Kontrast určuje rozdíl mezi nejtmaším černým a nejsvětlejším bílým bodem, který je schopen monitor současně zobrazit.

Dle výše zmíněné skutečnosti není problém dosáhnout vysokých hodnot svítivosti bílého bodu, avšak stálým problémem LCD je tzv. úroveň černé. Tekuté krystaly totiž i při maximálním možném uzavření jejich propustnosti stále nepatrnou úroveň podsvícení za nimi propouštějí, tudíž černá barva není nikdy zobrazena jako absolutně černá, nýbrž jako velmi tmavě šedá.<sup>70</sup>

Toto má za následek omezení maximálních hodnot kontrastu, které se v současnosti u kvalitních LCD s *IPS* maticí ustálila na hodnotách okolo 1000:1.<sup>71</sup>

---

<sup>68</sup> Občas je možné se také setkat s hodnotou NIT.

<sup>69</sup> Na rozdíl od mobilních zařízení používaných venku, kde maximální jas určuje čitelnost displeje za ostrého slunce.

<sup>70</sup> Vnímání kontrastu a úrovně černé barvy lidským okem velmi záleží na konkrétním zobrazeném obrazu a na okolním osvětlení.

<sup>71</sup> Mnoho výrobců aplikuje tzv. *dynamický kontrast*, což je elektronická funkce monitoru, která v reálném čase analyzuje jednotlivé snímky obrazu a mění intenzitu podsvícení na základě jejich obsahu. U tmavých scén tedy podsvícení snižuje a u světlých naopak zvyšuje. Reálný kontrast u statické scény se tímto ovšem nezvyšuje.

Jedná se v podstatě o marketingový trik, který umožňuje vylepšit papírové specifikace monitoru. Většinou má spíše negativní dopad na kvalitu obrazu, neboť aplikované změny jasů jednotlivých snímků jsou často skokově viditelné, navíc mění vzhled obrazu dle původního záměru jeho autora.

Dalším faktorem ovlivňující kontrast je nastavená úroveň jasu monitoru. Dobrý monitor má konstantní kontrastní poměr ve všech úrovních nastavitelného jasu, zatímco nekvalitním monitorům kontrast v závislosti na jasu kolísá a snižuje se, což je nežádoucí.

## Barevná hloubka

Barevná hloubka určuje maximální možný počet zobrazitelných barevných odstínů. Určuje se v bitech a funguje na stejném principu jako barevná hloubka bitmapy. LCD dnes běžně zvládají barevné hloubky od 6 do 8 bitů, profesionální displeje pak 10 bitů.

Existuje několik technologických triků<sup>72</sup>, jak bitovou hloubku panelu uměle navýšit, i když ji nativně nepodporuje. To je důležité a používané hlavně u levných panelů, které jsou schopny nativně dosáhnout hloubky pouhých 6 bitů (tedy jen 262 144 barev). Aplikováním těchto technologií se přiblíží k možnosti zobrazit hloubku 8 bitů, ovšem za cenu občasných artefaktů a nepřesných přechodů ve výsledném obraze.

Pro kvalitní zobrazení je tedy nutné použít monitor s nativní hloubkou alespoň 8 bitů.

## Podsvícení

V dnešní době se výhradně používá podsvícení LCD panelu sestavené z LED<sup>73</sup> umístěných v různém počtu za panelem, jejichž podsvícení se pak rozvádí po celé ploše panelu. Toto uspořádání a typ samotných diod určuje, jak rovnoměrné podsvícení bude po celé ploše obrazu a také jaký barevný gamut bude schopen monitor zobrazit.

Běžné spotřebitelské monitory mají relativně nerovnoměrné podsvícení, což z hlediska subjektivní kvality obrazu není až tak důležité při prohlížení komplexních scén s mnoha různými úrovní jasů a barev (běžné fotografie), ale je velmi patrné při práci s jednolitými barevnými plochami (grafika). Profesionální monitory úspěšně implementují různé technologie pro vyrovnání homogenity podsvícení.

Dalším faktorem, který je třeba brát v potaz, je technologie, jakou panel používá ke změně intenzity podsvitu. Některé (především méně kvalitní) monitory využívají k regulaci jasu způsob tzv. *PWM (Pulse Width Modulation)*. Tyto monitory docílují

---

<sup>72</sup> FRC a dithering, viz. Specifications. TFT Central [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.tftcentral.co.uk/specs.htm>

<sup>73</sup> *LED (Light-emitting diode)* je dioda emitující světlo, tedy polovodičová elektronická součástka, jejíž vlastností je schopnost vyzařovat světlo. Viz.: LED. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LED>

snížení intenzity podsvitu tím, že jej cyklicky s různě vysokou frekvencí kompletně zapínají a vypínají – podsvícení tedy bliká. Tento způsob je velmi nevhodný, protože může způsobovat únavu očí, bolesti hlavy apod.

## Gamut

Standardně dnes monitory pokrývají celý rozsah prostoru *sRGB*, profesionální grafické monitory jsou pak schopny přesáhnout i gamut *Adobe RGB*. Problémové bývají často displeje mobilních zařízení, které často nesplňují ani standard *sRGB*, i když i tato situace se postupně začíná zlepšovat a výrobci se všeobecně snaží podporovat plné zobrazení prostoru *sRGB*<sup>74</sup>. Gamut, který monitor pokrývá, je označovaná jako jeho nativní gamut.

Monitory pokrývající široké barevné gamuty skýtají jistá úskalí, jelikož poměrně velké množství programů (např. některé webové či obrazové prohlížeče) v současnosti stále plně neimplementuje správu barev a jednoduše předpokládají pouze monitory pokrývající prostor *sRGB*. Pokud prostřednictvím takového programu otevřeme obrazový soubor definován v jiném, než nativním gamutu připojeného monitoru (tedy většina souborů), bude zobrazen špatně, jelikož program neprovede převod mezi gamuty otevíraného souboru a monitoru.

## Pozorovací úhly

Pozorovací úhel je velmi důležitým faktorem pro určení kvality LCD, ne-li vůbec tím nejdůležitějším. Mnohé technologie LCD panelů totiž trpí velmi nepříjemnou vlastností, kdy se kontrast a barevnost obrazu mění v závislosti na úhlu, ze kterého se na displej díváme. Občas až do takové míry, že se obraz téměř invertuje, zčerná či vybledne již při sebemenším vychýlení z centrálního bodu pohledu.

Tudíž, i když je takovýto displej nakalibrován, nikdy nebude zobrazovat přesně, neboť na pixely dále od středu obrazovky se nikdy nebudeme dívat kolmo (čím větší úhlopříčka displeje, tím bude tato skutečnost patrnější).

Monitory trpící tímto neduhem jsou tedy naprosto nevhodné pro kvalitní, barevně přesné zobrazení a téměř nepoužitelné pro vytváření či úpravy samotného obrazu.

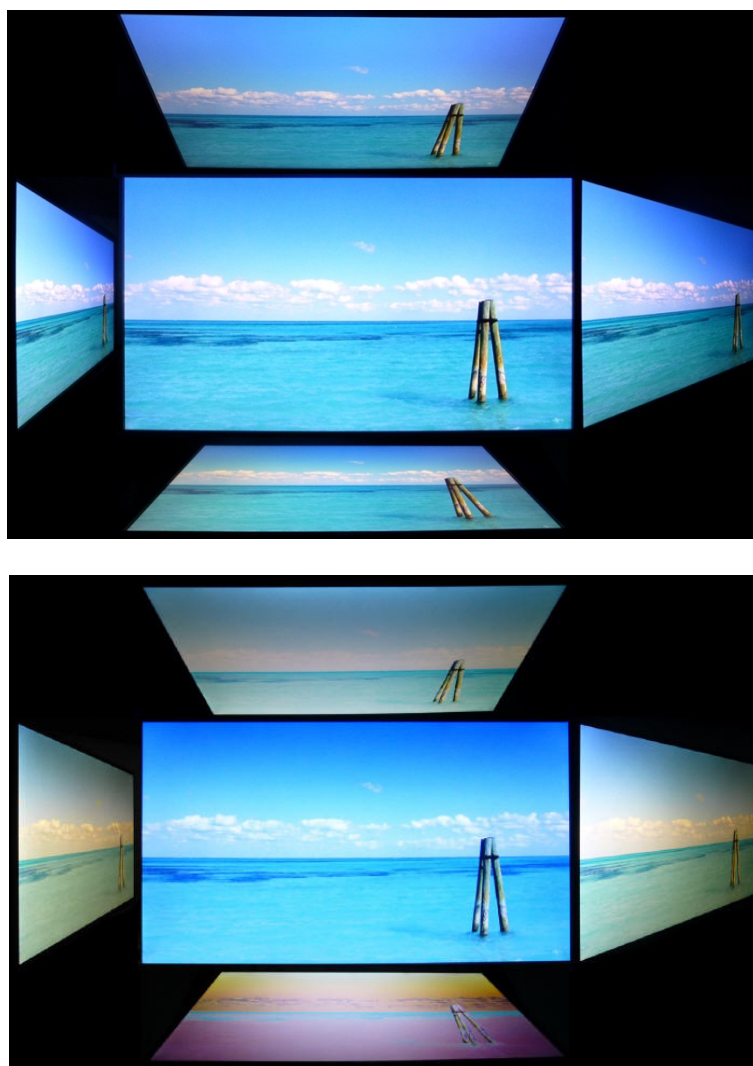
Pozorovací úhly se měří ve stupních horizontálního a vertikálního pole pohledu, tedy např. *170/160* ( $170^\circ$  horizontálně,  $160^\circ$  vertikálně). Kvalitní monitory pozorovatelné ze všech úhlů udávají většinou hodnoty *178/178*.

---

<sup>74</sup> Např. portfolio zařízení firmy Apple postupně kompletně přechází na gamut DCI-P3 (pokrývající podobné spektrum jako *AdobeRGB*).

Nicméně tyto hodnoty mohou být zcela zavádějící, neboť tolerance, s jakou jsou udávány, se u jednotlivých výrobců liší a většinou je příliš vysoká na to, aby vypovídala o výsledné kvalitě obrazu. Hodnoty např. 170/160 se mohou zdánlivě jevit jako dostatečné, ovšem podstatná změna barevnosti se projeví již při sebemenším vychýlení úhlu pohledu.

Velikost pozorovacích úhlů monitoru závisí především na použitém typu LCD panelu – viz níže.



*Obr. 22 Pozorovací úhly dvou různých technologií LCD panelu. Nahoře IPS, dole TN.*

## **Doba odezvy**

Tekuté krystaly v LCD matrici potřebují určitý čas, za který jsou schopny změnit svou propustnost (tedy ve výsledku barvu pro oko). Tento čas se nazývá doba odezvy a v praxi určuje, jaká míra rozostření obrazu nastane při zobrazování rychle se měnícího pohyblivého obrazu. Starší LCD s tímto měli velké problémy a pohyblivý obraz se

jevil jako rozmazaný, dnešní panely jsou už ovšem v tomto ohledu na velmi dobré úrovni a pro běžné potřeby zcela dostačující.

Tento parametr je nejdůležitějším faktorem hlavně pro hráče počítačových her, kde se obraz velmi rychle překresluje.

Doba odezvy je měřena v jednotkách ms (milisekunda), její hodnoty udávané výrobci se ovšem opět velmi liší dle konkrétních způsobů měření. Dobrá výchozí hodnota je okolo 8ms a méně, kdy již většina lidí nevnímá pohybové rozostření.

## Obnovovací frekvence

Nativní obnovovací frekvence monitoru určuje, kolik celých snímků vstupního obrazu dokáže vykreslit za jednu sekundu, měřena je tedy v jednotkách *Hz* (*1 Herz*).

Běžná frekvence z počítačového výstupu je 60Hz, což je ve většině případů dostatečné pro plynulé vnímání dění na obrazovce<sup>75</sup>. V určitých případech (opět hlavně počítačové hry, či rychlé akční filmové scény) je ovšem žádoucí ještě vyšších obnovovacích frekvencí.

## Povrch obrazovky

Provedení povrchu obrazovky může mít výrazný vliv na celkový dojem kvality zobrazení na monitoru. Lesklá povrchová úprava dodává obrazu zdánlivě vyšší kontrast, ovšem za cenu nežádoucích odlesků okolí monitoru.

Naopak příliš matná, resp. antireflexní, úprava minimalizuje odlesky, avšak může způsobovat zrnitost viditelnou především ve světlých oblastech zobrazovaného obrazu. Někomu tento jev velmi vadí a odpoutává tak pozornost od samotného obsahu či snižuje čitelnost textu.

Nejoptimálnější je pravděpodobně v poslední době se vyskytující polomatná úprava obrazovky, která spojuje výhody obou dvou předchozích řešení.

Vhodná volba povrchové úpravy záleží na preferencích konkrétního uživatele a použití monitoru.

## Ostatní faktory

Existuje mnoho dalších faktorů, které ovlivňují kvalitu obrazu či pouhou praktičnost používání monitoru – mezi tyto patří například možnosti polohování, uspořádání

---

<sup>75</sup> Např. u filmu je standardem 25 snímků za sekundu, tedy 25Hz.

a možnosti ovládacího menu, spotřeba energie, množství a typy obrazových vstupů<sup>76</sup> atd.

## Typy LCD panelů

Subpixely v panelech displejů je možné sestavit v různých geometriích a pomocí několika technologií a tímto docílit různých kvalitativních vlastností displeje<sup>77</sup>.

Každá technologie je zaštiťována jinými výrobci, kteří ji neustále vyvíjí a vylepšují a proto se objevují mnohé nové variace a podskupiny těchto panelů.<sup>78</sup>

Velmi detailní technologický popis všech typů panelů lze nalézt výborně zpracovaný na webu *TFT Central*<sup>79</sup>. Základní rozdělení výrobní technologie panelů je následující:

### TN Film (Twisted Nematic + Film)

TN je nejstarší technologie LCD s řadou nevýhod. Největší z nich jsou velmi úzké pozorovací úhly, kdy i při sebemenším vychýlení pozorovatele od kolmého pohledu na obrazovku dochází k silné změně barevnosti a kontrastu. Taktéž bitová hloubka TN panelů je běžně 6 bitů a k plnému zobrazení 8 bitového obrazu užívá dithering či jiné technologické pomůcky. Oblast, kde TN vyniká, je doba odezvy a nízká cena.

Pro práci s digitálním obrazem a věrné barevné podání je TN typ panelu nedostačující.

### VA (Vertical Alignment)

VA panely existují v nespočtu dalších variací (*PVA, MVA, ...*), jejich výhodou je velmi vysoký kontrast (přesahující 3000:1) a relativně dobré pozorovací úhly oproti TN panelům. Pro práci s digitálním obrazem je VA technologie opět nevhodná, neboť

---

<sup>76</sup> Tedy vstupních konektorů, kterými je do monitoru přiváděn vlastní obrazový signál z grafické karty počítače. Tyto vstupy umožňují přenášet obraz s odlišnými parametry (maximální možné rozlišení, bitová hloubka, obnovovací frekvence apod.). Nejpoužívanějšími vstupy jsou VGA (analogový), DVI, HDMI, Display Port.

<sup>77</sup> Běžné operační systémy využívají rozložení jednotlivých subpixelů pro tzv. metodu subpixel renderingu. Tímto lze zdánlivě "navýšit" rozlišení určitých prvků na obrazovce, jmenovitě písma, které je pak vyhlazenější a lépe čitelné a teoreticky se přibližuje vzhledu v tištěné podobě. Viz Subpixel rendering. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Subpixel\\_rendering](http://en.wikipedia.org/wiki/Subpixel_rendering)

<sup>78</sup> Specifications. TFT Central [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.tftcentral.co.uk/specs.htm>

<sup>79</sup> Panel Technologies. TFT Central [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel\\_technologies.htm](http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel_technologies.htm)

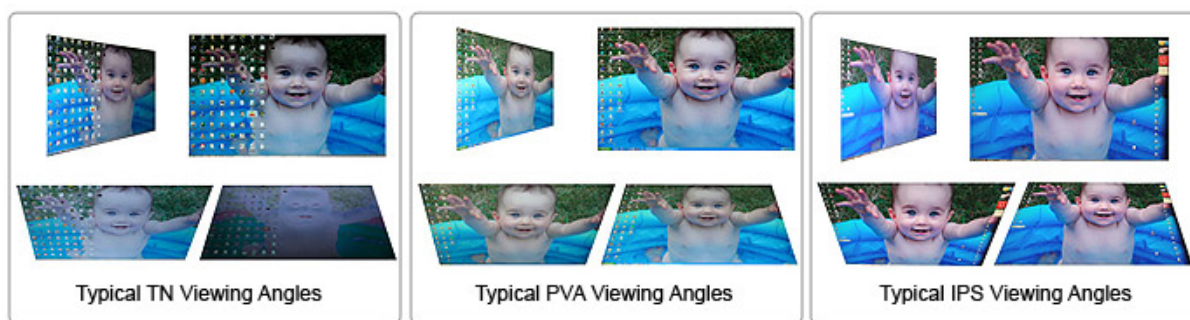
u ní dochází k tzv. *Off-centre contrast shift*, tedy změně gamma křivky a kontrastu při pozorování z úhlu. Tento jev je přijatelnější než špatné pozorovací úhly TN panelů, nicméně stále nevhodný především pro editaci digitálního obrazu<sup>80</sup>.

## IPS (In Plane Switching)

IPS a její variace (*S-IPS*, *AH-IPS*, ...) jsou v současnosti nejvhodnější (resp. jedinou možnou) technologií umožňující kvalitní reprodukci obrazu ze všech pozorovacích úhlů se stabilními barvami a kontrastem. Nabízí i dostatečnou dobu odezvy.

Nevýhodami jsou relativně nízký kontrastní poměr (okolo 1000:1) ve srovnání s VA panely, především pak kvalita zobrazení černé barvy (zobrazuje se jako tmavě šedá) a také tzv. IPS glow. Tento jev se vyznačuje zesvětlováním tmavých odstínů obrazu při pohledu z extrémních úhlů.

Všechny profesionální fotografické monitory implementují jednu z variant IPS.



Obr. 23 Typické pozorovací úhly technologií TN, VA a IPS.

## Shrnutí

V současnosti neexistuje ideální monitor typu LCD, který by dokázal ve všech aspektech zobrazovat naprosto dokonale. Přesto lze dosáhnout velmi dobré kvality a věrnosti obrazu, neboť lidský zrak mnoho nedokonalostí nevnímá či je následně v mozku koriguje<sup>81</sup>.

Základní podmínkou pro kvalitní monitor je použití IPS panelu, zbytek záleží na kvalitě ostatních komponent monitoru a implementaci dostupných technologií použitých v konkrétním modelu zařízení.

<sup>80</sup> Kontrast a gamma křivka obrazu je u VA panelu zobrazena správně pouze při kolmém pohledu, se sebemenším vychýlením se tyto hodnoty změň

<sup>81</sup> Např. problematické zobrazení černé barvy není běžně znatelné, neboť při běžné úrovni okolního osvětlení či jiných jasných prvků v samotné zobrazované scéně se i tmavě šedá barva zdánlivě jeví oku jako plně černá (okolní jas je natolik intenzivní, že v relaci k němu oko nerozlišuje detailněji tmavé odstíny). Naopak v noci se oko přizpůsobí a rozliší odstíny šedé s mnohem větší intenzitou.

Pro běžné použití na prohlížení fotografií, webu apod. jsou vhodné modely přesně pokrývající gamut *sRGB*. Profesionální fotografové a grafici vyžadují displeje s přesným pokrytím nejen *sRGB*, ale i širších gamutů, rovnoměrné podsvícení celé plochy panelu a stabilní zobrazení barevných přechodů, tedy 8 či 10 bitové panely. Profesionální grafické monitory také nabízejí další řadu funkcí – hardwarovou kalibraci (která může např. u těch nejšpičkovějších modelů probíhat i zcela automaticky bez uživatele přímo integrovanou sondou – viz kapitola Kalibrace monitoru), garantovanou rovnoměrnost podsvícení a především pak naprostou stabilitu barevnosti a kontrastu obrazu nezávislou na čase či zahřívání monitoru (čímž běžné monitory mohou trpět).

Bohužel při výběru monitoru se nelze zcela spoléhat pouze na výrobcem udávané specifikace, neboť metodika a přesnost měření jednotlivých parametrů není jednotná. Při výběru monitoru je tedy nutné se přesvědčit o vlastnostech daného modelu na některém z renomovaných webů zabývajících se testováním zobrazovačů:

*TFT Central* (<http://www.tftcentral.co.uk>)

*PRAD* ([www.prad.de](http://www.prad.de))

*Extrahardware* (<http://www.cnews.cz/hardware>)

*PC Monitors* (<https://pcmonitors.info>)

Všechny tyto weby provádějí detailní testování monitorů v laboratorních podmínkách za pomoci kvalitních kalibračních sond a poskytují tak komparativní výsledky.

Ani po ověření kvality konkrétního modelu monitoru pomocí recenzí a testování ovšem není možné počítat s jednotnými vlastnostmi u každého vyrobeného zařízení. Především barevným nastavením a kvalitou podsvícení se kus od kusu liší z důvodu technologických možností výroby a stárnutí komponent.

Nejen z tohoto důvodu je pro optimální výsledky nutné i kvalitní monitor správně nakalibrovat.

# KALIBRACE MONITORU

Každý monitor zdrojový signál interpretuje jinak (v závislosti na svých technologických možnostech a nastavení uživatelem). Situaci lze přeneseně přirovnat například k vaření<sup>82</sup>, kde namísto digitálního obrazového souboru figuruje recept pokrmu a monitory zde představují jednotlivé kuchaře. Pokud v této analogii rozdáme jeden recept dvaceti různým kuchařům, nikdy nezískáme stejný pokrm, protože každý z nich má jiné zvyklosti, dovednosti a schopnosti. Stejně tak každé zobrazovací zařízení má své specifické schopnosti a vlastnosti, jak digitální obraz zobrazit.

Naštěstí jsou digitální technologie naprosto exaktní a lze tedy tento problém poměrně jednoduše řešit. Pro získání všeobecně jednotných výsledků je tedy třeba zvolit referenční normované hodnoty, které jsou univerzálně uznávané jako správné a nastavit všechna zařízení právě na ně. Tomuto procesu se říká *kalibrace*.

Cílem kalibrace je sladit monitor dle všeobecně platné normy tak, aby v rámci svého gamutu zobrazoval všechny možné barvy správně, tedy normovaně. Po dosažení tohoto cíle monitor zobrazuje obsah přesně dle stanovených referencí a tedy přesně tak, jak bylo záměrem jeho původního tvůrce. Lze se tedy spolehnout, že fotografie zobrazená na nakalibrovaném monitoru na jedné straně planety bude zobrazena identicky na nakalibrovaném monitoru na straně druhé.

Kalibrace také umožňuje přesně simulovat v grafických programech profily dalších zařízení, jako jsou jiné monitory či tiskárny, tedy předtiskovou přípravu dat a přesný náhled podoby výsledného tisku již v grafickém programu.<sup>83</sup>

Kalibrovat lze nejen monitory, ale teoreticky všechna zařízení, která zobrazují či tisknou – projektory, tiskárny, tablety, mobilní telefony atd.

## Proces kalibrace

Samotná kalibrace je proces, kdy se pomocí tzv. *kalibrační sondy* přesně změří aktuální obrazový výstup monitoru. Sonda je zařízení, které se přiloží na povrch obrazovky a je schopné velmi přesně naměřit odchylky jednotlivých barev, míru jasu, kontrast apod.

---

<sup>82</sup> FRASER, Bruce, Chris MURPHY a Fred BUNTING. Real world color management. 2nd ed. Berkeley, CA: Peachpit Press, 2005. ISBN 02-017-7340-6. Str. 52

<sup>83</sup> tzv. Softproofing (viz kapitola Správa barev)

Měření v praxi probíhá zobrazováním jednotlivých barevných odstínů a speciálních obrazců, jako je škála odstínu šedé, které se zobrazují na displeji a sonda následně porovná naměřené hodnoty s referenčními. Výsledky těchto porovnávacích měření se následně použijí pro korekci odchylojících se hodnot.



Obr. 24 Kalibrační sonda umístěná na monitoru.

## LUT

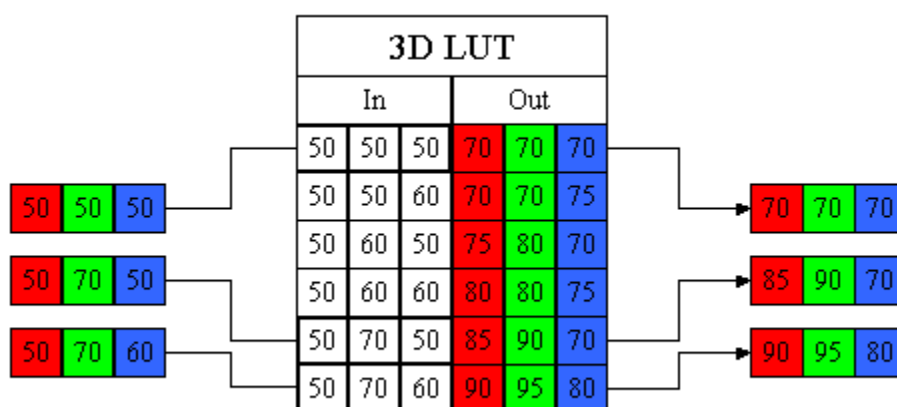
Korekce hodnot probíhá v tzv. *LUT* (*look up table*), neboli vyhledávacích tabulkách. LUT je tabulka hodnot sloužící pro převod vstupních parametrů obrazových bodů na výstupní<sup>84</sup>. Její přesnost je závislá na její velikosti, udávané v bitech.

LUT se nacházejí v grafické kartě počítače, v monitoru, ale také v jednotlivých ICC profilech.

Pokud je velikost tabulky nedostatečná, dochází po kalibraci k chybám v zobrazení, jmenovitě tzv. bandingu neboli posterizaci. Tato chyba se projevuje neplynulými přechody barevných odstínů, které jsou zobrazeny skokově (rozsah jednotlivých barev není dostatečný pro zobrazení plynulého přechodu).

Grafické karty poskytují většinou pouze 8bitovou LUT, zatímco profesionální grafické displeje až 16bitovou, případně tzv. *3D LUT*, která zvyšuje přesnost ještě více.

<sup>84</sup> ŠIML, David. Správa barev. Praha, 2012. Diplomová práce. Str. 46



Obr. 25 Příklad 3D náhledové tabulky. Vstupní hodnoty se převádějí na výstupní dle definicí uložených v tabulce.

## Cílové parametry

Na počátku každé kalibrace je třeba zvolit hodnoty, na které požadujeme daný displej kalibrovat. Jedná se o jas, barevnou teplotu a hodnotu gamma křivky. Existuje několik norem těchto hodnot dle jejich použití pro zobrazení či tisk, ovšem v současnosti se ustálil univerzální standard kalibrace na těchto hodnotách<sup>85</sup>:

*jas 120 cd/m<sup>2</sup>, barevná teplota 6500K, gamma 2.2*

## Okolní osvětlení

Některé nástroje pro kalibraci<sup>86</sup> umožňují měření barevné teploty a intenzity (jasu) okolního (tzv. *ambientního*) osvětlení a následně vyvážit cílové parametry kalibrace obrazu dle tohoto měření. Vyvažují tedy zobrazení na monitoru v reálném čase relativně k okolnímu osvětlení stejně jako to dělá lidské oko.

Ačkoliv se toto může zdát jako logická a užitečná funkce, standardizované hodnoty pro kalibraci monitoru uvedené výše jsou přesto doporučeny nezávisle na tom, s jakým cílem a v jakém prostředí kalibrujeme – tedy jak pro prohlížení obrazu na monitorech, tak pro jeho úpravu na tisk.

Pokud pracujeme v profesionálním studiu, které má konstantní osvětlení a upravujeme digitální obraz cíleně pro výstup na konkrétní nakalibrovanou tiskárnu, je možné si samozřejmě přizpůsobit cílové parametry dle těchto skutečností.

<sup>85</sup> FRASER, Bruce, Chris MURPHY a Fred BUNTING. Real world color management. 2nd ed. Berkeley, CA: Peachpit Press, 2005. ISBN 02-017-7340-6. Str. 133

<sup>86</sup> nebo elektronika a sensory integrované přímo v některých monitorech

Ovšem tento případ nastává málokdy – většinou pracujeme v prostoru s proměnlivým osvětlením a obraz upravujeme pro různé účely (tedy pro výstup na dopředu neznámých zařízeních). Právě z tohoto důvodu se kalibrují monitory na určitý standard, který je jednotný a nezávislý. Pokud poté potřebujeme přesný náhled toho, jak by obraz vypadal na konkrétním jiném zařízení, použijeme tzv. *Softproofing* v grafickém editoru.

*Softproofing* je metoda, která umožňuje simulaci barevnosti obrazu jiného zařízení dle jeho ICC profilu (viz kapitola Správa barev).<sup>87</sup>

Pro pouhé prohlížení digitálního obrazu tedy může být metoda kompenzace jasu a barevné teploty osvětlení dle okolí vhodná (především u mobilních zařízení, se kterými se neustále pohybujeme v různém prostředí), ovšem pro editaci obrazu nikoliv.

## Přesnost kalibrace

Přesnost kalibrace je možné vyjádřit pomocí tzv. odchylky *Delta E*, která vyjadřuje vzdálenost referenčního barevného odstínu na CIE diagramu od toho naměřeného po kalibraci. Čím je hodnota *Delta E* nižší, tím je zobrazení přesnější. Hodnoty *Delta E* lze vyčíst z vyhodnocení kalibračního procesu, který proběhne na konci každé kalibrace.

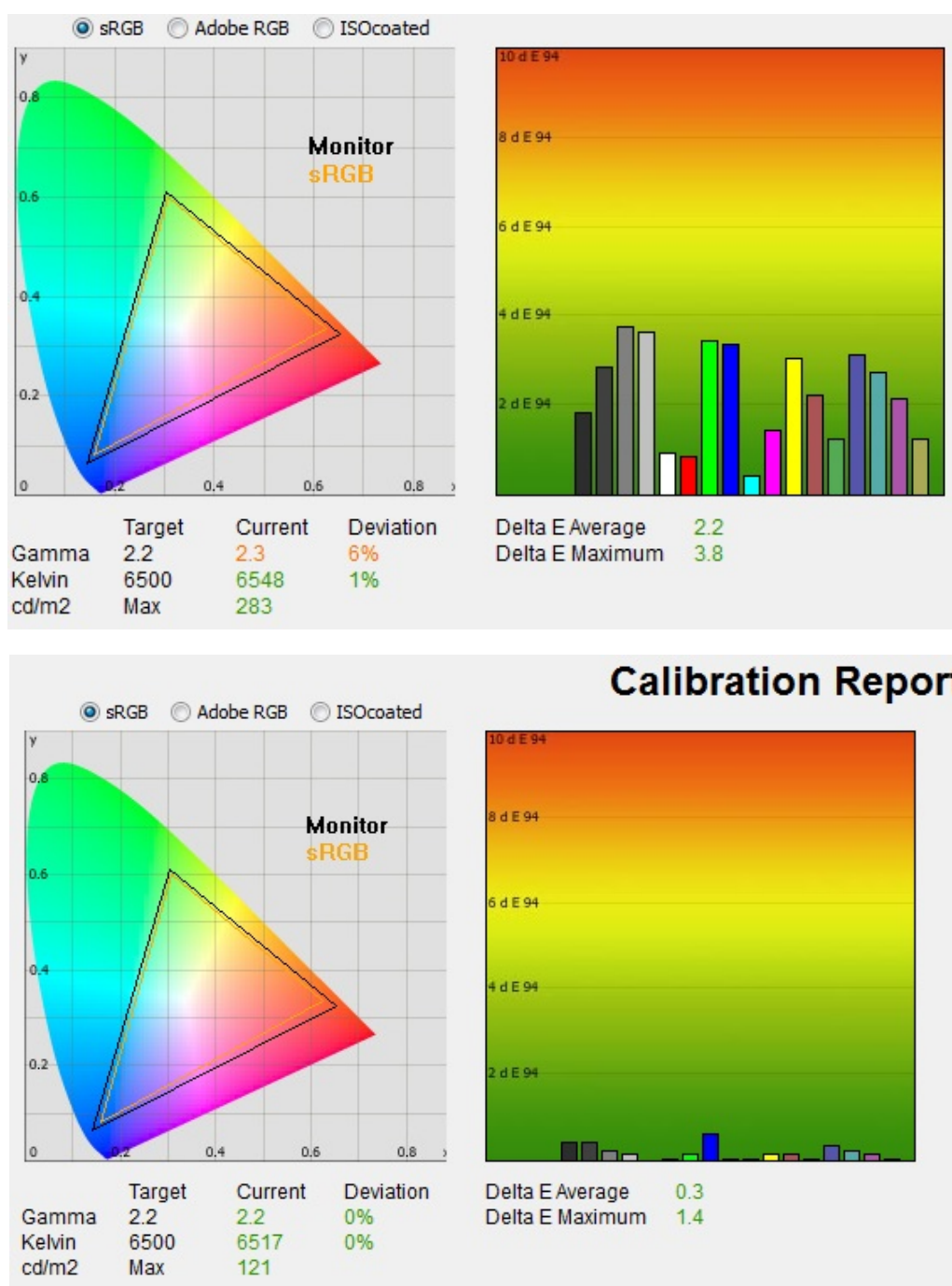
Barevné odchylky *Delta E* větší než 3 znamenají výraznou barevnou neshodu běžně viditelnou okem, hodnoty menší než 2 lze považovat za víceméně úspěšnou kalibraci, ovšem se stále okem zachytitelnou barevnou neshodou. Až hodnoty *Delta E* menší než 1 lze považovat za lidským okem nerozlišitelný rozdíl a naprosto úspěšnou kalibraci.<sup>88</sup>

V praxi úspěšná kalibrace samozřejmě závisí na kvalitě kalibrační sondy a její schopnosti přesně měřit dané parametry.

---

<sup>87</sup> ŠIML, David. Správa barev. Praha, 2012. Diplomová práce. Str. 80

<sup>88</sup> Dle referenčních hodnot výrobce kalibračních zařízení a softwaru *LaCie*.



Obr. 26 Výsledky měření stejného monitoru sondou. Nahoře před kalibrací (vysoké odchylky Delta E u jednotlivých barevných odstínů), dole pak po kalibraci (nízká Delta E). Nalevo je znázorněn gamut monitoru naměřený sondou – tento konkrétní monitor pokrývá zhruba prostor sRGB.

## Kalibrační sondy

Při výběru kalibrační sondy je třeba dbát na její technické parametry udávané výrobcem a zvolit správný přístroj dle konkrétního použití. Některé starší sondy například mají problémy s měřením LED podsvícení monitorů či displejů pokrývajících širší barevné gamuty.

Existují dva typy sond, které se fundamentálně liší v tom, jakým způsobem měří barvu. V zásadě lze konstatovat, že pro kalibraci monitorů je vhodný jakýkoliv z nich, pokud disponuje dostatečnou přesností a stálostí výsledků.<sup>89</sup>

## Kolorimetr

Většina sond užívaných ke kalibraci monitorů jsou tzv. *kolorimetry*, které jsou i finančně nejdostupnější. Měří světlo displeje procházející třemi barevnými filtry (RGB). Nemá vlastní světelný zdroj a lze ho tedy použít výhradně na měření monitorů.

## Spektrofotometr

Na rozdíl od kolorimetru má vlastní světelný zdroj a lze jej tedy použít na měření jak displejů, tak tiskových výstupů na papíře. Jeho princip fungování je mnohem složitější – zjednodušeně vysílá elektromagnetické záření, které se odráží od povrchu předmětů a následně měří tento odraz.

## Typy kalibrací

Rozlišujeme několik typů kalibrací monitorů dle její výsledné přesnosti.

## Softwarová kalibrace

Nejběžnější a nejdostupnější je tzv. softwarová kalibrace. S její pomocí lze naka-librovat teoreticky jakýkoliv displej, záleží jen na softwarové podpoře konkrétní sondy, pro jaké typy zařízení je kalibrace umožněna. Teoreticky lze např. kalibrovat i displeje mobilních zařízení.

U tohoto typu kalibrace je sonda připojena k počítači a spolupracuje s příslušným softwarem, do kterého uživatel zadá požadované cílové parametry kalibrace. Následně se sonda přiloží na monitor a uživatel je krok po kroku proveden vlastním procesem kalibrace. Dle pokynů na obrazovce pak mění ručně hardwarovými ovládacími prvky

---

<sup>89</sup> X-Rite i1 Pro. TFT Central [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://www.tftcentral.co.uk/reviews/i1\\_pro.htm](http://www.tftcentral.co.uk/reviews/i1_pro.htm)

Jaký je rozdíl mezi kolorimetrem a spektrofotometrem? Kalibrace-monitoru.eu [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.kalibrace-monitoru.eu/jaky-je-rozdil-mezi-kolorimetry-a-spektrofotometri/>

monitoru jednotlivé parametry, jako je vyvážení barev, jas a kontrast. Sonda průběžně měří jednotlivé změny a po dosažení neoptimálnější hodnoty dá signál uživateli.

Další fází procesu je tzv. profilace, při které se vytvoří ICC profil monitoru, který obsahuje všechny barevné korekce, kterých nebylo možné dosáhnout přímo pomocí ovládacího menu monitoru. Tento ICC profil monitoru je poté nastaven jako výchozí v operačním systému počítače a je použit pro veškerý obrazový výstup z grafické karty<sup>90</sup>.

Barevné korekce jsou tedy prováděny v LUT grafické karty, což není ideální vzhledem k jejímu relativně malému rozsahu. Pokud tedy kalibrujeme nekvalitní monitor, jehož výchozí stav byl velmi odchýlen od požadovaných optimálních hodnot, je velká pravděpodobnost, že nastanou v zobrazení chyby – především *posterizace*<sup>91</sup> a výsledná kvalita obrazu tak nebude dokonalá.

Softwarová kalibrace tedy dosahuje optimálních hodnot kombinací ručního nastavení parametrů monitoru v jeho menu<sup>92</sup> a vytvořeného ICC profilu.



Obr. 27 Příklad ovládacích tlačítek a OSD menu monitoru HP

<sup>90</sup> V žádném případě se tento profil nenastavuje jako pracovní profil v grafickém editoru, jak je občas mylně předpokládáno.

<sup>91</sup> Posterizace, neboli *bandingu*, je termín označující neplynulé (skokové) zobrazení barevných přechodů

<sup>92</sup> tzv. OSD (on screen display). OSD je softwarové ovládací menu monitoru, které umožňuje změny jeho parametrů (jas, kontrast, vyvážení barev apod.). Jelikož se sonda umísťuje do středu obrazovky, je důležité, aby kalibrovaný monitor umožňoval přesunutí zobrazovaného OSD mimo střed obrazovky.

## Hardwarová kalibrace

Nejpřesnější a nejkvalitnější způsob kalibrace, kdy jsou veškeré korekce prováděny přímo interně v LUT monitoru. Kalibrační sonda je připojena přímo do monitoru samotného a celý proces je automatický, uživatel jen zvolí požadované cíle kalibrace (většinou přes specifický software dodávaný k monitoru) a monitor provede veškeré potřebné kroky sám. Odtud její název – je kalibrován samotný hardware, tedy elektronika monitoru, nejedná se tedy o softwarovou profilaci.

Nehrozí tedy žádné obrazové artefakty způsobené převodem profilů či nedostatečným rozsahem LUT, jako je tomu u softwarové profilace. Výhodou také je, že kalibrace monitoru není závislá na jediném připojeném počítači a je tudíž platná pro všechna zařízení, která se k monitoru připojují (na rozdíl od softwarové kalibrace, která je pevně vázána na vytvořený ICC profil uložený v konkrétním počítači, i když tento profil je samozřejmě také lehce přenositelný jakýmkoliv datovým médiem).

Hardwarovou kalibrací disponují většinou jen profesionální grafické monitory, které její účinnost ještě podtrhují vynikajícími parametry samotného LCD panelu a jeho elektroniky. Některé z těchto monitorů mají dokonce sondu integrovanou přímo do sebe a umožňují tak zcela automatickou, pravidelnou a bezúdržbovou kalibraci bez jakéhokoliv zásahu uživatele (kalibrace tak může například probíhat každou noc).

## Vizuální kalibrace

Vizuální je nejjednodušší typ kalibrace, ovšem je velice nepřesná a nejedná se ve své podstatě ani o kalibraci jako takovou, neboť nevyžaduje měřicí sondu.

Jedná se o případ, kdy již pouhým okem lze na první pohled rozpoznat, že daný monitor je velmi nepřesný, například obraz je příliš kontrastní, má jistý barevný nádech, apod. Trénované oko dokáže tyto nepřesnosti zachytit s větší pravděpodobností než oko nezkušené uživatele.

Pokud tedy rozpoznáme, že obraz není v pořádku, existují kupříkladu softwarová řešení integrovaná přímo do operačních systémů Windows a OS X, která umožňují dle speciálních obrazců a algoritmů uživatele krok po kroku navést k přenastavení parametrů zobrazení, jako je jas, kontrast, gamma křivka či barevná teplota a tyto změny pak uložit do nově vytvořené ICC profilu monitoru, který poté operační systém automaticky danému monitoru přiřadí.

Vizuální kalibraci lze všeobecně považovat za krajní řešení a rozhodně se na ni nelze spoléhat jako na exaktní. Nastavování parametrů dle pouhého oka je zákonitě velmi nepřesné.

## Stálost kalibrace

Jelikož všechny monitory mění své parametry v závislosti na svém stáří a opotřebení především modulu podsvícení, je kalibrace časově nestálá a pro optimální výsledky je ji nutno provádět v pravidelných časových intervalech.

Tento interval záleží na požadované přesnosti, v normálních podmínkách profesionálního fotografa to může být jednou za čtvrt roku, zatímco vytížené tiskové studio bude kalibraci provádět pravděpodobně i několikrát do měsíce.

## Shrnutí

Teoreticky, pokud vezmeme v úvahu ideální a nereálný stav, že by všechna zobrazovací zařízení na světě byla správně nakalibrována, byl by jejich obraz naprosto tonálně i barevně sjednocen a byl totožný.

V praxi ovšem i správně nakalibrované dva odlišné monitory postavené vedle sebe nemusí mít viditelně stejný obraz, neboť se mohou lišit svými technologickými možnostmi, jako je barevný gamut či bitová hloubka. Pokud zobrazovaný soubor přesáhne svými parametry technologické možnosti jednoho z monitorů, nastává odlišnost výsledného zobrazení.

Dejme tomu, že porovnáváme obraz dvou odlišných monitorů. Jeden ze zobrazovačů je profesionální grafický monitor s *LCD* maticí typu *IPS* schopný zobrazit plné spektrum prostoru *Adobe RGB* a dosahuje barevné hloubky plných 10 bitů. Druhý monitor je taktéž kvalitní zařízení s maticí *IPS*, ovšem je omezen gamutem *sRGB* a 8 bitovou barevnou hloubkou (tedy běžný kvalitní komerční monitor).

Zobrazíme-li na monitorech obrazový soubor, který je definován v 8 bitové barevné hloubce a prostoru *sRGB*, bude výsledné zobrazení na obou monitorech totožné<sup>93</sup>.

Ovšem pokud bude daný obraz definován v 16 bitové hloubce a prostoru *Adobe RGB*, bude se výsledné zobrazení lišit. Druhý zmíněný monitor nemá totiž technologické možnosti obraz plně zobrazit, ovšem v rámci těchto možností zobrazuje všechny jím zobrazitelné barevné odstíny správně.<sup>94</sup>

---

<sup>93</sup> Neberme-li v potaz odchylky, jako je nerovnoměrnost podsvícení či rozdíl v kontrastu obrazovek apod.

<sup>94</sup> Po provedení převodu mezi jednotlivými prostory, kdy se barevné odstíny mohou celkově změnit.

# PRAKTICKÉ WORKFLOW

Tato kapitola obsahuje shrnutí všech kroků, u kterých probíhá správa barev od prvotního vytvoření digitálního obrazového souboru, přes jeho úpravy v grafickém editoru až po finální zobrazení na monitoru.

Jednotlivé kroky si lze analogicky představit jako průhledné fólie, které představují jednotlivé barevné profily, které postupně vrstvíme na obrazový soubor. Pokud jsou fólie kvalitní a propouštějí 100% původního obrazu bez jakéhokoliv přidaného zabarvení (tedy korektní nastavení správy barev u každého kroku), původní obraz bude při položení poslední fólie nezměněn. Jestliže ale jakákoliv z fólií nebude na 100% průchozí, výsledný obraz se změní (tedy v nějakém z kroků je chybné nastavení či nesprávná kalibrace zařízení).

Postupně tedy obraz prochází těmito fázemi, u kterých probíhají následující úkony v rámci správy barev:

0. *Reálný obraz*
1. *Záznam obrazu – kalibrace a profil fotoaparátu*
2. *Obrazový soubor – přiřazení ICC profilu definující gamut obrazu*
3. *Grafický editor, prohlížeč – nastavení pracovního gamutu*
4. *Operační systém – barevný profil monitoru, převzorkování obrazu*
5. *Výstup grafické karty – korekce barev v náhledové tabulce karty*
6. *Elektronika monitoru – korekce barev v náhledové tabulce monitoru*
7. *LCD panel – zobrazitelný gamut a bitová hloubka*
8. *Výstupní obraz na monitoru*

## Příklad

Pro jednoduché přiblížení workflow zpracování digitálního obrazu si představme následující situaci – jako fotograf máme za úkol nafotografovat reprodukce uměleckých děl výstavy obsahující výběr ze stále sbírky nějakého renomovaného muzea umění. Jedná se tedy o mix děl v rozsahu od obrazů starých barokních mistrů až po postmoderní a současné umění. Budeme se tedy potýkat s jemně odstupňovanými a potměšilými tóny olejomalb a zároveň s křiklavým rozsahem zářících barev pop-artu. Výsledné fotografie budou muset vyhovět pro účely archivace, zobrazení na digi-

tálních obrazovkách a pro tisk katalogů. Fotografie musí tedy být naprosto věrné realitě. Pro dosažení barevně a tonálně věrných fotografií budeme postupovat následovně:

V ateliéru, kde bude veškeré fotografování uměleckých objektů probíhat, si pomocí kalibračního terče nekalibrujeme výstup fotoaparátu ke konkrétním studiovým světlům, která budeme používat v průběhu celého procesu fotografování (budeme tedy pracovat s konstantním osvětlením o jednotné barevné teplotě). Terč umístíme na scénu tak, aby byl rovnoměrně nasvícen a vytvoříme testovací snímek ve formátu RAW.

Tento snímek otevřeme v RAW konvertoru a s pomocí softwaru dodaného ke kalibračnímu terči vytvoříme barevný profil fotoaparátu a zároveň si přesně vyvážíme barevnou teplotu (dle bílé plochy na terči). Následně budeme tento profil a vyvážení používat u převodu všech snímků z RAW dat na obrazové soubory.

Jelikož požadujeme co nejvyšší archivační kvalitu, zvolíme jako výsledný formát při převodu RAW dat bezztrátově komprimovaný formát TIFF o barevné hloubce 16 bitů a nejširším barevném gamutu *ProPhoto RGB*. Tímto zajistíme záznam maximálního možného počtu barev a tónu.

Digitální fotografii ve formě datového souboru máme v této fázi hotovou, nyní musíme nastavit počítač a monitor tak, abychom ji mohli správně zobrazit a editovat.

V grafickém editoru, který budeme používat k zobrazení a editaci souboru, nastavíme pracovní prostor na profil *ProPhoto RGB*.<sup>95</sup>

Předpokládejme, že náš pracovní monitor je kvalitní běžně dostupný LCD model s IPS panelem pracující v režimu 8 bitů a plně pokrývá gamut *sRGB*. Nejedná se tedy o profesionální grafický monitor, který by umožnil zobrazení v režimu 10 bitů, prostoru *Adobe RGB* a poskytoval hardwarovou kalibraci.

Náš monitor tedy musíme nakalibrovat softwarově pomocí kalibrační sondy a programu, který nás provede samotným procesem kalibrace, při kterém budeme přímo přes ovládací menu monitoru měnit nastavení jeho elektroniky (tedy jas, kon-

---

<sup>95</sup> Tato volba je závislá na tom, za jakým účelem budeme soubor editovat. Pokud již dopředu víme, že finální fotografie bude sloužit pouze k zobrazení na webu, můžeme nastavit i profil *sRGB*... Přijdeme tím ovšem hned od začátku editace o všechny ostatní barvy, které obsahoval soubor definovaný v *ProPhoto RGB*. Pokud bychom se později rozhodli pro jiný výstup než pouze na web, tyto barvy zpět už nikdy nezískáme. Proto je doporučeno za každých okolností nastavit pracovní prostor na co nejširší gamut.

trast, barevnou teplotu). Na konci procesu kalibrace uloží program barevný profil monitoru, který obsahuje veškeré potřebné barevné korekce (fungující pouze ve spojení s ručním nastavením v menu monitoru).

Tento profil je v operačním systému počítače nastaven jako výchozí profil pro náš monitor. To znamená, že veškerý obrazový výstup z grafické karty<sup>96</sup> našeho počítače prochází korekcemi tohoto profilu, které probíhají v náhledové tabulce (*LUT*) grafické karty, která má většinou rozsah pouze 8 bitů, takže může při korekcích docházet k obrazovým artefaktům (neplynulým přechodům barev). Pokud bychom měli k dispozici profesionální hardwarově kalibrovatelný monitor, korekce by probíhaly v jeho interní *LUT*, která má větší rozsah a nemůže tak docházet k obrazovým chybám.

Jakmile máme správně nastavený grafický software a nakalibrovaný monitor, můžeme otevřít fotografie k editaci. Naše obrazové soubory uložené v 16 bitové barevné hloubce s gamutem *ProPhoto RGB* se pro zobrazení na našem výše určeném monitoru v editoru převedou na 8 bitovou hloubku a do profilu *sRGB*. Neuvidíme tedy všechny barvy obsažené v souborech, ale jen ty, které po převodu gamutů dokáže zobrazit náš monitor. Přesto můžeme se soubory bezpečně pracovat s vědomím, že nepřicházíme o žádné barvy například pro budoucí tisk či zobrazení na široko-gamutovém monitoru či jiném budoucím zařízení s lepšími zobrazovacími možnostmi.

---

<sup>96</sup> Grafická karta je počítačový komponent starající se o zpracování obrazu a jeho výstup do monitoru.

# ZÁVĚR

Od dob prvních fotografií až po nedávný přechod k digitální technologii záznamu bylo pro zhotovení kvalitního snímku třeba dvou poměrně odlišných typů dovedností – za prvé dokázat technicky i umělecky kvalitně fotografii pořídit, za druhé pak rozsáhlých znalostí chemických a fyzikálních principů vyvolávání fotografického filmu a samotných snímků. Tyto dva aspekty fotografie byly spolu vždy neodlučně spjaty a pro docílení kvalitních analogových fotografií bylo třeba perfektní zvládnutí obou disciplín.

Zdánlivá jednoduchost a instantní výsledky digitálního obrazu však do velké míry eliminují nutnost znalostí z druhé zmíněné disciplíny, neboť ihned po zmáčknutí spouště fotoaparátu je obraz zaznamenán, je okamžitě viditelný a použitelný. Tato eliminace je ovšem pouze zdánlivá – tak jako bylo dříve naprosto zásadní dodržovat technologické postupy při chemickém vyvolávání obrazu, je dnes nutné dodržovat postupy zpracování digitálního obrazu a správy barev mezi zařízeními, které jsou neméně rozsáhlé a důležité pro dosažení kvalitního výsledku, nelze je tedy vynechat.

Na první pohled se může správná práce s digitálním obrazem, tedy všechny ty úkony obsahující kalibrování fotoaparátů a displejů, přiřazování a převody barevných profilů a veškeré ostatní metody správy barev popsané v této diplomové práci, zdát jako velmi složitá a náročná disciplína vymezená pouze pro technicky zdatné jedince. Myslím si ale, že v praxi není třeba znát fyzikální zákony světla a složité technologické pozadí všech procesů – stačí se řídit prostou logikou, znalostí několika pravidel a postupů popsanych právě v této diplomové práci a kvalitní výsledek ve formě precizního věrného obrazu bude relativně jednoduše dosažen.

Mezi zachycením obrazu senzorem digitálního fotoaparátu a jeho finálním zobrazením je dlouhá cesta zpracování obrazových dat, ale bez kvalitního a nakalibrovaného displeje, na kterém je snímek prohlížen či editován, nebude ani při správném dodržení správy barev v celém procesu výsledek optimální.

V současnosti jsou běžně dostupné technologie pro zpracování a zobrazení obrazu na takové úrovni, která umožňuje téměř naprostou věrnost digitálního obrazu původní zobrazované skutečnosti. Přesto je ale zcela běžné, že se při zpracování obrazu správa barev neaplikuje správně či úplně vynechává, a to často i v profesionální sféře, což je dle mého názoru velký problém a překážka k všeobecně kvalitnímu digitálnímu obrazu.

Často je také tragická úroveň kvality mnoha displejů, na kterých si běžní konzumenti digitálního obsahu obraz prohlížejí (od počítačů až po mobilní telefony), což je vzhledem k všeobecně sílícímu trendu „elektronických tiskovin“ taktéž závažný problém. Je to dáno především použitím nekvalitních a levných LCD panelů a špatného barevného nastavení obrazovek již z výroby.

Situace se ale postupně výrazně zlepšuje a zdůrazňování kvality displejů u zařízení se stává i marketingovým prostředkem pro posílení prodeje, tudíž se na ní výrobci více zaměřují. Do nedávna byly např. u notebookových displejů zcela běžné LCD panely typu *TN* s nízkým rozlišením, nízkým kontrastem a barevným gamutem nepokrývajícím ani *sRGB* standard, které podávaly opravdu špatný obraz za jakýchkoliv podmínek.

V současnosti se stále více používají kvalitní *IPS* panely s vysokým a jemným rozlišením, především pak u mobilních zařízení, kde se lze často setkat i s technologií *OLED* či jejími deriváty. Kupříkladu společnost Apple začíná dokonce v celém svém portfoliu produktů (od počítačových monitorů po mobilní telefony) osazovat displeje pokrývající široký barevný prostor *DCI-P3*, což je jistě cesta správným směrem a inspirace pro ostatní výrobce.

Samozřejmě není reálné, aby si každý jednotlivý uživatel kalibroval svá zařízení, naštěstí ale i tento problém mnohé společnosti začínají eliminovat kalibrací přímo z výroby (která má odchylku  $\Delta E$  natolik nízkou, že je použitelná i pro profesionální práci).

Do budoucna lze tedy očekávat vzestup těchto trendů, kdy všechna zařízení od fotoaparátů až po mobilní telefony budou postupně přecházet na kvalitnější technologie s vyšším rozlišením, širším gamutem a dobrým nastavením barev již z výroby.

Neznamená to, že pro profesionální práci nebude třeba specializovaných monitorů a kalibrace, ale běžným uživatelům bude kvalitní zobrazení dostupnější a bližší, než kdy dříve.

# SEZNAM ZDROJŮ

## Knižní zdroje

SUGIYAMA, Kunihiro. Desktop Color Handbook 07. EIZO NANA0 CORP., 2005.

ŠIML, David. Správa barev. Praha, 2012. Diplomová práce.

HAILI, Jenni. Pigment Printing. Helsinki, 2013.

GREY, Tim. Color confidence: the digital photographer's guide to color management. 1st ed. Alameda, CA: Sybex, Inc, 2004. ISBN 07-821-4316-4.

FRASER, Bruce, Chris MURPHY a Fred BUNTING. Real world color management. 2nd ed. Berkeley, CA: Peachpit Press, 2005. ISBN 02-017-7340-6.

RUCKMONGATHAN, Temkar N. Addressing techniques of liquid crystal displays. Chichester, England: Wiley, 2015. ISBN 978-1-118-70638-1.

MRÁZKOVÁ, Daniela. Příběh fotografie. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 1985. Máj (Mladá fronta).

## Internetové zdroje

Calibration Guide. TFT Central [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.tftcentral.co.uk/articles/calibrating.htm>

Specifications. TFT Central [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.tftcentral.co.uk/specs.htm>

Panel Technologies. TFT Central [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel\\_technologies.htm](http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel_technologies.htm)

Spyder Blog [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://blog.datacolor.com>

DpBestflow [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.dpbestflow.org>

Colour Theory in Painting. ENCYCLOPEDIA OF FINE ART [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.visual-arts-cork.com/artist-paints/colour-theory-painting.htm>

How to Properly Calibrate Dell U2413 / U2713H / U3014 Monitors. Photography Life [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://photographylife.com/how-to-properly-calibrate-dell-u2413-u2713h-u3014-monitors#disqus\\_thread](https://photographylife.com/how-to-properly-calibrate-dell-u2413-u2713h-u3014-monitors#disqus_thread)

ICC Frequently asked questions. International Color Consortium [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.color.org/faqs.xalter#dp9>

Best Monitor for Photography. Photography Life [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://photographylife.com/best-monitor-for-photography>

What is a 30 Bit Photography Workflow? Photography Life [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://photographylife.com/what-is-30-bit-photography-workflow>

The Myth of DPI. All About Digital Photos [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.rideau-info.com/photos/mythdpi.html>

Jaký je rozdíl mezi kolorimetry a spektrofotometry? Kalibrace-monitoru.eu [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.kalibrace-monitoru.eu/jaky-je-rozdil-mezi-kolorimetry-a-spektrofotometry/>

Definition of: LCD subpixels. PCMag.com [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/62940/lcd-subpixels>

Color Space Confusion. Dot Color [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://dot-color.com/tag/chromaticity-diagram/>

The difference between 'color gamut' and 'bit depth'. Dot Color [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://dot-color.com/2011/10/08/the-difference-between-color-gamut-and-bit-depth/>

COLOR GAMUT STANDARDS. Dot Color [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://dot-color.com/category/color-gamut-standards/>

How much color gamut do displays really need?: Part 2: How we perceive color. Dot Color [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://dot-color.com/2013/07/16/how-much-color-gamut-do-displays-really-need-part-2-how-we-perceive-color/>

The Lagom LCD monitor test pages. Lagom [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.lagom.nl/lcd-test/>

ColorChecker Passport Photo. X-Rite [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://xritephoto.com/ph\\_product\\_overview.aspx?id=1257](http://xritephoto.com/ph_product_overview.aspx?id=1257)

Barevně věrné fotografie. Jak na to? Vimeo [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://vimeo.com/58638570>

Monitoring the Situation with the BenQ PG2401PT. B&H [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.bhphotovideo.com/explora/computers/hands-review/monitoring-situation-benq-pg2401pt>

Creative Suite: Understanding color management. Adobe.com [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://help.adobe.com/en\\_US/creativesuite/cs/using/WS52323996-Do45-437d-BD45-04955E987DFB.html](http://help.adobe.com/en_US/creativesuite/cs/using/WS52323996-Do45-437d-BD45-04955E987DFB.html)

Color Management Guide [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.color-management-guide.com/conversion-mode-perceptual-relative-colorimetric-rendering-intent.html>

Get more accurate color with camera calibration. DPreview [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.dpreview.com/articles/6497352654/get-more-accurate-color-with-camera-calibration->

Barvoslepost. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Barvoslepost>

DCI-P3. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/DCI-P3>

Digital image. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_image](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_image)

Color depth. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_depth#True\\_color\\_.2824-bit.29](https://en.wikipedia.org/wiki/Color_depth#True_color_.2824-bit.29)

Graphics display resolution. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics\\_display\\_resolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_display_resolution)

Image file formats. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_file\\_formats](http://en.wikipedia.org/wiki/Image_file_formats)

Lossless Compression. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lossless\\_compression](https://en.wikipedia.org/wiki/Lossless_compression)

Lossy Compression. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lossy\\_compression](https://en.wikipedia.org/wiki/Lossy_compression)

Bits and Bytes. Web.stanford.edu [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://web.stanford.edu/class/cs101/bits-bytes.html>

Color Management Systems: Render Intent [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\\_tg/manage/renderintent.html](http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/manage/renderintent.html)

Image scaling. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_scaling#Scaling\\_methods](https://en.wikipedia.org/wiki/Image_scaling#Scaling_methods)

Cathode ray tube. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cathode\\_ray\\_tube](http://en.wikipedia.org/wiki/Cathode_ray_tube)

Plasma display. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Plasma\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_display)

OLED. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/OLED>

X-Rite i1 Pro. TFT Central [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://www.tftcentral.co.uk/reviews/i1\\_pro.htm](http://www.tftcentral.co.uk/reviews/i1_pro.htm)

Liquid-crystal display. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal_display)

Subpixel rendering. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Subpixel\\_rendering](http://en.wikipedia.org/wiki/Subpixel_rendering)

Image sensor. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Image_sensor)