

# Stanovení limitů fotoaparátů v mobilních telefonech

Štěpán Kökény

---

Bakalářská práce  
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

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

Akademický rok: 2019/2020

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Štěpán Kőkény  
Osobní číslo: A17019  
Studijní program: B3902 Inženýrská informatika  
Studijní obor: Informační technologie v administrativě  
Forma studia: Prezenční  
Téma práce: Stanovení limitů fotoaparátů v mobilních telefonech  
Téma práce anglicky: Assessments of Camera Limits on Mobile Phones

**Zásady pro vypracování**

1. Zpracujte literární rešerši na dané téma, stručně popište historii vývoje fotografie a digitální fotografie.
2. Nastiňte a popište vývoj fotoaparátů používaných v mobilních telefonech.
3. Analyzujte a srovnajte parametry digitálních fotoaparátů v mobilních telefonech vývojové řady Apple iPhone.
4. Pořídte na vybraných digitálních fotoaparátech a mobilních telefonech sadu fotografií předem definovaných scén.
5. Obrazové výstupy analyzujte a srovnajte z pohledu kvality.
6. Na základě analýzy výsledků definujte možnosti a limity fotoaparátů implementovaných v mobilních telefonech a formulujte doporučení pro koncového uživatele.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam doporučené literatury:

1. JOHNSON, William, Mark RICE a Carla WILLIAMS. *Dějiny fotografie: od roku 1839 do současnosti*. Praha: Slovart, 2010. ISBN 978-80-7391-426-4.
2. GATCUM, Chris. *Kompletní fotografie*. Brno: Zoner Press, 2018. ISBN 978-80-7413-378-7.
3. Test fotoaparátů 2019. *DTest*. Praha, 2019, 2019(4), 38-45. ISSN 1210-731X.
4. From J-Phone to Lumia 1020: A complete history of the camera phone. *Technology News, Product Reviews, Deals & How-To's [Digital Trends]* [online]. USA: Digital Trends, 2019 [cit. 2019-11-06]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/mobile/camera-phone-history/>
5. Why iPhone and Smartphone Cameras Still Lag Behind DSLRs. *MakeUseOf – Technology, Simplified* [online]. Hong Kong: MakeUseOf, 2019 [cit. 2019-11-06]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/tag/dslr-better-performance-iphone-smartphone/>

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Bc. Bronislav Chramcov, Ph.D.**  
Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání bakalářské práce: 19. prosince 2019  
Termín odevzdání bakalářské práce: 27. května 2020



---

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
děkan

doc. Ing. Martin Sysel, Ph.D.  
garant oboru

Ve Zlíně dne 19. prosince 2019

### **Prohlašuji, že**

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne 31. 7. 2020

Štěpán Kőkény, v. r.  
podpis diplomanta



## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je analýza vývoje digitálních fotoaparátů implementovaných v mobilních telefonech, srovnání jejich parametrů se standardními digitálními fotoaparáty a následné stanovení možností a limitů těchto fotoaparátů. Praktická část je zaměřena na analýzu parametrů digitálních fotoaparátů a softwarového vybavení na vývojové řadě mobilních telefonů Apple iPhone. Dále je na předem definovaných zařízeních (mobilní telefon s operačním systémem iOS, mobilní telefon s operačním systémem Android, digitální zrcadlovka nižší třídy, digitální bezzrcadlovka vyšší třídy, digitální kompaktní fotoaparát) pořízena sada fotografií vybraných scén. Jednotlivé obrazové výstupy jsou analyzovány a srovnány především z pohledu kvality. Na základě analýzy výsledků jsou definovány možnosti a limity fotoaparátů implementovaných v mobilních telefonech a jsou formulována doporučení pro koncového uživatele.

Klíčová slova: digitální fotografie, mobilní telefon, chytrý telefon, fotoaparát, Apple, iPhone, Android

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to analyze the development of digital cameras implemented in mobile phones, to compare their parameters with standard digital cameras and to determine the possibilities and limits of these cameras. The practical part is focused on the analysis of digital camera parameters and software equipment on the development line of Apple iPhone mobile phones. In addition, a set of photographs of selected scenes are taken on predefined devices (iOS mobile phone, Android mobile phone, lower-end digital SLR, high-end digital mirrorless camera, digital compact camera). The individual image outputs are analyzed and compared mainly in terms of quality. Based on the analysis of the results, the possibilities and limits of the cameras implemented in mobile phones are defined and recommendations for the end user are formulated.

Keywords: digital photography, mobile phone, smart phone, camera, Apple, iPhone, Android

**Poděkování:**

Děkuji zejména vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Bronislavu Chramcovovi, Ph.D. za jeho čas, který mi při zpracovávání práce věnoval. Také bych rád poděkoval mým přátelům, kteří se ochotně podíleli na vzniku obsahu do praktické části. Nakonec musím poděkovat i své rodině a nejbližším, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>10</b>
1.1 REŠERŠE NA TÉMA STANOVENÍ LIMITŮ FOTOAPARÁTŮ V MOBILNÍCH TELEFONECH .....	10
1.2 REŠERŠE NA TÉMA SROVNÁNÍ FOTOAPARÁTŮ MOBILNÍCH TELEFONŮ S KLASICKÝMI DIGITÁLNÍMI FOTOAPARÁTY .....	12
<b>2 HISTORIE</b> .....	<b>17</b>
2.1 CAMERA OBSCURA .....	17
2.2 SNAHY O UCHOVÁNÍ OBRAZU .....	18
2.3 DALŠÍ VÝVOJ.....	19
<b>3 HISTORIE FOTOAPARÁTŮ V MOBILNÍCH TELEFONECH</b> .....	<b>20</b>
<b>4 SOUČASNÉ TRENDY FOTOAPARÁTŮ V MOBILNÍCH TELEFONECH</b> .....	<b>29</b>
4.1.1 Více fotoaparátů .....	29
4.1.2 Optická stabilizace obrazu .....	30
4.1.3 Noční režim .....	30
4.1.4 Rozlišení.....	31
4.1.5 Optický zoom .....	31
4.1.6 Portrétní režimy.....	32
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>33</b>
<b>5 DIGITÁLNÍ FOTOAPARÁTY VÝVOJOVÉ ŘADY APPLE IPHONE</b> .....	<b>34</b>
5.1 ANALÝZA A SROVNÁNÍ PARAMETRŮ DIGITÁLNÍCH FOTOAPARÁTŮ VÝVOJOVÉ ŘADY APPLE IPHONE .....	34
5.2 ANALÝZA A SROVNÁNÍ FOTOGRAFIÍ POŘÍZENÝCH ZAŘÍZENÍMI APPLE IPHONE .....	40
5.2.1 Fotografie krajiny .....	41
5.2.2 Fotografie protisvětla .....	45
5.2.3 Fotografie za šera .....	48
<b>6 SROVNÁNÍ KLASICKÝCH DIGITÁLNÍCH FOTOAPARÁTŮ A DIGITÁLNÍCH FOTOAPARÁTŮ IMPLEMENTOVANÝCH DO MOBILNÍCH TELEFONŮ</b> .....	<b>51</b>
6.1 ANALÝZA A SROVNÁNÍ PARAMETRŮ VYBRANÝCH ZAŘÍZENÍ .....	51
6.2 ANALÝZA A SROVNÁNÍ FOTOGRAFIÍ POŘÍZENÝCH NA VYBRANÝCH ZAŘÍZENÍCH .....	55
6.2.1 Fotografie portrétu .....	55
6.2.2 Fotografie krajiny .....	61
6.2.3 Fotografie v tmavém prostředí .....	66
<b>7 STANOVENÍ LIMITŮ FOTOAPARÁTŮ V MOBILNÍCH TELEFONECH</b> .....	<b>71</b>

7.1	VELIKOST SNÍMAČE.....	71
7.2	ZOOMOVÁNÍ.....	71
7.3	HĹOUBKA OSTROSTI.....	72
7.4	FOTOGRAFOVÁNÍ PŘI NÍZKÉM OSVĚTLENÍ .....	72
7.5	NASTAVITELNÉ PARAMETRY .....	72
7.6	REÁLNÉ PODÁNÍ BAREV.....	73
7.7	DALŠÍ LIMITY FOTOAPARÁTŮ V MOBILNÍCH TELEFONECH.....	73
7.8	CELKOVÉ ZHODNOCENÍ.....	73
<b>8</b>	<b>SHRNUTÍ A DOPORUČENÍ PRO KONCOVÉ UŽIVATELE.....</b>	<b>74</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>82</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>86</b>

## ÚVOD

Fotoaparáty se v našich mobilních telefonech objevují už více jak dvacet let. Za tu dobu se z mobilů staly výkonné zařízení, které se mnohdy svými parametry vyrovnají i běžným počítačům. Proto není žádné překvapení, že velký pokrok zaznamenaly také fotoaparáty v mobilních telefonech. Právě kvalitní fotoaparát v mobilním telefonu je dnes jedním z hlavních vlastností, které určují úspěch daného zařízení na trhu. Můžeme být svědky předhánění se jednotlivých technologických firem, které přinášejí stále sofistikovanější a pokročilejší technologie rozšiřující fotografické možnosti jejich uživatelů. V kombinaci s velkou dostupností a rozšířením těchto chytrých telefonů se z fotografování našimi mobilními telefony stala činnost, kterou provádíme často i na denní bázi, a to jak v našich pracovních životech, tak zejména i v těch soukromých. Nyní je například již zcela přirozené se na dovolených, výletech či rodinných sešlostech setkat s fotografy, kteří spíše než klasické digitální fotoaparáty využívají k pořizování snímků svoje fotoaparáty implementované v mobilech.

Vzhledem k vysoké kvalitě výsledných snímků, se kterou se můžeme u mobilních telefonů čím dál častěji střídat, není divu, že na běžné fotoaparáty narážíme ve veřejném prostoru méně a méně. To se týká hlavně fotoaparátů s nevyměnitelnými objektivy, především tedy kompaktních fotoaparátů. Ne zcela výjimečným případem je, že pokud si uživatel v dnešní době pořídí nový mobilní telefon získá zároveň také nejkvalitnější fotoaparát, který kdy vlastnil.

Právě z takovýchto důvodů vyvstávají na povrch nové otázky týkající se srovnání těchto fotoaparátů s klasickými digitálními fotoaparáty, a to jak s těmi kompaktními, tak i s pokročilejšími zrcadlovkami a bezzrcadlovkami. Jaké jsou důvody k pořízení klasického digitálního fotoaparátu v době, kdy nám tak kompaktní zařízení jako jsou chytré telefony nabízejí ve většině případů dostatečně kvalitní alternativu? A kde bude softwarové řešení vždy zůstat za fyzikálními možnostmi rozměrnějších zařízení?

Cílem této bakalářské práce je tedy zodpovědět tyto a další otázky spjaté s limity fotoaparátů v mobilních telefonech a zmapovat jejich vývoj, který vedl ke značným změnám v celém fotografickém průmyslu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Kvalita fotoaparátů v mobilních telefonech je v současné době jednou z nejdiskutovanějších vlastností v tomto odvětví, a tak nepřekvapí, že existuje velké množství článků, které se na toto téma zaměřuje. Jelikož se vlastnosti a parametry fotoaparátů v mobilních telefonech velmi rychle mění, je důležité se zaměřit pouze na články z posledních několika let. Rychlost změn je také důvod, proč neexistují nebo jsou těžko k dostání aktuální knihy, které by toto téma podrobně zkoumaly. Proto se literární rešerše opírá výhradně o články z odborných, internetových zdrojů. Nejprve budou zhodnoceny články, které komentují samotné limity fotoaparátů v mobilních telefonech a na ty následně navážou články srovnávající konkrétní fotografie z různých zařízení.

### 1.1 Rešerše na téma stanovení limitů fotoaparátů v mobilních telefonech

První vybraný článek [1] hovořící o tomto tématu je od českého prodejce a poskytovatele služeb v oblasti fotografie CEWE FOTOLAB. Hned v úvodu je zmíněno, že v současnosti již fotoaparáty v mobilních telefonech předčily svou kvalitou snímků kompaktní fotoaparáty. Dále se však hovoří o menší variabilitě v nastavení expozičních parametrů fotomobilů. Článek upozorňuje také na to, že nové funkce jako například portrétní režim či noční režim jsou dostupné pouze u dražších mobilních telefonů, jejichž cena je srovnatelná s výbavou pro amatérské focení zahrnující digitální zrcadlovku nižší třídy (DSLR) společně s vyměnitelnými objektivy.

Samotné limity jsou shrnuty do tří hlavních oblastí. První hovoří o snímačích, druhá o optice a poslední o ergonomii.

Velikost snímače je zde uvedena jako jedna z nejdůležitějších aspektů v digitální fotografii. Podstatná není pouze velikost samotného snímače, ale hlavně velikost snímacích bodů (či snímacích buněk), ze kterých se tento snímač skládá. Na větší snímač lze potencionálně umístit větší snímací buňky. Ty jsou posléze schopny zaznamenat větší množství světla, respektive informací z dané scény. To v konečném důsledku znamená menší množství šumu a celkově kvalitnější výstup. Jako další vlastnost úzce spjatou s parametry snímače je zmíněn dynamický rozsah. Jedná se o vlastnost vyjadřující schopnost zaznamenat informace v tmavých a světlých oblastech v rámci jednoho snímku. Každý fotoaparát má daný dynamický rozsah, v rámci kterého by se měly veškeré fotografie pořízené takovým fotoaparátem pohybovat. Části scény, které se nacházejí mimo tento rozsah jsou zobrazeny buďto jako čistě bílá nebo čistě černá. V článku se uvádí, že důsledkem menšího dynamického rozsahu

snímačů fotomobilů je mimo jiné zvýšený šum, který se o to více projeví v případné postprodukcí. S postprodukcí také souvisí následující vlastnost, která je v článku zmíněna. Jde o možnost fotografování do formátu známého pod názvem RAW (z angličtiny surový či nezpracovaný), který umožňuje bezztrátovou postprodukcí. Možnost fotografování do formátu RAW však není u fotomobilů v nativní aplikaci fotoaparátu zcela běžné. Rozšířenější je v tomto směru formát JPEG, který je bohužel ztrátový.

V další části jsou zmíněny limity spjaté s optikou fotoaparátů. Nejdříve se hovoří o kvalitě optiky, která v případě fotomobilů podává horší výsledky právě kvůli její velikosti. Optický zoom u klasických objektivů je také napřed oproti tomu v mobilních telefonech, a to jak kvůli plynulejší změně ohniska, tak kvůli širšímu výběru ohniska. Samozřejmě princip fungování optického zoomu u klasických objektivů a těch v mobilních telefonech je odlišný. Jako další limity spjaté s optikou je světelnost a s tím související hloubka ostrosti. Právě hloubku ostrosti se výrobci mobilních telefonů pokoušeli řešit softwarově (jedná se o ono rozmazání pozadí, jinak řečeno „bokeh“ efekt).

V poslední části článek hovoří o ergonomii. Zde je mobilním telefonům vytýkána absence samostatného fyzického tlačítka pro spoušť, které bylo před příchodem dotykových displejů hojně využíváno. Následně se hovoří o druhu použité závěrky. Zatímco u klasických digitálních fotoaparátů se vyskytuje závěrka mechanická, u mobilních telefonů je závěrka elektronická. Hlavní nevýhodou elektronické závěrky je tzv. rolling efekt, který pocítíme především při fotografování a natáčení rychle se pohybujících objektů. Rolling efekt má za následek deformaci obrazu. Reálnost podání barev je dalším podstatným bodem. U mobilních telefonů dochází při vytvoření finálního snímku k procesům, jejichž cílem je udělat fotografii vhodnou k okamžitému sdílení. To znamená, že dochází k jistým barevným úpravám bez účasti samotného uživatele, což lze vnímat jako výhodu i nevýhodu zároveň. Poslední diskutovaná vlastnost v tomto článku se týká automatických režimů, kde fotoaparáty v mobilních telefonech dokážou předčít klasické digitální fotoaparáty. Tento fakt příliš nepřekvapí, jelikož je zřejmé, že výrobci mobilních telefonů jsou po softwarově stránce vyspělejšími společnostmi než výrobci tradičních digitálních fotoaparátů (výjimkou může být firma Sony, která je producentem obou zmíněných typů zařízení).

Druhý článek [2] pojednávající o limitech fotoaparátů v mobilních telefonech je od magazínu Ehab Photography, který je zaměřen na téma fotografie. Nejdříve je stejně jako u prvního článku zmíněna velikost senzoru, která je v případě mobilních telefonů několikanásobně menší, než jak je tomu u zrcadlovek (DSLR) i bezzrcadlovek. Článek se pozastavuje



také u optiky, konkrétně pak u velkého výběru objektivů pro klasické digitální fotoaparáty. Při fotografování fotomobilem se musí uživatel spolehnout na nevyměnitelné objektivy, kterými jeho mobil disponuje. V souvislosti s tím je uvedeno, že fotomobily zvládají hůře zaostřit na bližší vzdálenosti (řádově na několik cm), což komplikuje pořizování makro snímků. Následně je zmíněno, že ač v dnešní době mobilní telefony podporují optický zoom, zdaleka se nenachází ve všech modelech, jak je tomu u klasických digitálních fotoaparátů. Fotografování za špatných světelných podmínek je dalším limitem mnoha fotomobilů. Některé mobilní telefony ale podporují funkci, která má vliv špatných světelných podmínek omezit. Na trhu se také stále objevuje velké množství mobilních telefonů, u nich nelze nastavit citlivost ISO. Na konci článku je také zmíněn fakt, že uložště v mobilním telefonu není určeno pouze pro fotografie a videa, ale také pro aplikace, hudbu a tak podobně. Zároveň ne každý mobilní telefon má rozšiřitelné uložště pomocí SD karet. Tento problém však v současnosti částečně řeší cloudová uložště.

Oba výše rozebrané články jsou z roku 2019, tudíž by měla být splněna podmínka jejich aktuálnosti.

## **1.2 Rešerše na téma srovnání fotoaparátů mobilních telefonů s klasickými digitálními fotoaparáty**

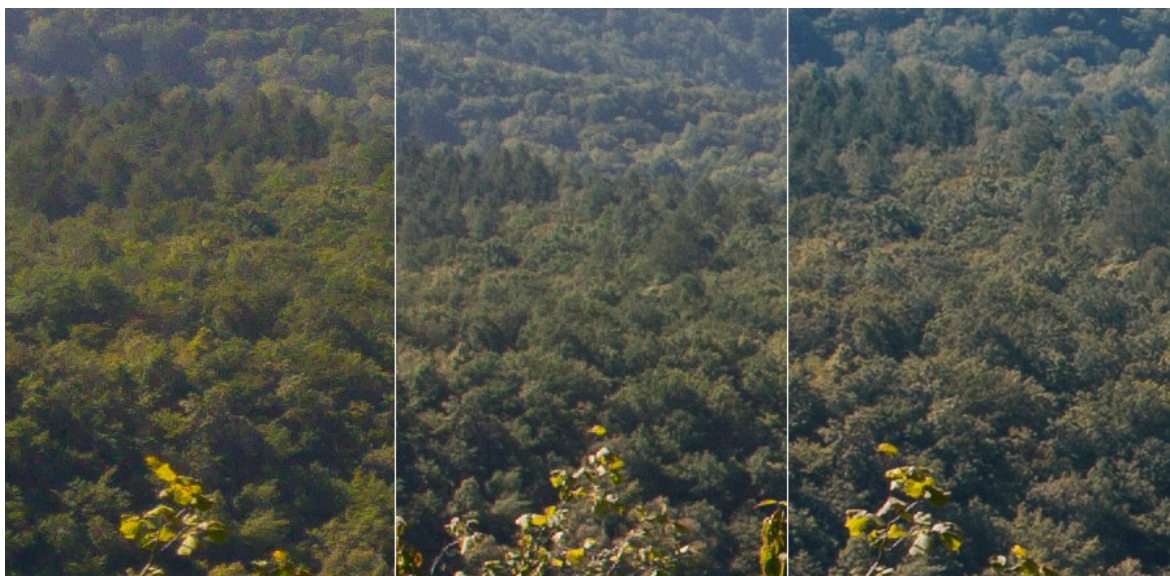
Vybraný článek [3] na toto téma je z webu Milujeme fotografii, za kterým stojí známa brněnská softwarová společnost ZONER. Přestože se jedná o článek z října roku 2016 už tehdy bylo srovnání výstupů z mobilního telefonu a profesionální digitální zrcadlovky určitým tématem. Jejich test srovnává výstupy ze tří různých zařízení, které vznikaly za různých podmínek. Prvním použitým zařízením je starší digitální zrcadlovka Canon 350D s rozlišením 8 Mpx. Druhým zařízením je již novější digitální zrcadlovka Canon 5D Mark III se snímačem formátu full frame a s rozlišením 22 Mpx z roku 2012. Třetím zařízením je mobilní telefon LG G4 s rozlišením 15 Mpx, který byl v roce 2015 vlajkovou lodí tohoto výrobce. První série fotografií vznikla za jasného dne, tedy v dobrých světelných podmínkách. Druhá scéna je pak fotografována v protisvětle a poslední vznikla v noci. Všechny tři zařízení jsou schopny fotografovat do formátu RAW, tudíž je možná postprodukce bez větší ztráty obrazové kvality (ve srovnání s formátem JPEG).

V první scéně je fotografován les s velmi jasnou oblohou. Všechny zařízení byly nastaveny tak, aby hloubka ostrosti byla na všech snímcích přibližně stejná. Citlivost ISO byla na mobilním telefonu nastavena na hodnotu 50 a na obou digitálních zrcadlovkách na hodnotu 100.

Ve shrnutí autor upozorňuje na fakt, že přestože starší digitální zrcadlovka má téměř o polovinu menší rozlišení, než je u mobilního telefonu, tak je při větším přiblížení zřejmé, že obraz zaznamenala ostřeji než mobilní telefon.



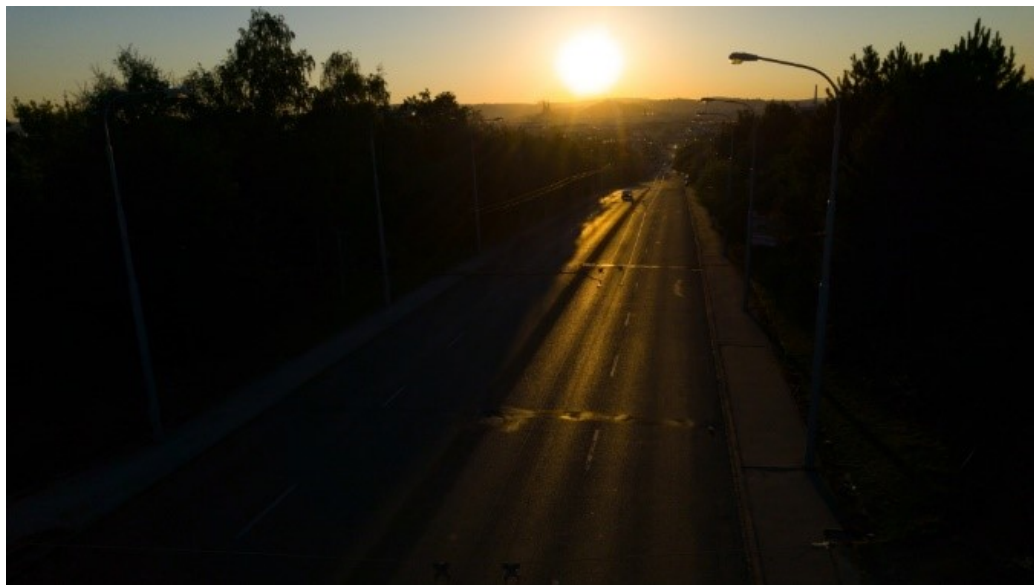
Obrázek 1: Rešeršní fotografie lesa



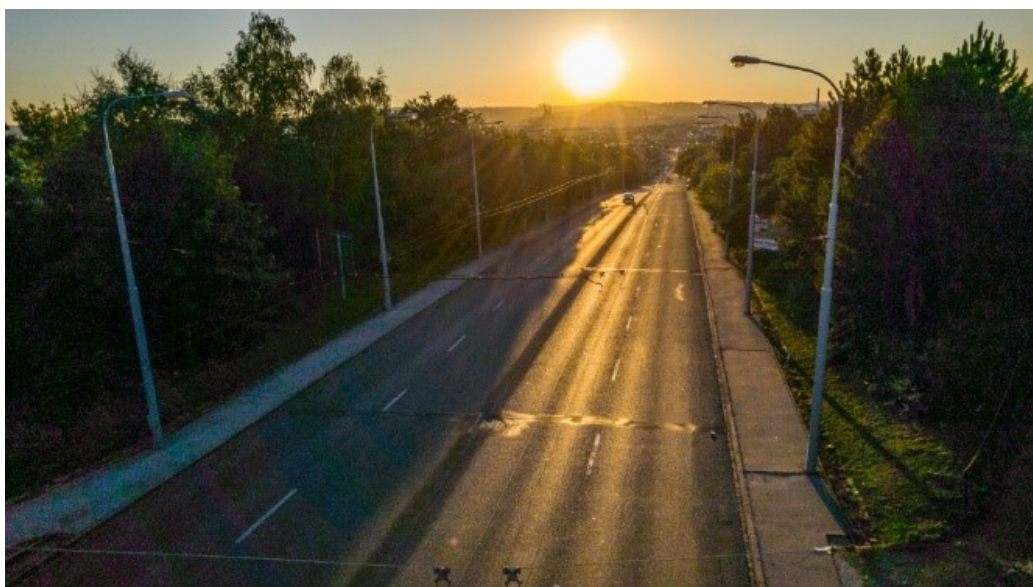
Obrázek 2: Detail rešeršní fotografie lesa (zleva LG G4, Canon 350D a Canon 5D Mark III)



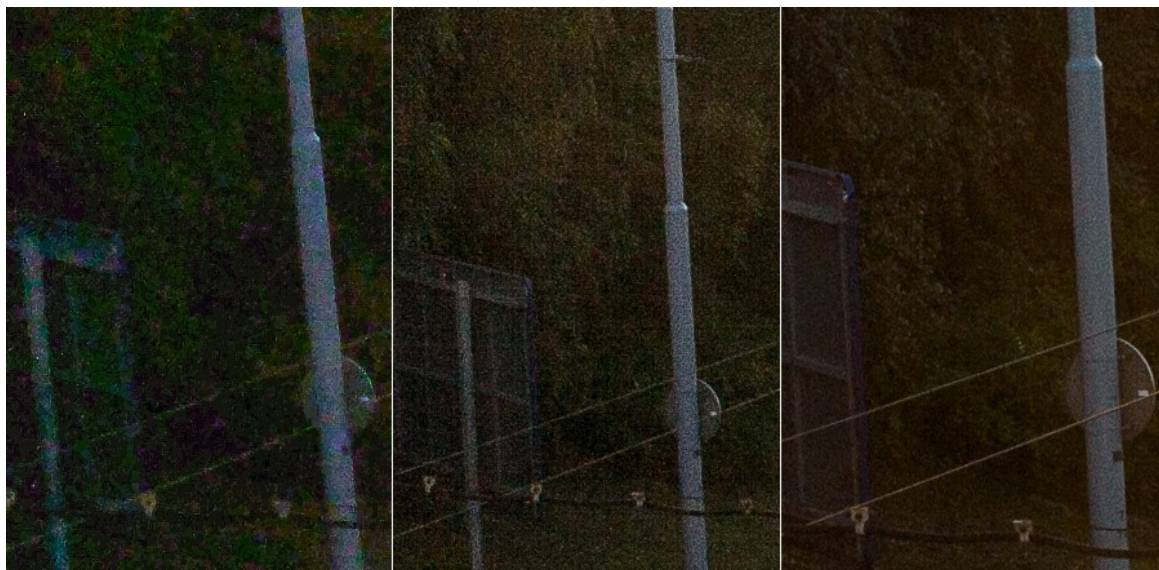
U druhé scény, která byla fotografována v protisvětle se využilo zesvětlení tmavých částí snímku pomocí počítačové úpravy. V této scéně lze dobře pozorovat množství vzniklého šumu právě v těchto zesvětlených částech fotografie. Výsledek tohoto testu je zřejmý. Šum u snímku z mobilního telefonu je nejvýraznější.



Obrázek 3: Fotografie protisvětla pořízená zařízením LG G4



Obrázek 4: Upravená fotografie protisvětla pořízená zařízením LG G4

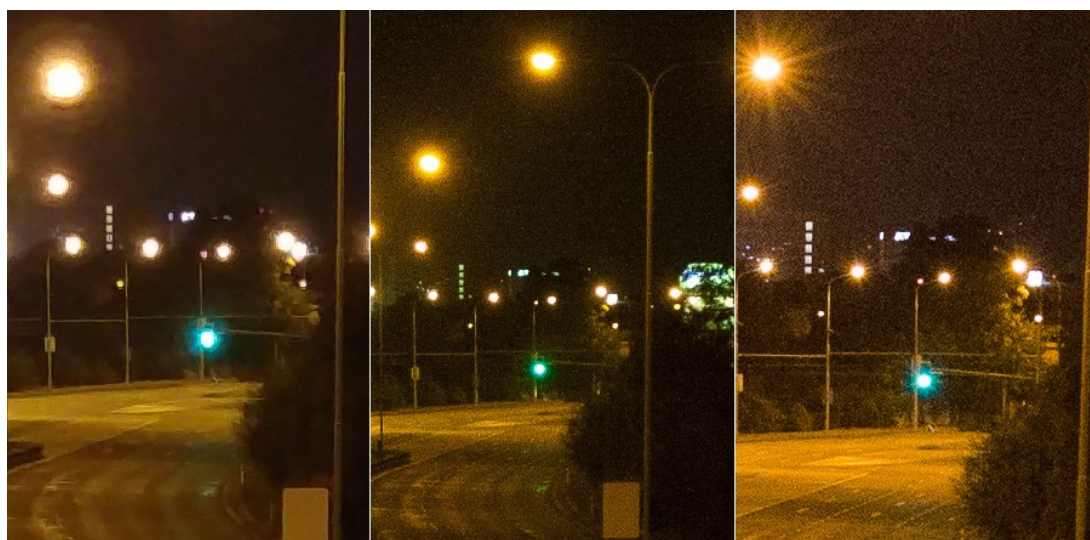


Obrázek 5: Detail fotografie protisvětla (zleva LG G4, Canon 350D a Canon 5D Mark III)

Poslední scéna, na které je vyfotografována silnice osvětlená pouze pouličními lampami je dobrou ukázkou vlivu nadměrné redukce šumu. Fotografie z mobilního telefonu, kde se taková redukce šumu vyskytuje výrazně snižuje množství detailů ve snímku.



Obrázek 6: Noční fotografie pořízená zařízením LG G4



Obrázek 7: Detail noční fotografie (zleva LG G4, Canon 350D a Canon 5D Mark III)

Na samém závěru článku autor hovoří o ne příliš výrazném rozdílu kvality snímků z mobilního telefonu a digitálních zrcadlovek při dobrých světelných podmínkách. Dále ale uvádí, že při zhoršených světelných podmínkách je rozdíl markantnější. Důležité je však znovu upozornit, že využívaný mobilní telefon v tomto článku je z roku 2015 a tak lze předpokládat, že od té doby došlo k určitému zlepšení.

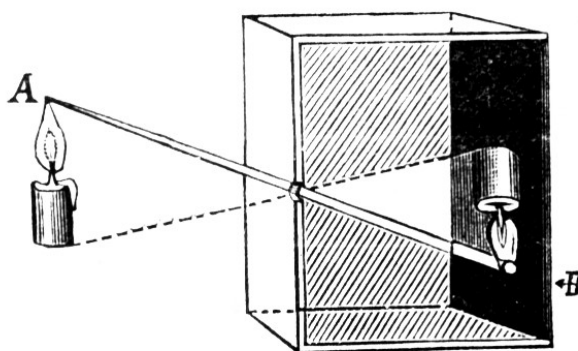


## 2 HISTORIE

Přestože se na první pohled může zdát, že oblast fotografie je tématem pouze pro posledních asi 180 let, příčiny, které vedly k prudkému rozvoji v 19. a následně také v 20. století existovaly již o mnoho staletí dříve. Už před naším letopočtem byli lidé, kteří pozorovali jev, jenž byl později nazván camera obscura. Další výzvou bylo obraz nejen promítnout, ale také permanentně uchovat, což vedlo k letům experimentování s různými chemickými postupy. Tuto etapu završuje vynález filmu, což ve spojení s prodejem levných fotoaparátů dělá z fotografie masově rozšířenou záležitost. Následně vzniká barevná fotografie, okamžitá fotografie, digitální fotoaparáty, a nakonec také fotoaparáty implementované do mobilních telefonů, díky čemuž má dnes vlastní fotoaparát téměř každý.

### 2.1 Camera obscura

Již v úvodu je zmíněn jev, který dnes známe pod latinským názvem camera obscura. Do češtiny lze tento pojem přeložit jako temná komora. Principem camery obscury je průchod světla drobným otvorem do oné temné komory. Výsledkem je promítnutí vnější scény dovnitř tohoto zatemněného prostoru na protější stěnu otvoru. Promítaný obraz je oproti reálnému zobrazení otočen o  $180^\circ$ . První zmínky o popisu tohoto jevu pochází již ze 4. století před naším letopočtem. Později se o tomto jevu zmiňuje také známý řecký filozof Aristoteles. Na přelomu 15. a 16. století vzniklo dílo Codex Atlanticus od Leonarda da Vinciho, které popisuje princip tohoto jevu společně s popisem lidského oka. V následujících stoletích došlo k významnému rozšíření camera obscury a začali ji hojně využívat malíři, především pak krajináři, kteří díky ní dokázali malovat krajinu rychleji a reálněji. Kromě umělců tento jev využívali také astronomové pro pozorování zatmění Slunce. [4] [5] [6]



Obrázek 8: Ukázka camery obscury

## 2.2 Snahy o uchování obrazu

Nepočítáme-li obkreslování obrazu za pomoci camery obscury jak je uvedeno v minulé podkapitole, neexistovaly žádné jiné metody uchování obrazu. To se začalo měnit v 19. století, kdy se začaly tyto snahy objevovat.

První výraznou osobností byl Joseph Nicéphore Niepce žijící na přelomu 18. a 19. století. Jedná se o autora první dochované fotografie, kterou lze vidět níže. Použil k tomu cínovou desku potřenou asfaltem, kterou následně vložil do camery obscury a nechal 8 hodin exponovat. Následně vložil desku do roztoku petroleje a levandulového oleje, kde se asfalt rozpustil na místech, kde byla deska méně osvětlená. Tento postup je znám pod pojmem heliografie. [4] [5] [7]



Obrázek 9: Ukázka heliografie

Mezi další důležité osobnosti se řadí francouzský vědec Luis Jacquese Mandel Daguerre a William Henry Talbot. Daguerreova metoda (nazývaná jako daguerotypie) umožňovala vytvořit kvalitní obrazy na postříbřenou měděnou desku. Talbotova metoda však na rozdíl od Daguerrovy metody umožňovala vytvářet kopie z jednoho obrazu. Obě metody využívají reakce různých chemických látek na světlo, například rtuť. [4] [5] [7]

Revolucí v uchování obrazu byl vynález filmu v roce 1887 Hannibalem W. Goodwinem. Základ tvořil celuloid, na kterém byla nanášena vrstva želatiny bromidu stříbrného. Za popularizací svitkového filmu však stojí George Eastman a jeho firma Eastman Kodak. Úspěch firmy Eastman Kodak umocnilo uvedení fotoaparátu Brownie, který se prodával za pouhý dolar, čímž zpřístupnil fotografování velkému množství lidí. [4] [5] [7]

### 2.3 Další vývoj

Mezi další významné události se řadí příchod barevné fotografie. Ten se udál na konci 19. století a stál za ním francouzský fyzik Gabriel Lippmann. Později firma Eastman Kodak tuto metodu zdokonalila s jejich vícevrstevným barevným filmem. [4] [5]

Rok 1924 byl zásadní pro popularizaci formátu 36 mm na 24 mm. Tento formát se používá dodnes jak v analogové fotografii (u kinofilmového políčka) tak v digitální fotografii (u snímače fotoaparátu). Za onou popularizací stál velmi oblíbený fotoaparát Leica. [4] [8]



Obrázek 10: Fotoaparát Leica

V roce 1948 přišla firma Polaroid s prvním instantním fotoaparátem, díky kterému šlo vyfotografované snímky získat okamžitě bez nutnosti vyvolávání. Obliba této metody vrcholila v 60. a 70. letech 20. století. Nyní, po 60 letech obliba okamžité fotografie opět roste. Především díky sérii fotoaparátů Instax od firmy Fujifilm. [9]

První digitální zrcadlovka (DSLR) od firmy Kodak se neujala, a tak přišel Nikon D1, který je považován za první komerčně úspěšnou digitální zrcadlovku. Ten obsahoval CCD snímač s rozlišením 2,7 Mpx a s rozměry 23,7 mm na 15,6 mm. Později se u profesionálních fotoaparátů stal standardem tzv. plnoformátový CMOS snímač, který odpovídá svou velikostí kinofilmovému políčku (36 mm na 24 mm). [8]

Jedním z posledních trendů kromě fotoaparátů v mobilních telefonech jsou digitální bezzrcadlovky. Ty jsou díky absenci zrcátka menší a lehčí než klasické zrcadlovky. První bezzrcadlovkou byl Lumix G1 od firmy Panasonic, který se na trhu objevil v roce 2008. O 5 let později následovala první plnoformátová bezzrcadlovka Sony A7. [8]



### 3 HISTORIE FOTOAPARÁTŮ V MOBILNÍCH TELEFONECH

Podle mnoha zdrojů se za první fotografii pořízenou prostřednictvím mobilního telefonu považuje fotografie Philippa Khana. Jednalo se však pouze o narychlo sestrojený nástroj propojující digitální fotoaparát (Casio QV-10) a mobilní telefon (Motorola StarTAC) prostřednictvím počítače. Motivací Khana bylo rychle pořídit a sdílet snímek jeho právě narozené dcery. [10]

O prvenství v sériové výrobě mobilního telefonu s integrovaným fotoaparátem se dělí tři produkty od různých firem. Každý z těchto telefonů je dle různých zdrojů považován právě za ten první. Jedná se o telefony VP-210, SCH-V200 a J-SH04. [11]

Ten nejdříve uvedený na trh (v květnu 1999) byl VP-210 od japonské firmy Kyocera. Primární účel fotoaparátu/kamery v tomto telefonu byl přenos videa pro uskutečňování video hovorů přes síť PHS. Z toho důvodu se také velká čočka umísťovala na přední stranu mobilního telefonu. VP-210 však mohl pořizovat také klasické snímky s rozlišením 0,11 Mpx (110 000 pixelů). Rychlost snímání při video hovoru činila 2 snímky za vteřinu. Klasických snímků se do paměti telefonu mohlo uložit celkem 20. Jeho velkou výhodou bylo, že umožňoval pořízené snímky sdílet přes e-mail. [10]



Obrázek 11: Kyocera VP-210

V červenci roku 2000 byl uveden mobilní telefon s názvem SCH-V200. Stála za ním známá jihokorejská firma Samsung. SCH-V200 tedy disponoval taktéž zabudovaným fotoaparátem, který měl dokonce trojnásobně vyšší rozlišení než VP-210, konkrétně 0,35 Mpx

(350 000 pixelů). U tohoto modelu se už fotoaparát nacházel na zadní straně mobilního telefonu. Jeho nevýhodou ale bylo, že neumožňoval na rozdíl od svých tehdejších konkurentů fotografie sdílet. [10] [11]



Obrázek 12: SCH-V200

Podle některých zdrojů je prvenství v implementování fotoaparátu do mobilního telefonu přisuzováno také japonské firmě Sharp. V listopadu roku 2000 byl představen jejich mobil pod názvem J-SH04, který dokázal pořizovat díky CMOS snímači fotografie s rozlišením 0,11 Mpx, což odpovídá 110 000 pixelům. Stejně jako VP-210 umožňoval elektronické zaslání pořízené fotografie přes e-mail. [10] [11]



Obrázek 13: J-SH04

Dalším důležitým rokem byl rok 2002, kdy se na český trh dostává novinka od finské firmy Nokia. Byl jím model Nokia 7650. Jednalo se vůbec o první mobilní telefon s integrovaným fotoaparátem u nás. Ten disponoval rozlišením 0,3 Mpx (307 200 pixelů). Rozlišení šlo zvolit i menší pro snímky ke kontaktům. I na tehdejší dobu šlo o poměrně velký přístroj, především pak co se týče jeho tloušťky. Nokia 7650 se rozhodně řadila do vyšší třídy čemuž odpovídala také cenovka pohybující se kolem 25 000 Kč. [12]

Ve stejném roce se také objevil první fotomobil na trhu USA. Šlo o mobil od japonské firmy Sanyo, který nesl název SCP-5300. Rozlišení bylo stejné jako u výše zmíněné Nokie 7650. Měl však navíc přisvětlovací blesk. Fotoaparát SCP-5300 měl také další funkce jako třeba vyvážení bílé, digitální zoom, samospoušť nebo různé efekty pro ozvláštňení snímků. Jeho cena byla \$400 což v listopadu 2002 odpovídalo částce 12 280 Kč. [11] [13]



Obrázek 14: Nokie 7650

V roce 2004 přišla stylově laděná Nokia 7610, která jako první přinesla na náš trh fotomobil s rozlišením 1 Mpx. (1152x864). Tehdy bylo ještě běžné rozlišení 0,3 Mpx (640x480), takže rozdíl byl značný. Jedna fotografie zabírala asi 300 kB, což bylo na tehdejší dobu poměrně velké číslo. Uložení takové fotografie trvalo až 10 vteřin. V nabídce fotoaparátu jsme mohli najít funkce jako šero, samospoušť a čtyřnásobný digitální zoom. Nokia 7610 také umožňovala natáčení videa s rozlišením 176x144 pixelů. Video šlo posléze upravovat prostřednictvím dvou výchozích aplikací (Videoedit a Movie director). Cena se pohybovala kolem 18.000 Kč. [14]

V roce 2004 se objevil také mobilní telefon Audiovox PM8920, který byl populární zejména v USA. Jeho rozlišení bylo větší než u Nokie 7610, konkrétně 1,3 Mpx (1280x960). Fotoaparát disponoval funkcí multi-shot, díky které šlo pořídit rychle za sebou až 8 snímků. [11]

Následující rok přinesl na trh dva zásadní fotomobily. Prvním z nich byla Nokia N90 s velmi netradiční konstrukcí. Integrovaný fotoaparát vznikl ve spolupráci s německou firmou zaměřenou na optiku Carl Zeiss. Maximální rozlišení činilo 2 Mpx (1 920 000 pixelů), pro šetření kapacity paměti šlo však zvolit i hodnoty 0,5 Mpx a 0,3 Mpx. Fotografovat šlo ve dvou polohách. První poloha připomíná držení digitální kamery, kdy se využilo otočného displeje a modulu s fotoaparátem. V tomto případě slouží jako hledáček hlavní vnitřní displej. Druhá poloha byla pro fotografování pohotovější, jelikož nebylo nutné odklápět displej. Stačilo pootočit modulem s fotoaparátem a na vnějším vedlejším displeji se ukázal hledáček. Ten byl mimochodem poměrně bohatý na kontextové informace. Uváděl například množství

fotografií, které lze ještě pořídit, stav baterie, zvolený režim nebo informace o blesku. Mezi funkce, kterými tento fotomobil disponoval patřilo například automatické ostření (autofocus), digitální zoom, blesk, samospoušť, kompenzace expozice, vyvážení bílé a již výše zmíněné režimy. Nacházely se zde režimy jako sport, šero, makro, portrét a také automatický režim. Samozřejmostí již byla možnost natáčení videa. [11] [15]



Obrázek 15: Nokia N90

Tím druhým zásadním fotomobilem toho roku byl Sony Ericsson K750i. Byl mnohem menší než Nokia N90 a zároveň disponoval stejným rozlišením fotoaparátu 2 Mpx. Fotoaparát byl schovaný za výsuvnou krytkou a tak se předešlo poškrábání čočky. Zároveň se odkrytím čočky automaticky spustil fotoaparát. Funkcionality fotoaparátu byly podobné jako u Nokie N90 (především tedy automatické ostření a blesk). Ke sdílení multimédií šlo již běžně využít infračervený port nebo Bluetooth. Problematická konektivita tohoto telefonu spočívala v nemožnosti připojit se na rychlejší síť EDGE (připojit se šlo na síť GPRS). Sony Ericsson K750i byl ve své době velmi oblíbený mobilní telefon, čemuž také jistě přispěl fakt, že jeho cenovka byla oproti výše zmíněné Nokii poloviční (přibližně 10 000 Kč). [16]

Rok 2006 přinesl další významný fotomobil od firmy Sony Ericsson a to model K800i. V zásadě měl stejné funkcionality jako jeho předchůdce k750i, ale novinkou byly některé režimy snímání. Především režim Panorama, který umožňoval složení více fotografií a tím docílit panoramatického snímku. Ve snímacím režimu BestPic jsme zase mohli pořídit 9 fotografií rychle za sebou a následně si z nich vybrat, které chceme uložit. Další novinkou byl také xenonový blesk, který měl lepší osvětlovací vlastnosti než běžně používané LED diody. Také automatické ostření přineslo tomuto modelu kladné ohlasy. Již tradičně bylo vylepšeno rozlišení, které se dosalo na hodnotu 3,2 Mpx. Počáteční cena byla zhruba 12.000 Kč. [11] [17]



Obrázek 16: Sony Ericsson k750i

Ke konci roku 2006 proběhlo představení Nokie N95 s 5 Mpx fotoaparátem, který vznikl opět ve spolupráci s firmou Carl Zeiss a který nabízel velmi povedené snímky. Šlo o špičkový multimediální nástroj nabytý funkcemi. Patřil také mezi první fotomobily se dvěma fotoaparáty. Hlavním na zadní straně a vedlejším na straně přední. Ten nabízel rozlišení 0,3 Mpx a sloužil hlavně k video hovorům nebo pořizování portrétů. Kromě již standartních funkcionalit (v této třídě mobilních telefonů) jako kompenzace expozice, vyvážení bílé, volba barevného tónu atd. nabízel také úpravu kontrastu, úpravu ostrosti a dokonce i citlivosti ISO. [11] [18]

U roku 2007 se sluší zmínit o uvedení prvního iPhone (označovaný jako iPhone 2G), od firmy Apple který sice nepřinesl příliš kvalitní fotoaparát, ale zásadním způsobem ovlivnil další vývoj mobilních telefonů a v konečném důsledku také vývoj fotoaparátů v mobilních telefonech. Zásadním prvkem, který první iPhone zpopularizoval byl dotykový displej, který výrazně zjednodušil práci s mobilním telefonem. Jen pro srovnání, jeho fotoaparát měl pouhé 2 Mpx, chybělo mu automatické ostření, nedokázal natáčet videa, neměl blesk a nastavení v aplikaci fotoaparátu bylo velmi omezené. [19]

Ani následující dva modely iPhone 3G a iPhone 3GS představeny v letech 2008 a 2009 nedokázaly v rovině fotoaparátů dohnat konkurenci. První zmiňovaný model měl fotoaparát a s tím spojené záležitosti na stejné úrovni jako model první. Až iPhone 3GS zaznamenal zlepšení v podobě 3 Mpx fotoaparátu, automatického ostření a možnosti záznamu videa. Rozlišení videa bylo typu VGA tedy 640 na 480 obrazových bodů a rychlost snímání byla 30 snímků za vteřinu. Blesk zde ale opět chyběl. [20] [21]

Ve stejnou dobu přišel Samsung i8510, který nebyl po stránce fotoaparátu konkurentem pouze jiných fotomobilů ale také kompaktních fotoaparátů. Nabízel rozlišení 8 Mpx a velmi rozsáhlé nastavení podobné tomu z kompakťů. Za zmínku stojí manuální nastavení citlivosti a natáčení zpomaleného videa za cenu menšího rozlišení. Standartní rozlišení videa bylo stejné jako u iPhoneu 3GS, tedy VGA. Samsung zůstal u tohoto modelu konzervativní a tak měl místo dotykového displeje klasická tlačítka. [11] [22]

V roce 2010 vyčnívaly dva fotomobily, které reprezentovaly dva odlišné přístupy k fotografování mobilním telefonem. Na jedné straně stojí Nokia N8, která nabízí stejně rozsáhlé nastavení jako kompaktní fotoaparáty. Na druhé straně stojí iPhone 4 s jeho inteligentním focením, které nastaví parametry focení za vás (bez možnosti rozsáhlého nastavení). Nokia N8 má 12 Mpx (12 000 000 pixelů) fotoaparát od značky Carl Zeiss, automatické ostření, funkci detekci obličeje a také přední kameru pro videohovory s rozlišení VGA. Apple iPhone 4 disponuje 5 Mpx (5 040 000 pixelů) fotoaparátem, automatickým ostřením s vlastností touch focus, inteligentním focením a taktéž přední VGA kamerou. Touch focus je funkce, která umožňuje zaostřit na místo, které si zvolíme na dotykovém displeji. Oproti svým předchůdcům má již také blesk, který zajišťují LED diody (u N8 se nacházel xenonový blesk). Zásadní změnou bylo umožnění nahrávání HD videa (1280x720 px), které podporovaly oba mobilní telefony. [23] [24]

První duální fotoaparáty se objevily v roce 2011. Jednalo se o mobilní telefony HTC Evo 3D a LG Optimus 3D, které fungovaly na OS Android. Jak už jejich název napovídá hlavním benefitem duálního fotoaparátu byla možnost pořít 3D fotografie. Jejich primární funkce se tedy lišila od současného využití duálních fotoaparátů. Ty se po několikaleté odmlce začaly do mobilních telefonů vracet v roce 2016. [11]





Obrázek 17: HTC Evo 3D

Mezitím se na trhu objevily z hlediska fotografie zajímavé produkty jako třeba Nokia 808 PureView z roku 2012 nebo Nokia Lumia 1020 z roku 2013. Nokia se u těchto modelů rozhodla obejít optický zoom tak, že zvýšila rozlišení fotoaparátu až na 41 Mpx. Při použití standartního digitálního zoomu potom docházelo k menší degradaci kvality obrazu. Obě Nokie měly nadstandartně velký snímač a to 1/1.2 palce u Nokie 808 a 1/1.5 palce u Lumie. Velký snímač také umožnil implementaci větších snímacích buněk (1.4  $\mu\text{m}$  a 1.12  $\mu\text{m}$ ). Lumia 1020 obsahovala také optickou stabilizaci obrazu, což je funkce, díky které lze získat méně rozmazané snímky. Optická stabilizace obrazu se také hodila v horších světelných podmínkách, kdy si mohl uživatel dovolit delší expoziční čas. Výše zmíněné informace se samozřejmě projeví na tloušťce těchto zařízení. [25] [26]

Za rok 2014 se hodí zmínit model HTC One M8, který měl duální fotoaparát. Sekundární fotoaparát se zde používal pouze za účelem měření hloubky ostrosti, díky čemuž software dokázal rozeznat pozadí od popředí. S tímto sekundárním fotoaparátem nebylo možné pořizovat snímky. [27]

Následující roky se z duálních fotoaparátů stával standart. Za popularizací tohoto konceptu stojí také iPhone 7 Plus z roku 2016, který díky sekundárnímu fotoaparátu umožňoval optický zoom. Podporoval také optickou stabilizaci obrazu a měření hloubky ostrosti, kterou využil u svého portrétního režimu. [28]

Na tento trend v roce 2018 navázala Čínská značka Huawei s jejich modelem P20 Pro, který disponoval hned třemi fotoaparáty na zadní straně těla telefonu. Primární fotoaparát měl



rozlišení 40 Mpx, což v kombinaci s velkým senzorem o rozměrech 1/1.7 palce neznamenal příliš velkou degradaci obrazu vlivem menších snímacích buněk. Zároveň měl dobrou světelnost F1.8. Sekundární fotoaparát měl 8 Mpx a umožňoval až trojnásobný zoom. Terciální fotoaparát byl monochromatický a napomáhal k získávání více informací ze scény, především pak v nejtmavších a nejsvětlejších částech. [29]

V současnosti již většina výrobců nabízí u svých vlajkových lodí alespoň dva fotoaparáty. Ty zastávají u různých modelů stejné funkce. Primární fotoaparát mívá nejlepší parametry a hodí se k fotografování většiny situací, sekundární označovaný jako ultraširoký se hodí k fotografování panoramatických snímků krajiny a terciální slouží k optickému zoomu.



Obrázek 18: Apple iPhone 11 Pro

## 4 SOUČASNÉ TRENDY FOTOAPARÁTŮ V MOBILNÍCH TELEFONECH

V současnosti je u výrobců mobilních telefonů věnována obzvláště velká pozornost na vývoj fotoaparátů v jejich zařízeních. Kvalita fotoaparátu v mobilu dnes velkou mírou ovlivňuje jeho úspěch na trhu. Velká konkurence vede výrobce k neustálému zlepšování, a tak dnes můžeme být v tomto směru svědky prudkého vývoje. Vyspělý software i hardware dnes umožňují vytvářet fotografie srovnatelné a v některých případech i lepší fotografie než klasické digitální fotoaparáty. Nové funkce jako například noční režim či portrétní režim by neexistovaly bez tzv. výpočetní fotografie (v angličtině computational photography), která za pomoci algoritmů a různých metod zpracování obrazu vytváří finální „dopočítaný“ snímek.

### 4.1.1 Více fotoaparátů

Trend, který začal s duálním fotoaparátem už v roce 2011 a byl původně využíván pouze pro zaznamenávání 3D snímků a videa, začal postupně odkrývat všechny své možnosti. Dnes je více fotoaparátů (na zadní straně mobilního telefonu) naprostou nutností u všech vlajkových lodí výrobců. U zařízeních spadající do té nejvyšší třídy se dnes běžně využívá kombinace tří fotoaparátů na zadní straně mobilního telefonu. Obvykle to bývá primární fotoaparát, širokoúhlý objektiv a teleobjektiv. Každý z těchto fotoaparátů má svůj snímač. [30]

U primárních fotoaparátů bývá obvykle to nejvyšší rozlišení a také optická stabilizace obrazu. Ohnisková vzdálenost se pohybuje okolo 26 mm a clonové číslo kolem F1.8. Rozlišení bývá nejčastěji od 12 Mpx až do 40 Mpx. Primární fotoaparát je vhodný pro většinu běžných situací, včetně fotografování portrétů. [30]

Teleobjektivy nejčastěji mívají stejné nebo menší rozlišení než primární fotoaparát. Kvůli většímu přiblížení je znatelnější třes rukou, proto většina teleobjektivů disponuje taktéž optickou stabilizací obrazu. V tomto případě se ohniskové vzdálenosti pohybují nad hodnotou 50 mm a zpravidla mívají také vyšší clonové čísla než primární fotoaparáty. Rozlišení se běžně pohybuje v rozmezí 8 až 16 Mpx. Teleobjektivy využijeme zejména v situacích, kdy chceme vyfotografovat vzdálenější scénu. [30]

Širokoúhlé objektivy mívají opět stejné nebo menší rozlišení než primární fotoaparáty. Naopak nemívají optickou stabilizaci obrazu, jelikož u širšího záběru objektivu není tolik patrné

roztřesení obrazu. Ohnisková vzdálenost bývá velmi malá. Zhruba od 13 mm do 18 mm. Clonové čísla bývají většinou opět vyšší, než jak je tomu u primárních fotoaparátů. Širokoúhlý objektiv dokáže zabrat velmi širokou scénu, a proto se hodí hlavně pro fotografování krajiny. [30]

#### 4.1.2 Optická stabilizace obrazu

Optická stabilizace obrazu známá také pod akronymem OIS je funkce, která snižuje chvění obrazu, čímž zabraňuje rozmazání fotografií. Zároveň díky této funkci můžeme prodloužit délku expozice, aniž by došlo k rozmazání obrazu. OIS je také velmi užitečné při natáčení dynamických scén, například při chůzi či při jízdě na kole. Zatímco v objektivěch fotomobilů vyšší třídy se tato funkce vyskytuje běžně již od roku 2015, u klasických objektivů se nejedná o úplnou samozřejmost. [31]

#### 4.1.3 Noční režim

Jedná se funkci nacházející se především u mobilních telefonů vyšší třídy, která umožňuje vytvářet kvalitnější snímky za zhoršených světelných podmínek. Princip spočívá v prodloužení expozičního času. Vyšší expoziční čas však způsobuje bez použití stativu rozmazání obrazu kvůli třesu rukou fotografa. Tento problém řeší výše zmíněná optická stabilizace obrazu. [32]



Obrázek 19: Ukázka nočního režimu

#### 4.1.4 Rozlišení

Rozlišení fotoaparátů je vlastnost, která rozděluje výrobce mobilních telefonů na dva tábory. Zatímco firmy jako Apple, Google nebo Samsung se přiklání spíše k menším hodnotám megapixelů, Huawei, Honor či Xiaomi naopak ve svých telefonech využívají rozlišení několikanásobně vyšší. Primární kamery mobilních telefonů od první skupiny firem mívají rozlišení 12 Mpx, což je dostatečné rozlišení pro tisk fotografií s menšími rozměry. Druhá skupina firem používá u primárních fotoaparátů rozlišení až 40 Mpx, které je použitelné pro tisk fotografií o větších rozměrech. Nutno dodat, že vyšší rozlišení nemusí znamenat lepší fotografie. Rozhodující je velikost snímače a s tím související velikost snímacích buněk. Například Xiaomi Mi 9, jehož primární fotoaparát má 48 Mpx a snímač o velikosti 1/2.0 palce obsahuje buňky o velikosti 0.8  $\mu\text{m}$ . Naopak iPhone Pro Max s 12 Mpx a snímačem o velikosti 1/2.55 palce disponuje buňkami o velikosti 1.4  $\mu\text{m}$ . Větší snímací buňky dokážou pojmout ze scény více světla, a tak je kresba obrazu mnohem kvalitnější. Větší snímací buňky také znamenají větší dynamický rozsah a menší šum. [4] [33] [34]

#### 4.1.5 Optický zoom

Zatímco digitální zoom, který pouze vyřízne a zvětší část dané fotografie se u foto-mobilů používá téměř od začátku jejich existence, optický zoom je jednou z nejvýznamnějších novinek posledních pár let. U objektivů ke klasickým fotoaparátům funguje optický zoom díky pohybu soustavy čoček. Takto sofistikované zařízení se do mobilních telefonů nevejde, a tak je zde optický zoom řešen prostřednictvím více fotoaparátů. Jak už bylo uvedeno výše, každý z těchto fotoaparátů má jinou ohniskovou vzdálenost. Při zoomování se tedy pouze přepíná mezi jednotlivými objektivy, přičemž každý z nich zabírá různě široký záběr. Hlavní výhodou optického zoomu oproti digitálnímu zoomu je zachování kvality fotografie. [35]



Obrázek 20: Ukázka zoomu u iPhonu

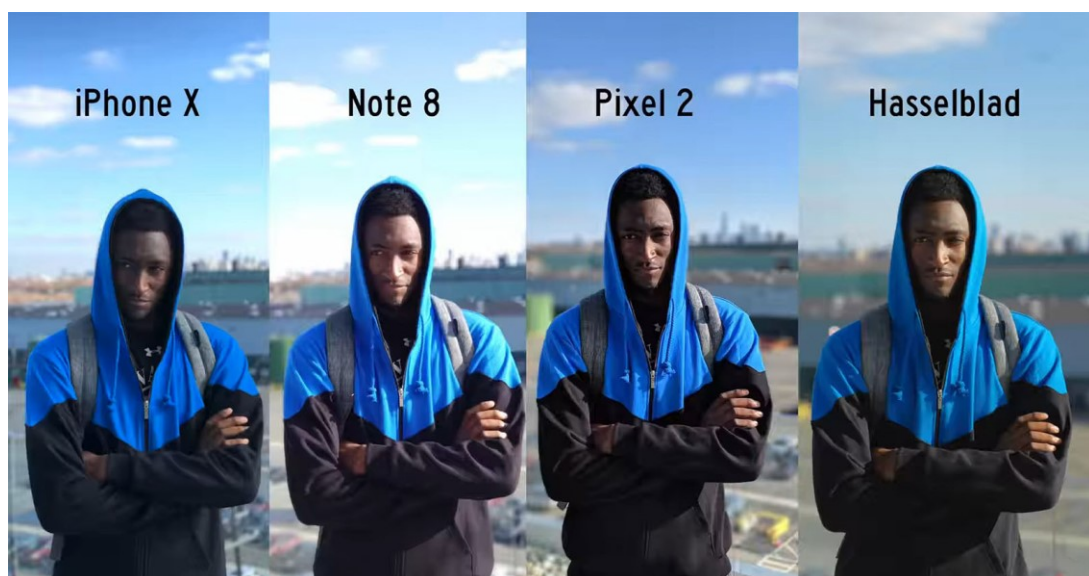
#### 4.1.6 Portrétní režimy

Fotoaparáty mobilních telefonů využívají snímačů s velmi malými rozměry, což mimo jiné způsobuje, že hloubka ostrosti na pořízených snímcích je příliš velká. Znamená to, že všechny objekty na fotografii budou podobně ostré. Výjimku tvoří pouze situace, kdy fotíme objekt, který je velmi blízko fotoaparátu. K tomu abychom dosáhli velkého rozostření za fotografovaným objektem (a také před ním) a zdůraznili tak popředí fotografie, musíme použít portrétní režim. Základ této technologie spočívá v hloubkovém mapování, které určuje vzdálenost různých objektů na fotografii. [36]

Ve většině případů se využívá dvou fotoaparátů s různou ohniskovou vzdáleností. Na základě porovnání výstupů z těchto dvou fotoaparátů se posléze udělá odhad toho, co má být popředí a co pozadí fotografie. Na zjištěné pozadí je následně aplikován efekt rozmazání. Společně s hloubkovým mapováním se používá také technologie detekce obličeje. [36]

Hloubkovou mapu však lze vytvořit i s jedním fotoaparátem. K tomu je ale zapotřebí použít odlišný snímač fotoaparátu. Místo porovnávání informací ze dvou různých fotoaparátů se porovnávají informace ze dvou stran snímacího prvku snímače. Následně se díky mírně odlišným informacím z obou stran tohoto prvku vytvoří hloubková mapa. [36]

Způsobů, jak docílit rozmazaného pozadí (neboli „Bokeh“ efektu) je více, například také čistě softwarové řešení. [36]



Obrázek 21: Ukázka portrétů na různých zařízeních

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 DIGITÁLNÍ FOTOAPARÁTY VÝVOJOVÉ ŘADY APPLE IPHONE

Fotoaparáty mobilních telefonů od známe americké firmy Apple se pravidelně umísťují na předních příčkách žebříčku renomované ratingové agentury DXOMARK. V současnosti je nejnovější model iPhone 11 Pro Max umístěn na dvanáctém místě (12.7.2020). Přestože první modely po stránce fotoaparátů nedosahovaly takových kvalit jako u jiných firem (například u Samsungu či Nokie), časem dohnaly konkurenci svým odlišným přístupem inovování jejich fotoaparátů. Pro fotoaparáty implementované do iPhonů je typické jednoduché ovládání a velmi omezená možnost nastavení parametrů samotným uživatelem, což se Apple snaží kompenzovat svými automatickými režimy. Současné modely již běžně automaticky nastavují expozici, vyvažují bílou, automaticky ostří, redukují šum, detekují ve scéně obličej či vytvářejí hloubkové mapy, a to při pořízení každého snímku. Tento uživatelsky minimalistický přístup, který se snaží uživatele odtrhnout od veškerých technických záležitostí se projevuje i na hardwarové stránce věci, kdy již od modelu 6S z roku 2015 se používá stále stejné rozlišení 12 Mpx (u konkurence se dnes můžeme běžně setkat i s rozlišením 40 Mpx). [28] [37]

Velkou oblibu iPhonů jako fotoaparátů dokazují také statistiky společnosti Flickr, která je určená pro sdílení a ukládání fotografií. Zařízení firmy Apple (především iPhony) jsou zde uvedeny na prvním místě v počtu sdílených fotografií a jsou tak umístěny před značkami jako Canon, Nikon či Sony. Samsung je se svými smartphony (především řady Galaxy) umístěn až na osmém místě a o příčku dál se nachází Google s jejich Pixelem. Tím nejoblíbenějším fotoaparátem na Flickeru je v současnosti (31.7. 2020) Apple iPhone 7. [38]

Z výše zmíněných důvodů lze Apple iPhone považovat za vhodného reprezentanta mobilních telefonů s implementovanými fotoaparáty.

### 5.1 Analýza a srovnání parametrů digitálních fotoaparátů vývojové řady Apple iPhone

První iPhone z roku 2007 označovaný jako iPhone 2G nebo jen Apple iPhone disponoval na tehdejší poměry spíše podprůměrným fotoaparátem. Rozlišení činilo 2 Mpx a to v době, kdy se u mobilních telefonů již běžně objevovala hodnota 5 Mpx. Fotografování bylo možné pouze v jediném výchozím nastavení a nativní aplikace fotoaparátu nenabízela žádné další funkce. [28]

Následující rok přišel iPhone 3G, který se po stránce parametrů fotoaparátu v ničem nelišil od jeho předchůdce. Jedinou novinkou bylo zaznamenání informací o místě pořízení snímků, a to díky nově přidané GPS. Tato funkce se nazývá geotagging. [28]

Apple iPhone 3GS z roku 2009 poprvé zaznamenal změnu v rozlišení a to na 3 Mpx. Kromě rozlišení se fotoaparát nového iPhone dočkal automatického ostření. Ostření bylo také poprvé umožněno ručním výběrem místa na dotykové obrazovce iPhone. Kromě automatického ostření byl zautomatizován také proces vyvážení bílé a celkové vyvážení expozice. Další zásadní novinkou u tohoto modelu byla možnost natáčet videa, a to ve formátu VGA (640x480) se snímkovou frekvencí 30 fps. [28]

S novým designem přišel roku 2010 iPhone 4. Poprvé došlo ke zlepšení rozlišení displeje z 320x480 pixelů na 640x960 pixelů, čímž se zvýšila kvalita zobrazení fotografií (mimo jiné) přímo na displeji mobilního telefonu. Fotoaparát nabízel pořizování fotografií s rozlišením 5 Mpx. Novinkou u tohoto modelu byla přední kamera s rozlišením 0.3 Mpx pro pořizování tzv. selfie fotografií a pro uskutečňování videohovorů. Další důležitou novinkou bylo přidání LED blesku, díky kterému bylo možné pořizovat noční snímky. Navýšení kvality nočních snímků ovlivnila také změna snímače z běžného CMOS na BSI CMOS, který z konstrukčních důvodů lépe přijímá světlo z fotografované scény. [28]

Následující rok vyšla aktualizace stávajícího modelu iPhone 4S. Ten zaznamenal v oblasti fotoaparátu další velký posun. Kromě navýšení rozlišení fotoaparátu na 8 Mpx došlo ke změně optiky fotoaparátu. Tato optika se skládala z pěti různých čoček a umožňovala pořizovat ostřejší snímky. Také se zmenšilo clonové číslo na hodnotu F2.4, což znamená lepší světelnost. Přidáním IR filtru se zabránilo průchodu přebytečného světla dopadající na snímač, čímž se zpřesnilo podání barev (zmírnil se tak přepal bílého světla). Software také nově dokázal rozpoznat obličej (či obličej), podle čehož se následně automaticky vyvážila bílá ve scéně. Poslední důležitou novinkou byla stabilizace obrazu při nahrávání videa, které se mohlo natáčet ve full HD tedy v rozlišení 1920x1080 pixelů při snímkové frekvenci 30 fps. [28]

Apple iPhone 5 přinesl více zlepšení stávajících vlastností fotoaparátu než úplných novinek. Parametry jako rozlišení fotografií, rozlišení displeje či clona se od předchozího modelu nezměnily. Zlepšení zaznamenalo fotografování za zhoršených světelných podmínek, redukování šumu či rychlost pořizování fotografií. Ochranu čoček začalo zajišťovat safírové sklo, které je velmi odolné vůči poškrábání. [28]



V roce 2013 byla již tradičně představena vylepšená verze posledního modelu iPhone. Tou byl iPhone 5S, který měl opět fotoaparát s rozlišením 8 Mpx. Clonové číslo se zmenšilo na hodnotu F2.2, tudíž bylo možné přijímat ze scény ještě více světla. Došlo také ke zvětšení snímače fotoaparátu a to z 1/3.2 palce na 1/3 palce. Tím pádem vzrostla také velikost jednotlivých snímacích buněk snímače na 1.5  $\mu\text{m}$ . Zásadní novinkou byl tzv. True Tone Flash, který kombinoval dvojici LED blesků. Jeden měl chladnější barvu svícení a druhý naopak teplejší. Různými změnami intenzity svícení obou LED diod se dalo dosáhnout až tisíce variací, přičemž každá z nich se hodila na jinou fotografickou scénu. Pro snížení rozmazání byla přidána funkce automatické stabilizace obrazu, která však nefunguje na principu optické stabilizace. Tato funkce pouze vybírá z více fotografií (které ale byly pořízeny pouze jedním zmáčknutím tlačítka pro vyfotografování) a vybrala z nich tu nejostřejší. Funkce HDR zlepšila kvalitu fotografií ve více kontrastních scénách. Bylo tak možné získat více detailů v nejsvětlejších a nejtmařších částech fotografie. Drobnějšími novinkami byl tzv. Burst mode, který umožňoval rychlé pořízení série fotografií podržením tlačítka pro fotografování (iPhone následně nebo slow-motion mód nahrávání videa pro vytvoření zpomalených záběrů, a to se snímkovou frekvencí 120 fps. [28]

Další rok byl představen iPhone 6 spolu s větší variantou iPhone 6 Plus. Hlavní parametry jako rozlišení fotoaparátu, světelnost či velikost snímače kopírovaly předchozí iPhone 5S. Podobně jako u iPhone 5 se jednalo o model, který spíše vylepšoval stávající vlastnosti a funkce fotoaparátu než aby přinášel zcela nové. Výrazně se zrychlilo zaostřování a zlepšení zaznamenala také redukce šumu. Neustálé zlepšování hardwaru a softwaru také zrychlilo detekci obličejů včetně detekce úsměvu či mrkání, což se ve spojení s funkcí Burst mode projevilo na zaznamenání vhodnějších snímků v dané sérii. Větší iPhone 6 Plus měl po stránce fotoaparátu jednu zásadní výhodu, a to optickou stabilizaci obrazu. To znamenalo, že se objektiv fotoaparátu nově pohyboval po horizontále a vertikále v závislosti na pohybu fotografa. To iPhone 6 Plus umožňovalo nastavovat při zhoršených světelných podmínkách delší expoziční čas, aniž by byl snímek rozmazaný. [28]

U iPhone 6S a 6S Plus z roku 2015 se výrobci rozhodli změnit po čtyřech letech rozlišení fotoaparátu z 8 Mpx na 12 Mpx. Stejně rozlišení se zachovalo až do současnosti, a tak jej najdeme u všech variant iPhone 11 z roku 2019. Při zachování stejně velkého snímače 1/3 palce tato změna bohužel znamenala zmenšení snímacích prvků snímače. Světelnost objektivu změnu nepřinesla. Ponecháním prostoru mezi jednotlivými snímacími body se zabránilo

tzv. krvácení světla do vedlejších bodů. Tím se dosáhlo věrnějšího podání barev na každém snímacím bodu snímače. [28]

Co se týče iPhone 7 a iPhone 7 Plus z následujícího roku, tím zásadnějším modelem byla právě verze Plus. Apple iPhone 7 Plus měl jako první iPhone na zadní straně těla mobilního telefonu dva fotoaparáty. Každý z těchto fotoaparátů měl odlišnou ohniskovou vzdálenost (udávající se v mm), která ovlivňuje, pod jakým úhlem můžeme danou scénu vyfotografovat a také zvětšení fotografované scény. Primární fotoaparát Apple označovaný jako širokoúhlý měl ohniskovou vzdálenost 28 mm (zorný úhel přibližně 75°) a hodil se na většinu fotografovaných scén. Druhý fotoaparát se označoval jako telephoto, který měl ohniskovou vzdálenost 56 mm (zorný úhel přibližně 40°). Ten se hodil se pro fotografování vzdálenějších objektů ve scéně a také byl využíván v novém portrétním režimu. Oba zmíněné fotoaparáty měly rozlišení 12 Mpx. Primární měl pak světelnost F1.8 a sekundární (teleobjektiv) F2.8. Portrétní režim byl další novinkou, kterou disponoval pouze větší iPhone 7 Plus. Díky hloubkové mapě oddělující popředí scény od pozadí scény bylo možné docílit tzv. bokeh efektu neboli rozmazání pozadí scény. Přesnosti fungování portrétního režimu dopomáhalo strojové učení rozpoznávání obličejů. Zpočátku bylo u tohoto režimu problematické fotografování jiných objektů, než byli lidé. [28]

V roce 2017 byly na trh uvedeny hned tři nové iPhone a to iPhone 8, iPhone 8 Plus a nejpokrokovější iPhone X s novým designem. Zatímco první zmiňovaný měl na zadní straně těla telefonu pouze jeden fotoaparát, další dva měly fotoaparáty již dva. Primární fotoaparáty u všech modelů měly rozlišení 12 Mpx se světelností F1.8. Stejně rozlišení měly také sekundární fotoaparáty, ty se ale lišily ve světelnosti (F2.8 u iPhone 8 Plus, F2.4 u iPhone X). Optická stabilizace obrazu obou fotoaparátů byla výsada iPhone X. Portrétní režim představený předchozí rok byl podporován pouze u iPhone 8 Plus a X. K portrétnímu režimu se přidala nová funkce s názvem Portrait lighting simulující při fotografování portrétů studiové nasvícení. [28]

Následující rok stejně jako rok minulý byly představeny tři mobilní telefony. Šlo o levnější iPhone XR, standardní iPhone XS a větší iPhone XS Max. U všech fotoaparátů, včetně těch sekundárních bylo rozlišení 12 Mpx. Světelnost F2.4 u sekundárních fotoaparátů byla stejná jako u iPhone X. Po pěti letech zaznamenal změnu také snímač primárního fotoaparátu. Snímač se zvětšil z 1/3 palce na velikost 1/2.55 palce, což při zachování stejného rozlišení fotoaparátu znamenalo zvětšení samotných snímacích buněk. Novinkou toho modelu bylo tzv. Smart HDR, které vylepšovalo stávající HDR. Princip této funkce spočívá v pořízení více

snímků s různě nastavenou expozicí a v následném spojení těchto snímků v jednu fotografii. Typickou situací, kterou využívá Smart HDR je focení portrétu proti slunci, kde jeden snímek má nastavené hodnoty pro vyfotografování postavy a další pro vyfotografování přesvětleného pozadí. Spojením vhodných a odečtením nevhodných částí scény získáme výslednou fotografii. Další zásadní novinkou byla možnost v portrétním režimu změnit hloubku ostrosti, a to i po pořízení snímku. Dala se tak ovlivnit intenzita bokeh efektu neboli rozmazání pozadí. [28]

V roce 2019 byly opět představeny tři varianty iPhone. Apple iPhone 11 představoval levnější variantu a iPhone 11 Pro společně s iPhone 11 Pro Max zastupovaly dražší varianty. Poslední dva zmíněné modely měly oproti levnější variantě o jeden fotoaparát na zadní straně navíc, takže se zde nacházely již tři fotoaparáty. Dva byly stejné jako u předchozích modelů, takže zde byl jeden širokoúhlý objektiv a jeden teleobjektiv. Novinkou byl tzv. ultra široký objektiv, kterým se daly pořizovat téměř panoramatické snímky se zorným úhlem 120° (ohnisková vzdálenost byla 13 mm). [28]

Tabulka 1: Přehled parametrů fotoaparátů v iPhonech, zdroj: [39]

iPhone	Rozlišení (Mpx)	Clona (F)	Snímač (Palce)	Vel. snímací buňky ( $\mu\text{m}$ )
<b>2G, 3G</b>	2	2.8	?	?
<b>3GS</b>	3	2.8	1/4	1.56
<b>4</b>	5	2.8	1/3.2	1.75
<b>4S, 5</b>	8	2.4	1/3.2	1.4
<b>5S, 6, 6 Plus</b>	8	2.2	1/3	1.5
<b>6S, 6S Plus, SE</b>	12	2.2	1/3	1.22
<b>7</b>	12	1.8	1/3	1.22
<b>7 Plus</b>	12	1.8	1/3	1.22
	-	-	-	-
	12	2.8	1/3.6	1.0
<b>8</b>	12	1.8	1/3	1.22
<b>8 Plus</b>	12	1.8	1/3	1.0
	-	-	-	-
	12	2.8	1/3.6	1.0
<b>X</b>	12	1.8	1/3	1.22
	-	-	-	-
	12	2.4	1/3.4	1.0
<b>XS, XS Max</b>	12	1.8	1/2.55	1.4
	-	-	-	-
	12	2.4	1/3.4	1.0
<b>XR</b>	12	1.8	1/2.55	1.4
<b>11</b>	12	1.8	1/2.55	1.4
	12	2.4	?	?
	-	-	-	-
<b>11 Pro, 11 Pro Max</b>	12	1.8	1/2.55	1.4
	12	2.4	1/3.6	1.0
	12	2.0	1/3.4	1.0

**Pozn.:** Symbol otazníku v tabulce značí, že daná hodnota nebyla zjištěna. Je-li v buňce více hodnot, první platí pro primární fotoaparát, druhá pro sekundární (širokoúhlý) a třetí pro terciální (teleobjektiv). V případě, že jeden z těchto fotoaparátů u daného modelu chybí je příslušný řádek označen pomlčkou.

## Komentář k analýze parametrů fotoaparátů vývojové řady Apple iPhone

Prvním sledovaným parametrem bylo rozlišení uváděné v hodnotách Mpx. Apple patří do skupiny výrobců, kteří tuto hodnotu záměrně příliš nezvyšují. Vysoké hodnoty Mpx jsou vhodné pro zobrazování a tisk na rozměrných plochách. Prioritou Applu je však zřejmě zachovat příznivější velikosti snímacích bodů.

Důležitým parametrem je pro fotoaparát clona, která ovlivňuje množství světla dopadající na snímač. Čím menší je clonové číslo, tím méně je zabraňováno průchodu světla. Apple iPhone již od iPhone 7 využívá velmi dobrou světelnost F1.8, která se hojně využívá i u profesionálních objektivů. Nutno ale dodat, že výstup fotoaparátu s takovýmto objektivem se bude od výstupu fotoaparátu mobilního telefonu lišit i přes stejné clonové číslo.

Na kvalitu výsledné fotografie má velký vliv velikost snímače, potažmo velikost jednotlivých snímacích buněk. Zatímco snímače se v průběhu let neustále zvětšovaly, snímací buňky byly u prvních generací větší, a to kvůli menšímu celkovému rozlišení. Současné modely však mají snímače o velikosti až 1/2.55 palce, což je zhruba velikost, se kterou se můžeme setkat u levnějších kompaktních fotoaparátů.

V případě iPhone 2G, 3G a 11 nejsou uvedeny hodnoty velikosti snímače, potažmo velikosti snímacích buněk z důvodu, že k daným parametrům nebyl nalezen vyhovující zdroj informací.

U novějších modelů je již samozřejmostí více objektivů. Z toho důvodu se v tabulce 1 objevuje více parametrů v rámci jedné buňky. První parametr je vždy přiřazen primárnímu fotoaparátu. Druhý je přiřazen sekundárnímu fotoaparátu, což je u mobilních telefonů Apple fotoaparát s širokouhlým objektivem. Třetí parametr potom patří teleobjektivu.

### 5.2 Analýza a srovnání fotografií pořízených zařízeními Apple iPhone

Tato část je věnovaná srovnání fotografií, které byly vyfotografované pro účely této práce. Fotografie jsou pořízeny následujícími modely iPhone: iPhone 5S, iPhone 7, iPhone 8 a iPhone 11 Pro. Jednotlivé série fotografií byly pořízeny za různých světelných podmínek a všechny jsou prezentovány ve formátu JPEG. Jedinou formou úpravy fotografií bylo mírné pootočení pro zachování vodorovných linií.

Je nutné upozornit na fakt, že v tištěné podobě nemusí být rozdíly mezi jednotlivými fotografiemi zcela zřejmé. Pro zobrazení fotografií v původní kvalitě je potřeba využít přílohy této bakalářské práce.

### 5.2.1 Fotografie krajiny

Fotografování krajiny (obrázek 22) probíhalo za ideálních světelných podmínek při bočním přirozeném nasvícení. V tomto případě nejsou rozdíly mezi jednotlivými fotografiemi tak významné jako u ostatních scén. Největší rozdíly lze pozorovat v části snímku, kde se nachází kaple (jedná se o kapli svatého Floriána v Moravském Krumlově). Zatímco u iPhone 5S (obrázek 23 A) je kaple velmi přesvětlená, ostatní modely ji vykreslili v pořádku. To značí lepší dynamický rozsah fotoaparátů u novějších modelů. Nejnovější iPhone 11 Pro také oproti ostatním modelům výrazně lépe vykresluje detaily ve světlech a stínech, což lze pozorovat jak na kapli tak ve vegetaci ve spodní části snímku (obrázek 22 D). Zaměříme-li se na stromy v levé části snímku (na horizontu) za dostatečným lze označit pouze výsledek iPhone 11 Pro (obrázek 24 D) a iPhone 8 (obrázek 24 C). U dvou starších modelů prakticky nelze rozeznat siluety stromů, a tak se zde obraz jeví jednotvárně bez jakékoliv struktury. Při velkém přiblížení je šum zřejmý pouze u modelu 5S a to v malém množství.





Obrázek 22: Fotografie krajiny (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro)





Obrázek 23: Detail kaple (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro)





Obrázek 24: Detail stromů (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro)

### 5.2.2 Fotografie protisvětla

Fotografování v protisvětle je ideální pro otestování automatických HDR režimů. V případě iPhonů se této funkci přezdívá Auto HDR, u novějších modelů pak Smart HDR. Princip této funkce spočívá v tom, že fotoaparát zaznamená při jediném zmáčknutí spouště více fotografií, a to vždy při jiném nastavení expozice. Smartphone potom automaticky vybere ideální části scény a složí z nich jednu fotografii. Ve scéně, kterou vidíme na obrázcích níže se tato funkce projevuje tak, že jeden (či více snímků) přizpůsobí expozici pozadí a další zase popředí. Při správném sloučení takto pořízených snímků může být dosaženo ideální expozice ve všech částech snímku. Snímky níže jsou jasným důkazem značného zlepšení této funkce v průběhu šesti let. Nejnovější iPhone 11 Pro podává velmi dobré výsledky jak po stránce barevnosti (což lze dobře pozorovat na obloze, viz obrázek 25 D), tak také po stránce množství detailů, kdy je obličej na obrázku 26 D v porovnání s ostatními iPhony velmi dobře čitelný. Podobně dobré výsledky má také fotografie iPhonu 8 (obrázek 25 C). Obličej je skoro stejně zřetelný jako u novějšího modelu. Pokulhává ale po stránce barevnosti. To jde opět dobře vidět na obrázku 25 C jak v oblasti oblohy, tak v oblasti trávy dole. Snímky dvou nejstarších modelů lze označit za neuspokojivé, zejména pak fotografie iPhonu 5S, kdy je znatelný velmi malý dynamický rozsah (obrázek 25 A).



Obrázek 25: Fotografie protisvětla (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro)





Obrázek 26: Detail fotografie protisvětla (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro)

### 5.2.3 Fotografie za šera

V posledních letech se výrobci smartphonů zaměřily také na snímky vyfotografované za špatných světelných podmínek, které byly dlouhodobě neuspokojivé. Řešení tohoto problému nabízí především optická stabilizace obrazu v kombinaci s delším expozičním časem. Jelikož je obraz stabilizován, můžeme si dovolit delší expoziční čas, aniž by došlo k rozmazání obrazu. Čím delší je expoziční čas, tím více světla dopadá na snímač fotoaparátů a tím pádem je následně celá scéna světlejší. Navíc díky této funkci snímky získají více detailů ve světlech a stínech. Kromě lepšího prosvětlení u snímku pořízeném iPhonem 11 Pro je také mnohem více patrná redukce šumu, především pak v horní části fotografie (obrázek 27 D). U snímku, který byl pořízen nejnovějším modelem je také patrný aktivní portrétní mód, který zdůrazňuje tzv. bokeh efekt neboli rozmazání pozadí (obrázek 28 D). Kvůli velmi malým snímačům fotoaparátů, které se používají u smartphonů je zde velmi široká hloubka ostrosti, která ovlivňuje rozmazanost tohoto pozadí. Proto se výrobci chytrých telefonů spoléhají na hloubkové mapování scény za pomoci kterého lze oddělit popředí od pozadí. Pozadí je pak uměle rozostřeno.



Obrázek 27: Fotografie za šera (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro)





Obrázek 28: Detail fotografie za šera (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro)



## 6 SROVNÁNÍ KLASICKÝCH DIGITÁLNÍCH FOTOAPARÁTŮ A DIGITÁLNÍCH FOTOAPARÁTŮ IMPLEMENTOVANÝCH DO MOBILNÍCH TELEFONŮ

Tato kapitola je zaměřena na samotné srovnání klasických digitálních fotoaparátů a fotoaparátů implementovaných do mobilních telefonů. Aby bylo dosaženo co možná nejširšího záběru, je zde kladen důraz na různorodost jednotlivých zařízení.

Proto mezi vybranými zařízeními můžeme najít digitální zrcadlovku (DSLR), které se obecně řadí k profesionálním fotoaparátům s velmi kvalitním výstupem, a to hlavně díky velkým sensorům. U digitálních zrcadlovek nižší třídy nejčastěji najdeme snímač velikosti APS-C, jejichž velikost se u každého výrobce mírně liší, avšak vždy se pohybuje okolo 23.5 mm na 15.5 mm. U zrcadlovek vyšší třídy se již objevují full-frame snímače. Jejich velikost odpovídá velikosti kinofilmového políčka, tedy 36 mm na 24 mm. Právě tento typ fotoaparátů je v současnosti vytlačován moderními digitálními bezzrcadlovkami. [4]

Dalším zařízením je digitální bezzrcadlovka, jejichž název je odvozen od absence soustavy zrcátek, které přenáší reálný obraz do hledáčku. Nevyskytuje se zde tedy optický hledáček jako u digitálních zrcadlovek, ale elektronický hledáček. Díky tomu mohou být tyto fotoaparáty výrazně menší a lehčí. V kombinaci s velkými snímači se z těchto zařízení stává čím dál oblíbenější nástroj i pro profesionální fotografy. [4]

Posledním typem klasického digitálního fotoaparátu ve výběru je kompaktní fotoaparát. Menší sensor znamená méně kvalitní obrazový výstup. Jednoduché ovládání s přednastavenými režimy focení spolu s nízkou cenou a malými rozměry jsou vlastnosti, které ocení zejména nenároční uživatelé, kteří fotoaparát využívají zejména jako obrazový deník. Další jejich vlastností bývá zabudovaný objektiv. [4]

Z řad mobilních telefonů jsou vybrány zařízení se dvěma nejrozšířenějšími operačními systémy, se kterými se můžeme u mobilních telefonů setkat. Tedy s operačním systémem Android, o jehož vývoj se stará firma Google a s operačním systémem iOS od firmy Apple. V obou případech se jedná o vlajkové lodě mobilních telefonů daných výrobců.

### 6.1 Analýza a srovnání parametrů vybraných zařízení

Prvním vybraným zařízením je digitální zrcadlovka Nikon D3100, která spadá v této kategorii do nižší třídy. Byla uvedena na trh v roce 2010 jako nástupce modelu D3000. Fotoaparát má rozlišení 14.2 Mpx (4608 x 3072 pixelů), což spolu s velikostí senzoru APS-C

(23.1 mm na 15.4 mm) znamená velikost jednoho snímacího bodu 4.94  $\mu\text{m}$ . Obsahuje obvyklý snímač typu CMOS. Maximální ISO odpovídá hodnotě 12 800 a nejkratší čas závěrky je 1/4000 vteřiny. Pořizovací cena tohoto fotoaparátu se pohybovala okolo 10 000 Kč (včetně základních objektivů v balení). [40]

Druhým zařízením je digitální bezzrcadlovka Nikon Z6, která již patří do vyšší třídy, čemuž také odpovídají její parametry. Na trh se dostala na konci roku 2018 a dodnes patří mezi vlajkové lodě značky Nikon. Rozlišení fotoaparátu je 25 Mpx (6048 x 4024 pixelů). V této kategorii je samozřejmostí velikost snímače full-frame (35.9 mm na 23.9 mm). Jeden snímací bod zde odpovídá hodnotě 5.94  $\mu\text{m}$ . Stejně jako u předchozího fotoaparátu využívá dnes nejrozšířenější typ senzoru CMOS. Umožňuje fotografovat při citlivosti ISO až 51 200 a nejkratší čas závěrky je o polovinu menší než u Nikonu D3100, tedy 1/8000 vteřiny. Cena těla tohoto fotoaparátu převyšuje 40 000 Kč. [41]

Použitý kompaktní fotoaparát nese název Kodak Easy Share Z710. V době jeho uvedení, tedy v roce 2006, se jednalo o kompaktní fotoaparát vyšší třídy. Rozlišení 7 Mpx (3072 x 2304 pixelů) je na danou dobu běžná či vyšší hodnota. Je zde použitý senzor 1/2.5 palce (5.74 mm na 4.31 mm) typu CCD. Jedná snímací buňka je tedy velká zhruba 1.87  $\mu\text{m}$ . Hodnota ISO dosahovala maximálně čísla 800 a čas závěrky minimálního času 1/1000 vteřiny. Zabudovaný objektiv měl velmi širokou ohniskovou vzdálenost a to 38 až 380 mm s clonou v rozmezí F2.8-3.7. Parametry výše zmíněných fotoaparátů jsou shrnuty v tabulce číslo 2. [42]

První z mobilních telefonů na seznamu je Google Pixel 4 z roku 2019. Na benchmarkovém portálu DXOMARK je v současnosti zařazen na 23 příčku (1.7.2020). Pro srovnání iPhone 11 ze stejného roku i z podobné cenové kategorie na nachází o 4 místa dál, tedy až na 27 místě. Pixel 4 má dvě zadní kamery z nichž jedna zastává primární funkci a druhá plní funkci teleobjektivu. Primární fotoaparát má rozlišení 12.2 Mpx a velikost snímače je 1/2.55 palce, což odpovídá asi 1.4  $\mu\text{m}$  na jedenu snímací buňku. Jeho ohnisková vzdálenost je 27 mm a clonové číslo F1.7. Teleobjektiv nabízí rozlišení 16 Mpx a snímač o velikosti 1/3.6 palce. Velikost jedné snímací buňky je tedy přibližně 1  $\mu\text{m}$ . Má ohniskovou vzdálenost 50 mm s clonou F2.4. Primární i sekundární kamera má optickou stabilizaci obrazu, kterou oceníme především u teleobjektivu. Pixel 4 nabízí moderní funkce jako je například portrétní režim nebo noční režim. V České republice se Pixel 4 prodává přibližně za 15 000 Kč. [43]

Druhým vybraným telefonem byl iPhone 11 Pro ze stejného roku jako Pixel 4. Na DXOMARK se nachází na 12 místě (1.7.2020) a tak zůstává mezi mobilními telefony, které

byly uvedeny až v roce 2020. V tomto případě najdeme na zadní straně telefonu hned 3 fotoaparáty. Primární a terciální kamera (s teleobjektivem) mají podobné vlastnosti jako v případě Pixelu 4, jen s tím rozdílem, že kamera s teleobjektivem má rozlišení 12 Mpx. Třetí, širokoúhlý fotoaparát (Applem označovaná jako ultra-wide) má taktéž 12 Mpx s ohniskovou vzdáleností 13 mm a světelností F2.4. První dva zmíněné foťáky mají rovněž optickou stabilizaci obrazu. Cena iPhone 11 Pro začíná až na 30 000 Kč. Parametry těchto dvou mobilních telefonů jsou shrnuty v tabulce číslo 3. [44]

Tabulka 2: Vybrané digitální fotoaparáty, zdroj: [45]

Fotoaparát	Typ	Rozlišení (Mpx)	Vel. snímače (Palce, mm)	Vel. snímací buňky ( $\mu\text{m}$ )	Cena (Kč)
<b>Nikon D3100</b>	Digi. zrcadlovka	14.2	APS-C (23.1 x 15.4)	4.94	~10 000
<b>Nikon Z6</b>	Digi. bezzrcadlovka	25	Full-frame (35.9 x 23.9)	5.94	~40 000
<b>Kodak Easy Share Z710</b>	Digi. kompaktní	7	1/2.5 (5.74 x 4.31)	1.87	~10 000

Tabulka 3: Vybrané telefony, zdroj: [39]

Telefon	Rozlišení (Mpx)	Clona (F)	Ohnisková vzdálenost (mm)	Vel. snímače (Palce, mm)	Vel. snímací buňky ( $\mu\text{m}$ )	Cena (Kč)
<b>Google Pixel 4</b>	12.2	1.7	27	1/2.55 (6.17 x 4.55)	1.4	~15 000
	-	-	-	-	-	
	16	2.4	50	1/3.6 (4 x 3)	0.9	
<b>Apple iPhone 11 Pro</b>	12	1.8	26	1/2.55 (6.17 x 4.55)	1.4	~30 000
	12	2.4	13	1/3.6 (4 x 3)	1.0	
	12	2.0	52	1/3.4 (4.23 x 3.17)	1.0	

**Pozn.:** Je-li v buňce více hodnot, první platí pro primární fotoaparát, druhá pro sekundární (širokoúhlý) a třetí pro terciální (teleobjektiv). Uvedená cena je přibližná cena produktu při uvedení na trh. Pomlčka v tabulce značí chybějící fotoaparát u daného zařízení.

## Komentář k analýze parametrů vybraných zařízení

V tabulce 2 jsou shrnuty vybrané parametry daných zařízení. V prvním sloupci jsou uvedeny názvy těchto fotoaparátů a v druhém je uveden typ fotoaparátu. Záměrně jsou vybrány tři nejrozšířenější typy klasických digitálních fotoaparátů.

Dalším uvedeným parametrem je rozlišení v megapixelech (Mpx). Zde lze pozorovat trend růstu rozlišení v závislosti na ceně produktu.

Stejný trend je logicky také u velikosti snímače. Tedy čím větší snímač fotoaparát obsahuje, tím vyšší je cena zařízení.

Důležitý parametr je velikost snímací buňky, kdy bezzrcadlovka má největší rozlišení, a přesto má díky velkému snímači také největší snímací buňky.

Tabulka číslo 3 shrnuje vybrané parametry fotoaparátů u mobilních telefonů, jejichž názvy jsou uvedeny v prvním sloupci tabulky.

Rozlišení v megapixelech (Mpx) u primárních fotoaparátů obou telefonů je 12 Mpx. Rozdíl je ale u fotoaparátu s teleobjektivem, kdy se Google rozhodl vybrat vyšší rozlišení. Je tomu tak kvůli snaze zvýšit kvalitu snímku při větším přiblížení.

Parametr ohniskové vzdálenosti je stejně jako parametr velikosti snímače u obou mobilů téměř totožný.

U velikosti snímacích buněk si lze všimnout, že velikost buňky fotoaparátu s teleobjektivem Pixelu a fotoaparátu s teleobjektivem iPhone je rozdílná, přestože velikost snímače je totožná. Za tento fakt může rozdílná hodnota rozlišení. U sekundárního a terciálního fotoaparátu iPhone je uvedena stejná hodnota velikosti snímací buňky, přestože velikost snímače je rozdílná a rozlišení stejné. Rozdíl ve velikosti buňky tu ale fakticky je, pouze je velmi malý (asi 0.06  $\mu\text{m}$ ).

Zajímavé je, že cena obou mobilních telefonů je velmi rozdílná, přestože v rámci fotografování nabízejí oba dva prakticky stejné množství funkcí. Rozdílem ale je samozřejmě absence tří fotoaparátů u Google Pixelu.

## 6.2 Analýza a srovnání fotografií pořízených na vybraných zařízeních

Tato část obsahuje srovnání fotografií různých scén, které byly pořízeny na vybraných zařízeních. Jde tedy o fotografie z digitální zrcadlovky nižší třídy Nikon D3100, z digitální bezzrcadlovky vyšší třídy Nikon Z6, digitálního kompaktního fotoaparátu Kodak Easy Share Z710 a mobilů Google Pixel 4 a Apple iPhone 11 Pro. Fotografie byly ve většině případů pořízeny v automatickém režimu a vždy ve formátu JPEG. K přenosu souborů bylo použito cloudové úložiště Dropbox, který využívá bezztrátovou kompresi.

Je nutné upozornit na fakt, že v tištěné podobě nemusí být rozdíly mezi jednotlivými fotografiemi zcela zřejmé. Pro zobrazení fotografií v původní kvalitě je potřeba využít přílohy této bakalářské práce.

### 6.2.1 Fotografie portrétu

Portrét byl pořízen za dobrých světelných podmínek v parku. U fotoaparátů Z6 a D3100 byl použit objektiv s pevnou ohniskovou vzdáleností 35 mm a s velmi dobrou světelností F1.8. Objekt na portrétu fotoaparátu Nikon Z6 se jeví vzdálenější kvůli tzv. crop faktoru ostatních zařízení. U obou mobilních telefonů byl aktivován portrétní režim.

Snímek pořízený fotoaparátem Z6 (obrázek 29) netrpí žádnou vadou. Barvy jsou podány přirozeně a díky širokému dynamickému rozsahu, který způsobuje velký snímač zde vidíme také mnoho detailů ve světlech i stínech. Z toho důvodu je obličej dostatečně jasný a snadno čitelný (viz obrázek 34 A).

Oproti tomu fotografie zrcadlovky (obrázek 30) je tmavší, přestože byl použit delší snímací čas 1/800 vteřiny (u Z6 to bylo 1/1000). Je zde znát nižší dynamický rozsah. Celá fotografie vypadá stejně tmavě, na rozdíl od Z6, kde je jasně světlé popředí a tmavé pozadí. Ve fotografii je také mnohem méně detailů, což lze nejlépe pozorovat v obličejí na obrázku 34 B.

U kompaktního fotoaparátu (obrázek 31) byl zvolen automatický portrétní režim, který nastavil nejmenší možné clonové číslo F2.8. Přesto je zde pozadí rozmazané velmi málo. Tento fakt ovlivňuje především malý snímač fotoaparátu.

Google Pixel 4 (obrázek 32) si velmi dobře poradil s barevností, která působí stejně přirozeně jako u předchozích fotoaparátů. Po této stránce má Pixel nejbližší k fotoaparátu Z6. Rozmazání pozadí je zde stejně kvalitní jako u obou Nikonů (obrázek 34 D). Fotografie obsahuje mnohem více detailů než portrét pořízený kompaktním fotoaparátem, což jde vidět na obrázku 34. Při větším přiblížení je však znát na rozdíl od iPhone nízky šum. Objevila se

zde také chyba portrétního režimu, která jde vidět v prostoru mezi rukami a tělem (spodní část obrázku 32).

Portrét iPhonu (obrázek 33) se již na první pohled liší od ostatních snímků nejvíce. Fotografie je výrazně světlejší, kontrastnější a barvy jsou více satureované – především pak tráva v pozadí, která nepůsobí příliš přirozeným dojmem. Na rozdíl od ostatních vzorků se zde v popředí nevyskytují téměř žádné stíny. Při velkém přiblížení na obličej není tak patrný šum jako u Pixelu a obraz je o něco detailnější. V tomto směru se iPhone 11 Pro nejvíce přiblížil Nikonu Z6. Portrétní režim, zde způsobil stejnou chybu jako v případě Pixelu, a navíc přidal výraznou chybu v oblasti vlasů viditelnou na obrázku 34 E.



Obrázek 29: Portrét Nikon Z6



Obrázek 30: Portrét Nikon D3100





Obrázek 31: Portrét Kodak Easy Share Z710



Obrázek 32: Portrét Google Pixel 4



Obrázek 33: Portrét iPhone 11 Pro



Obrázek 34: Detail portrétu (zleva A: Nikon Z6, B: Nikon D3100, C: Kodak Easy Share Z710, D: Google Pixel 4, E: Apple iPhone 11 Pro)

### 6.2.2 Fotografie krajiny

Fotografie krajiny jsou pořízeny při zamračeném počasí a mírném protisvětle. Právě tyto podmínky mohou být problematické pro klasické digitální fotoaparáty, které na rozdíl od mobilních telefonů nevyužívají výpočetní fotografie. Je zvoleno vyšší clonové číslo, aby bylo dosaženo ostrosti v celé fotografii.

Fotoaparáty Z6 a D3100 (obrázky 35 a 36) si s touto scénou poradily podobně, i když v případě Z6 je znát větší dynamický rozsah. To lze dobře pozorovat v prostřední části fotografie se stromy. Na střechách domů jde také v případě bezzrcadlovky dobře poznat lepší barevnost (obrázek 35). Při větším přiblížení je samozřejmě vidět více detailů v případě fotoaparátu Z6 (obrázek 40 A).

Digitální kompakt (obrázek 37) zaznamenal nejhorší fotografii po více směrech. Nejzákladnější chybou je naprostý nedostatek detailů na obloze. Za to může absence HDR režimu, který by kompenzoval vlastnosti malého snímače podobně jako u mobilních telefonů níže. Při velkém přiblížení jsou objekty špatně čitelné a chybí jim jasná struktura (obrázek 30 C).

Fotografie z obou mobilních telefonů (obrázky 38 a 39) vypadají na první pohled lépe než z ostatních zařízení. Je tomu tak hlavně díky pokročilému automatickému HDR režimu, který najdeme u obou telefonů. Obsahují mnoho detailů ve světlech a stínech, takže obloha vypadá reálně. Struktura stromů v prostřední části je také mnohem jasnější. Barevnost u iPhone vypadá podobně jako u portrétu, což znamená vyšší kontrast, saturaci a celkově teplejší barvy. Pixel si zachovává reálnější vzhled. Při velkém přiblížení je nepatrně zřetelnější struktura objektů v případě Pixelu, jak se můžeme přesvědčit na detailním obrázku 40.





Obrázek 35: Fotografie krajiny Nikon Z6



Obrázek 36: Fotografie krajiny Nikon D3100





Obrázek 37: Fotografie krajiny Kodak Easy Share Z710

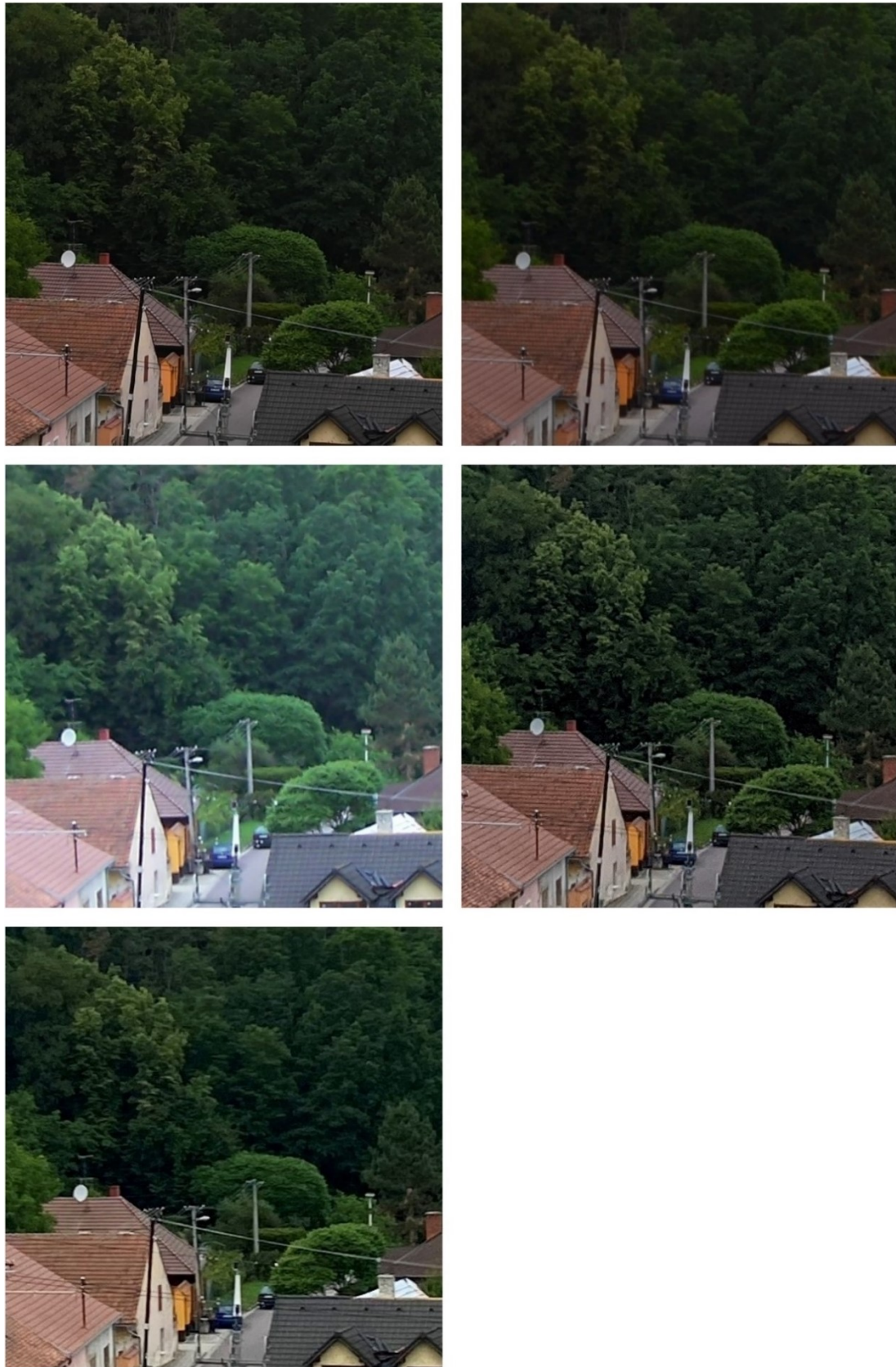


Obrázek 38: Fotografie krajiny Google Pixel 4



Obrázek 39: Fotografie krajiny Apple iPhone 11 Pro





Obrázek 40: Detail fotografie krajiny (zleva A: Nikon Z6, B: Nikon D3100, C: Kodak Easy Share Z710, D: Google Pixel 4, E: Apple iPhone 11 Pro)

### 6.2.3 Fotografie v tmavém prostředí

Tato fotografie byla pořízena uprostřed neosvětleného tunelu dlouhém asi 80 metrů. Dobře tak simuluje fotografování v noci. Účelem této série je ověřit funkčnost a efektivitu nočních režimů mobilních telefonů a výsledek porovnat s automatickými režimy ostatních zařízení. Všechny fotografie byly pořízeny bez blesku.

Bezzrcadlovka si s danou situací poradila ze všech tří klasických fotoaparátů nejlépe (obrázek 41). Model je na snímku zcela zřetelný a obraz není vůbec rozmazaný. Je tomu tak díky stabilizátoru snímáče, který je v této cenové kategorii obvyklou výbavou. Tomu, že obraz není rozmazaný napomáhá také to, že byl použit kratší expoziční čas a to 1/60 vteřiny. Kratší expoziční čas jsme potom mohli použít díky vysoké citlivosti ISO, která zde nabývala hodnoty 11 400. Takto vysoká hodnota ISO bohužel ale zvýšila šum fotografie, o čemž se lze přesvědčit na detailním obrázku 46 A.

Digitální zrcadlovka pořídila v automatickém režimu zcela nevyhovující snímek, na kterém je velmi znát rozmazání obrazu (obrázek 42). Scéna je přitom světlá podobně jako u předchozího fotoaparátu. Důvodem rozmazání byl dlouhý expoziční čas 1/5 vteřiny. Citlivost ISO odpovídala hodnotě 3 200.

Fotografie pořízená kompaktním fotoaparátem je zcela tmavá (obrázek 43). Maximální hodnota ISO u tohoto fotoaparátu je 400. Automatický režim však pro tuto scénu zvolil ISO pouze 160. Expoziční čas potom činil 1/8 vteřiny. Nutno však dodat, že scéna by byla pravděpodobně velmi tmavá i při použití výše zmíněné maximální hodnoty.

Oba mobilní telefony (obrázky 44 a 45) splnili úkol lépe než digitální zrcadlovka i kompaktní fotoaparát. Důvodem je použití delšího expozičního času. Za tento čas nashromáždí snímač více informací ze scény, takže fotografie je pak mimo jiné také dostatečně světlá. Delší expoziční čas ale znamená větší riziko rozmazání obrazu (např. vlivem třesu rukou). Oba telefony však mají optickou stabilizaci obrazu, která zmírňuje dopad tohoto nežádoucího pohybu na výslednou fotografii.

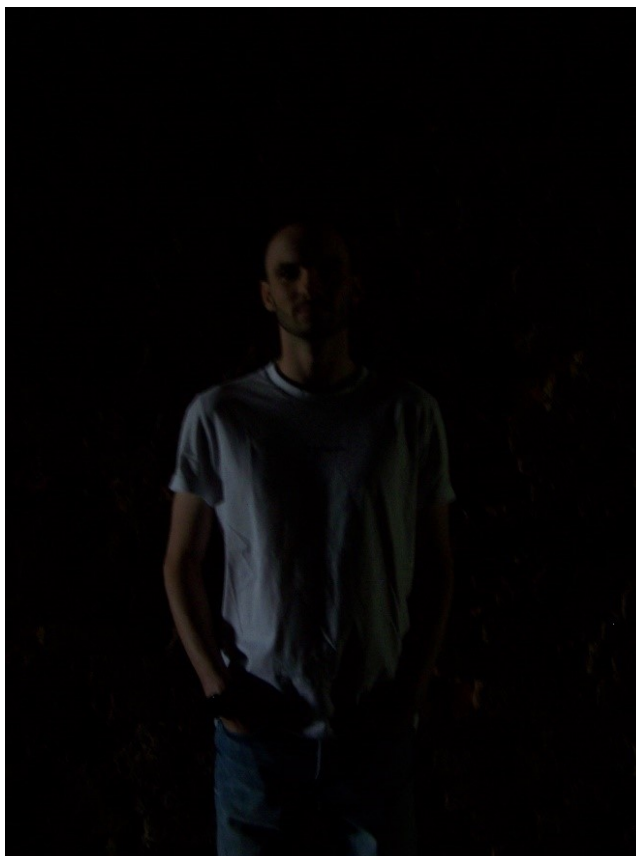


Obrázek 41: Tmavé prostředí Nikon Z6



Obrázek 42: Tmavé prostředí Nikon D3100





Obrázek 43: Tmavé prostředí Kodak Easy Share Z710

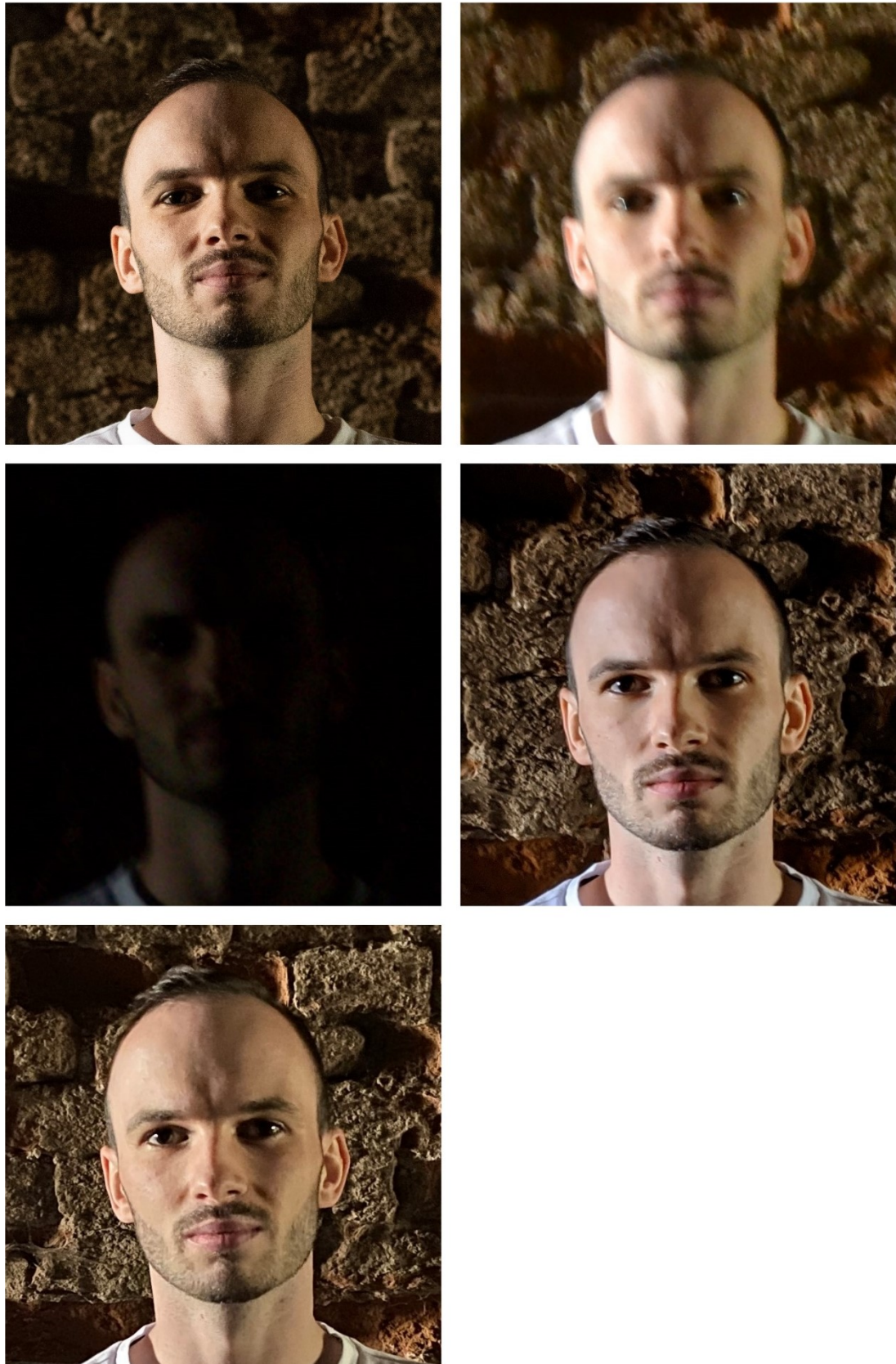


Obrázek 44: Tmavé prostředí Google Pixel 4



Obrázek 45: Tmavé prostředí Apple iPhone 11 Pro





Obrázek 46: Detail fotografie z tmavého prostředí (zleva A: Nikon Z6, B: Nikon D3100, C: Kodak Easy Share Z710, D: Google Pixel 4, E: Apple iPhone 11 Pro)

## 7 STANOVENÍ LIMITŮ FOTOAPARÁTŮ V MOBILNÍCH TELEFONECH

Mobilní telefony mají oproti běžným digitálním fotoaparátům jednu zřejmou nevýhodu a tou je skutečnost, že musí zůstat mobilní. Velikost mobilního telefonu by tedy neměla ovlivňovat jeho vedlejší funkcionalita, kterou fotografování je. Od toho se odvíjí většina limitů, které fotoaparáty v mobilních telefonech mají.

### 7.1 Velikost snímače

Jednou z hlavních nevýhod, která ovlivňuje celou řadu faktorů je velikost snímače. Ta zásadním způsobem ovlivňuje dynamický rozsah fotografie, množství detailů ve světlech a stínech, barevnost fotografie, množství šumu a také například intenzitu hodnoty ISO. S tím také souvisí velikost jednotlivých snímacích bodů. Velké rozlišení neboli množství megapixelů (Mpx) je parametr, kterým se výrobci často prezentují. Vysoký počet megapixelů (Mpx) může být ale kontraproduktivní. Vezmeme-li digitální fotoaparát Nikon D3100, který má rozlišení 14.2 Mpx a mobilní telefon Google Pixel 4 s rozlišením 12.2 Mpx, což je podobná hodnota, velikost snímacích buněk je u obou zařízení velmi rozdílná. K tomu dochází kvůli tomu, že máme-li stejný počet snímacích buněk a dva různě velké senzory, na každém senzoru bude tato buňka zabírat jinou plochu. Větší buňka potom nashromáždí více informací ze scény než menší buňka, a to za stejný časový úsek. Z toho důvodu je například u fotografií, které byly pořízeny fotoaparáty D3100 a Z6 výrazně méně znatelný šum než u fotografií, které byly pořízeny iPhonem 11 Pro a Pixelem 4.

### 7.2 Zoomování

Mobilní telefony mají u svých objektivů pevné ohniskové vzdálenosti. To znamená, že se zde nenachází pohyblivá soustava čoček, která opticky přibližuje a oddaluje scénu. Přesto oba vybrané telefony podporují optický zoom. Optický zoom je u mobilních telefonů zajištěn tak, že obsahuje více fotoaparátů s různými ohniskovými vzdálenostmi. Například Pixel 4 má jeden fotoaparát s ohniskovou vzdáleností 27 mm a druhý 50 mm. Podporuje tedy přibližně dvojnásobný optický zoom. Při zoomování v nativních aplikacích fotoaparátu však můžeme získat i velikost zoomu nacházející se mimo jednonásobný a dvojnásobný zoom (1.5, 3, 8, ...). Zde se již bohužel používá zoom digitální, který mnohem více snižuje kvalitu obrazu. Tato degradace se zvyšuje s rostoucí hodnotou zoomu.



### 7.3 Hloubka ostrosti

Hloubka ostrosti je vlastnost, která ovlivňuje ostrost obrazu a jde o oblíbený kreativní prvek. Fotíme-li například portrét, kde chceme mít ostrou pouze fotografovanou osobu, chceme malou hloubku ostrosti. Naopak pokud fotografujeme krajinu, kde chceme mít ostré objekty jak v popředí, tak v pozadí, chceme velkou hloubku ostrosti. Tuto vlastnost ale ovlivňuje velikost snímáče, a tak u mobilních telefonů nejsme schopni dosáhnout malé hloubky ostrosti, přestože použijeme stejné clonové číslo jako u fotoaparátu s větším snímačem. Tento problém se u mobilních telefonů snaží řešit tzv. portrétní režim, který má malou hloubku ostrosti simulovat tím, že rozpozná objekty v popředí a v pozadí a pozadí uměle rozostří. Portrétní režimy se ale nezřídka kdy setkají s chybnou detekcí objektů ve scéně, což degraduje výslednou fotografii.

### 7.4 Fotografování při nízkém osvětlení

Kvalitu fotografie při nízkém osvětlení ovlivňuje několik faktorů, mezi které patří světelnost objektivu, citlivost ISO a také délka expozičního času. Čím delší tento expoziční čas je, tím více informací se na snímač dostane. Delší čas ale také znamená větší prostor pro snímání nežádoucího pohybu jako je třes rukou. To u obou testovaných mobilních telefonů řeší optická stabilizace obrazu. V tomto směru mají tedy vlajkové lodě mobilních telefonů oproti kompaktním a zrcadlovkám nižší třídy výhodu. Ty totiž optickou stabilizaci nemívají (konkrétně optickou stabilizaci snímáče). Mohou ale využít dražších objektivů, které tuto vlastnost nabízejí. Při srovnání s fotoaparátem vyšší třídy (v našem případě Nikon Z6) však noční režim stále zaostává, a to zejména po směru interpretace světla, stínů a celkové barevnosti. Dalším limitem pro mobilní telefony je po této stránce větší degradace obrazu při použití větších hodnot ISO než u fotoaparátů s větším senzorem.

### 7.5 Nastavitelné parametry

U vybraných fotomobilů chybí také možnost manuálního nastavování některých parametrů, zejména potom hodnoty ISO. Hloubku ostrosti lze nastavit až po vyfotografování a u Pixelu 4 nelze manuálně pracovat s expozičním časem. U mobilních telefonů také často chybí možnost pracovat s vyvážením bílé barvy či určit způsob měření expozice.

## 7.6 Reálné podání barev

Dalším potencionálním problémem fotoaparátů v mobilních telefonech je reálnost podání barev. Jak bylo v předchozí kapitole demonstrováno, vybraný mobilní telefon od Applu iPhone 11 Pro zobrazoval barvy zcela odlišně než ostatní zařízení a některé části fotografie nepůsobily příliš věrohodně. V tomto případě se však nejedná jednoznačně o limit, jelikož záleží na preferencích koncového uživatele.

## 7.7 Další limity fotoaparátů v mobilních telefonech

Velkou výhodou digitálních zrcadlovek a bezzrcadlovek je možnost výměny objektivů dle potřeby. Navíc objektivy obsahují pohyblivou soustavu čoček (nejedná-li se o objektiv s pevnou ohniskovou vzdáleností), které umožňují optický zoom bez zhoršení kvality obrazu. Některé dražší objektivy mají také vlastní stabilizaci obrazu, která ještě více rozšíří možnosti fotografa.

Dalším limitem mobilních telefonů je možná délka fotografování na jedno nabití. Mobilní telefon provádí na pozadí velké množství činností, které se odrážejí na výdrži baterie. Při fotografování je také neustále zapnutý displej, který kvůli své velikosti, vysokému rozlišení a často také vysoké obnovovací frekvenci zrychluje vybíjení baterie.

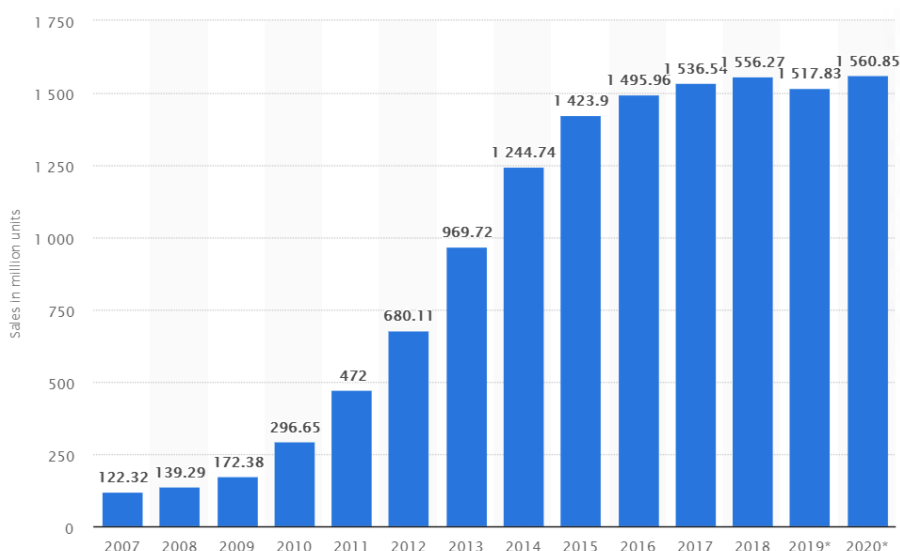
Některé mobilní telefony také neumožňují fotografování přímo do nezpracovaného formátu RAW, který je ideální pro pozdější úpravu snímků.

## 7.8 Celkové zhodnocení

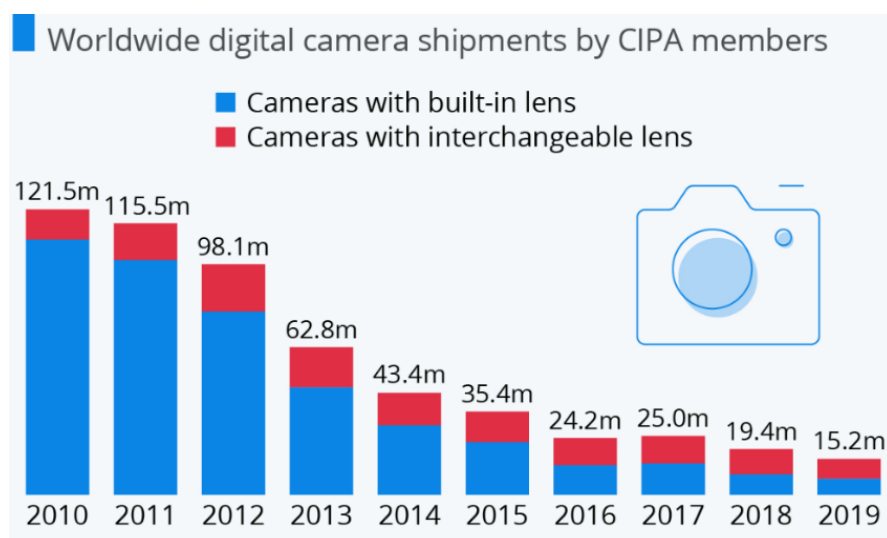
Přestože výše zmíněné limity jsou platné, jejich dopad na výslednou fotografii není tak zásadní, jak se předpokládalo. Většinu z nich se totiž mobilní telefony snaží nějakým způsobem kompenzovat. Nízký dynamický rozsah v důsledku malého snímače řeší HDR režim, zvýšený šum u malých snímačů řeší automatické potlačení šumu, optický zoom alespoň částečně řeší přidání více fotoaparátů. Velkou hloubku ostrosti řeší hloubkové mapování scény, získání kvalitních snímků za nízkého osvětlení napomáhá optická stabilizace obrazu atd. V každém případě se předpokládalo, že dané limity se na kvalitě fotografií promítnou více. Nutné je ale také dodat, že testované mobilní telefony se řadí k vlajkovým lodím daných výrobců, kdy je jejich cena srovnatelná s cenou některých kvalitních digitálních fotoaparátů. Lze tedy očekávat, že jejich limity budou menší než u telefonů střední a nižší třídy.

## 8 SHRNUŤÍ A DOPORUČENÍ PRO KONCOVÉ UŽIVATELE

Prudký vývoj prodeje chytrých telefonů [44] se zásadním způsobem odráží na prodejích klasických digitálních fotoaparátů. Především u těch se zabudovanými objektivy, což je vlastnost hlavně kompaktních fotoaparátů. Dle portálu Statista se od roku 2010 propadly celosvětové prodeje o 87 %. Zatímco v roce 2010 bylo prodáno celkem 121.5 miliónů kusů digitálních fotoaparátů, v roce 2019 to bylo už jen 15.2 miliónů kusů prodané techniky. [46] To poukazuje na fakt, že pro stále větší část obyvatel se stává mobilní telefon jejich hlavním fotoaparátem, a to hlavně na úkor digitálních kompaktních fotoaparátů. Děje se tak pravděpodobně díky „one button“ řešení, kdy uživatel získá bez jakéhokoliv nastavování parametrů ve většině situací kvalitní snímek.



Obrázek 47: Vývoj prodeje chytrých telefonů v miliónech kusů [46]



Obrázek 48: Vývoj prodeje digi. fotoaparátů v miliónech kusů [47]

Rozdělíme-li koncové uživatele do dvou skupin, kdy jedna bude obsahovat profesionální fotografy a nadšence a druhá bude obsahovat občasně či amatérské fotografy, můžeme pro obě tyto skupiny snadno definovat vhodné zařízení.

U profesionálních fotografů a nadšenců do fotografie lze předpokládat, že si chtějí své fotografie upravovat v nezpracované formě ve specializovaných softwarech jako je například Adobe Lightroom. Druhá skupina spíše ocení dobře vypadající snímky hned po vyfotografování a následně s nimi snadnou manipulaci v podobě nahrání na sociální síť či cloudové uložení.

Pro první skupinu jsou v takovém případě ideálním zařízením digitální bezzrcadlovky a zrcadlovky vyšší třídy. Zejména digitální bezzrcadlovky se těší čím dál větší oblibě, a to hlavně díky kvalitnímu výstupu při zachování kompaktních rozměrů. Jejich velkou výhodou je také stabilizace snímáče, se kterou se ve většině případů u zrcadlovek nesetkáme.

Občasným a amatérským fotografům bude za většiny situací dostačovat fotoaparát mobilního telefonu, především pak u některé z vlajkových lodí, kde se běžně objevují pokročilé funkce jako optická stabilizace obrazu, noční režim, portrétní režim, optický zoom atd. Ve spolupráci se softwarem dokáží vytvořit v některých případech dokonce lepší snímek než technika za desítky tisíc korun. Mobilní telefony úspěšně obcházejí své fyzikální limity pokročilými softwarovými operacemi a také strojovým učením. Velkou výhodou novějších mobilních telefonů je také dobře fungující automatický režim HDR, který výsledný snímek skládá z několika různě exponovaných snímků, aby dosáhl co nejlepšího výsledku. Právě kvůli těmto vlastnostem by měl koncový uživatel dobře zvážit, zda se mu vyplatí pořizovat vedle mobilního telefonu také kompaktní fotoaparát, popřípadě digitální zrcadlovku nebo bezzrcadlovku nižší třídy.

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zaměřila na téma limitů fotoaparátů v mobilních telefonech spolu s dalšími tématy, které s tímto odvětvím souvisejí.

V teoretické části je nejprve provedena rešerše existujících článků na toto téma. Rešerše se soustředí na dvě oblasti. První oblast se týká samotné otázky limitů fotoaparátů v mobilních telefonech ve srovnání s klasickými digitálními fotoaparáty. Druhá oblast sleduje téma srovnání fotografických výstupů z mobilních telefonů a z klasických digitálních fotoaparátů. Teoretická část pokračuje stručným shrnutím vývoje fotoaparátů od svého počátku a na to navazuje již podrobnějším popisem vývoje fotoaparátů v mobilních telefonech. Nakonec jsou uvedeny nové trendy, které v oblasti fotoaparátů v mobilních telefonech můžeme pozorovat.

Praktická část je nejdříve zaměřena na vývojovou řadu mobilních telefonů Apple iPhone, kde jsou prvně analyzovány a srovnány parametry jednotlivých modelů a následně je demonstrován jejich vývoj na fotografiích pořízených pro účely této práce. Na to navazuje analýza a srovnání parametrů na předem definovaných zařízeních, kde je následně opět ukázka fotografií různých scén. Dále jsou v souvislosti s pořízenými fotografiemi stanoveny některé limity, se kterými se fotoaparáty v mobilních telefonech potýkají. V úplném závěru práce se nachází shrnutí a doporučení pro koncové uživatele.

Před započatými pracemi na této bakalářské práci se předpokládaly velké rozdíly mezi fotografiemi pořízenými klasickými digitálními fotoaparáty a fotoaparáty v mobilních telefonech. V každém případě se dalo předpokládat, že současné vlajkové lodě mobilních telefonů předčí svou kvalitou testovaný digitální kompaktní fotoaparát. Ukázalo se však, že v některých případech dokážou předčít nejen digitální zrcadlovku nižší třídy, ale také digitální bezzrcadlovku vyšší třídy s full-frame snímačem. Za tímto překvapivým závěrem zcela jistě stojí pokročilý software, který se v dnešních mobilních telefonech nachází, a který dokáže vykompenzovat některé jejich fyzikální limity.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MOBIL NEBO FOTOAPARÁT? ANEB, KDE MOBILŮM „DOCHÁZÍ DECH“? *Fotodárky a fototechnika - CEWE FOTOLAB* [online]. CeWe Color, c2019, 20. 9. 2019 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.fotolab.cz/blog/mobil-nebo-fotoaparát/>
- [2] Smartphone Cameras Vs. Digital Cameras. *Ehab photography* [online]. EHAB PHOTOGRAPHY, c2015-2020, 14 March 2019 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://ehabphotography.com/smartphone-cameras-vs-digital-cameras/>
- [3] Vyrovná se mobil kvalitou výstupu zrcadlovce? *Milujeme fotografii – vše o digitální fotografii | Vše o digitální fotografii a úpravách v Zoner Photo Studiu* [online]. ZONER software, c2020, 10. října 2016 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.milujemefotografii.cz/vyrovna-se-mobil-kvalitou-vystupu-zrcadlovce>
- [4] GATCUM, Chris. *Kompletní fotografie*. Brno: Zoner Press, 2018. ISBN 978-80-7413-378-7.
- [5] JOHNSON, William, Mark RICE a Carla WILLIAMS. *Dějiny fotografie: od roku 1839 do současnosti*. Praha: Slovart, 2010. ISBN 978-80-7391-426-4.
- [6] History of Camera Obscura - Who Invented Camera Obscura? *Photography History - Historical Facts about Photography* [online]. Photography History Facts, c2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <http://www.photographyhistoryfacts.com/photography-development-history/camera-obscura-history/>
- [7] Historie fotoaparátu a fotografie. *Digimanie | homepage* [online]. oXy Online, c1998-2019, 29. 3. 2007 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.digimanie.cz/historie-fotoaparatu-a-fotografie/1815-2>
- [8] 9 fotoaparátů, které tvořily dějiny digitální fotografie. *DIGIarena.cz - O fotografování víme vše* [online]. CZECH NEWS CENTER, 2017 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://digiarena.zive.cz/9-fotoaparatu-ktere-tvorily-dejiny-digitalni-fotografie#part=8>
- [9] POLAROID A JEHO HISTORIE: POVSTAL JAKO FÉNIX Z POPELA. *Vše o fotografii na jednom místě! Blog CEWE FOTOLAB* [online]. Cewe Color, 2019 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.fotolab.cz/blog/historie-polaroid/>
- [10] The first camera phone was sold 20 years ago, and it's not what you might expect. *Android Authority* [online]. Android Authority, 2019 [cit. 2020-07-12].

- Dostupné z: <https://www.androidauthority.com/first-camera-phone-anniversary-993492/>
- [11] From J-Phone to Lumia 1020: A complete history of the camera phone. *Digital Trends|Tech News, Reviews, Deals and How-to's* [online]. Design Technica Corporation, 2013 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/mobile/camera-phone-history/>
- [12] Nokia 7650 – mobil pro náročné, který si zamilujete (recenze). *IDNES.cz - s námi víte víc* [online]. MAFRA, 2002 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/mobil/telefony/nokia-7650-8211-mobil-pro-narocne-ktery-si-zamilujete-recenze.A020605\\_5070874\\_telefony](https://www.idnes.cz/mobil/telefony/nokia-7650-8211-mobil-pro-narocne-ktery-si-zamilujete-recenze.A020605_5070874_telefony)
- [13] USD průměrné kurzy 2002, historie kurzů měn. *Kurzy měn, akcie, komodity, zákony, zaměstnání - Kurzy.cz | Kurzy.cz* [online]. Kurzy.cz, 2002 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/kurzy-men/historie/USD-americky-dolar/2002/>
- [14] Nokia 7610 - megapixelový švihák (recenze). *IDNES.cz – s námi víte víc* [online]. MAFRA, 2004 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/mobil/telefony/nokia-7610-megapixelovy-svihak-recenze.A040614\\_5263560\\_telefony](https://www.idnes.cz/mobil/telefony/nokia-7610-megapixelovy-svihak-recenze.A040614_5263560_telefony)
- [15] Nokia N90: test fotoaparátu, lepší než jsme doufali. *MobilMania.cz – O mobilech víme vše* [online]. CZECH NEWS CENTER, 2005 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/nokia-n90-test-fotoaparatu-lepsi-nez-jsme-doufali/sc-3-a-1110561/default.aspx>
- [16] Retro: Sony Ericsson K750i – počátek kvalitních fotoaparátů. *Mobilenet.cz – Mobilní telefony, notebooky a technologie budoucnosti* [online]. 24net, 2015 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/retro-sony-ericsson-k750i-pocatek-kvalitnich-fotoaparatu-19599>
- [17] Sony Ericsson K800i: zažít nudu, vadí! (velký test). *MobilMania.cz – O mobilech víme vše* [online]. CZECH NEWS CENTER, 2006 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/sony-ericsson-k800i-zazit-nudu-vadi-velky-test/fotoaparatusc-3-a-1112976-ch-1032864/default.aspx#articleStart>
- [18] Nokia N95: na prahu dokonalosti (mega test). *MobilMania.cz – O mobilech víme vše* [online]. CZECH NEWS CENTER, 2007 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/nokia-n95-na-prahu-dokonalosti-mega-test/fotoaparatusc-3-a-1115298-ch-1035648/default.aspx#articleStart>



- [19] Retro recenze: První iPhone ukázal před 10 lety všem konkurentům cestu. *IDNES.cz - s námi víte víc* [online]. MAFRA, 2017 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/mobil/telefony/iphone-prvni-generace-2007-retro-recenze-apple.A170628\\_203854\\_iphone\\_ada](https://www.idnes.cz/mobil/telefony/iphone-prvni-generace-2007-retro-recenze-apple.A170628_203854_iphone_ada)
- [20] Exkluzivně: první česká recenze Apple iPhone 3G. *IDNES.cz - s námi víte víc* [online]. MAFRA, 2008 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/mobil/telefony/exkluzivne-prvni-ceska-recenze-apple-iphone-3g.A080722\\_141704\\_iphone\\_ada#12](https://www.idnes.cz/mobil/telefony/exkluzivne-prvni-ceska-recenze-apple-iphone-3g.A080722_141704_iphone_ada#12)
- [21] Podívejte se, jak fotí nový iPhone 3GS v porovnání s předchůdcem. *IDNES.cz - s námi víte víc* [online]. MAFRA, 2009 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/mobil/telefony/podivejte-se-jak-foti-novy-iphone-3gs-v-porovnani-s-predchudcem.A090620\\_155621\\_iphone\\_ada](https://www.idnes.cz/mobil/telefony/podivejte-se-jak-foti-novy-iphone-3gs-v-porovnani-s-predchudcem.A090620_155621_iphone_ada)
- [22] Samsung i8510 Innov8: Symbian bez Nokie. *MobilMania.cz – O mobilech víme vše* [online]. CZECH NEWS CENTER, 2009 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/samsung-i8510-innov8-symbian-bez-nokie/fotoaparát-hudba-a-video-navigace/sc-3-a-1122658-ch-1043763/default.aspx#articleStart>
- [23] Nokia N8: zahod'te netbooky! (recenze). *Mobilenet.cz – Mobilní telefony, notebooky a technologie budoucnosti* [online]. 24net, 2010 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/nokia-n8-zahote-netbooky-recenze-6004>
- [24] Apple iPhone 4: Napočtvrté a úspěšně? *Mobilenet.cz – Mobilní telefony, notebooky a technologie budoucnosti* [online]. 24net, 2010 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/recenze-apple-iphone-4-napoctvrte-a-uspesne-5760>
- [25] Nokia 808 PureView: foťák, který umí volat [recenze]. *MobilMania.cz – O mobilech víme vše* [online]. CZECH NEWS CENTER, 2012 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/nokia-808-pureview-fotak-ktery-umi-volat-recenze/fotoaparát-galerie-fotografii-video/sc-3-a-1321231-ch-1055847/default.aspx#articleStart>
- [26] Nokia Lumia 1020: Fotografův sen. *MobilMania.cz – O mobilech víme vše* [online]. 24net, 2013 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/recenze-nokia-lumia-1020-fotografuv-sen-13255>
- [27] HTC One (M8): Repríza na jedničku. *Mobilenet.cz – Mobilní telefony, notebooky a technologie budoucnosti* [online]. 24net, 2014 [cit. 2020-07-12]. Dostupné

- z: <https://mobilenet.cz/clanky/recenze-htc-one-m8-repriza-na-jednicku-15279/4-fotoaparát>
- [28] Infographic: 12 Years Of iPhone Camera Evolution (Includ. 11 Pro Max). *NetBookNews | Laptop & Tablet Best Deals, Tips, Buying Guides* [online]. NetbookNews, 2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.netbooknews.com/tips/evolution-of-iphone-cameras/>
- [29] Huawei P20 Pro a P20: Tříoký král a podržtaška. *Mobilenet.cz – Mobilní telefony, notebooky a technologie budoucnosti* [online]. 24net, 2018 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/recenze-huawei-p20-pro-a-p20-trioky-kral-a-podrztaska-34942>
- [30] Proč mají fotoaparáty v mobilu více objektivů? Vyplatí se připlatit? *Homepage | Svět Androida* [online]. SvetAndroida.cz, 2019 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.svetandroida.cz/fotoaparaty-v-mobilu-objektivy/>
- [31] Jediná funkce, kvůli které musíte kupovat drahé smartphony. *IDNES.cz - s námi víte víc* [online]. MAFRA, 2018 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/mobil/telefony/opticka-stabilizace.A171211\\_154948\\_telefony\\_jm](https://www.idnes.cz/mobil/telefony/opticka-stabilizace.A171211_154948_telefony_jm)
- [32] What is Night Mode and how does it work? *Android Authority* [online]. Android Authority, 2018 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.androidauthority.com/what-is-night-mode-and-how-does-it-work-979590/>
- [33] Xiaomi Mi 9. *GSMarena.com - mobile phone reviews, news, specifications and more...* [online]. GSMarena.com, c2000-2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.gsmarena.com/xiaomi\\_mi\\_9-9507.php](https://www.gsmarena.com/xiaomi_mi_9-9507.php)
- [34] Apple iPhone 11 Pro Max. *GSMarena.com - mobile phone reviews, news, specifications and more...* [online]. GSMarena.com, c2000-2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.gsmarena.com/apple\\_iphone\\_11\\_pro\\_max-9846.php](https://www.gsmarena.com/apple_iphone_11_pro_max-9846.php)
- [35] Dual camera optical zoom technology explained. *Android Authority* [online]. Android Authority, 2017 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.androidauthority.com/dual-camera-optical-zoom-technology-explained-781993/>
- [36] What is portrait mode? How tech helps smartphones capture a better you. *Digital Trends | Tech News, Reviews, Deals, and How-To's* [online]. Designtecnica Corporation, 2018 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.digital-trends.com/photography/what-is-portrait-mode/>

- [37] SMARTPHONE REVIEWS. *DXOMARK - Smartphone and Digital Camera Reviews* [online]. DXOMARK, c2008-2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.dxomark.com/category/smartphone-reviews>
- [38] Camera Finder. *Find your inspiration. | Flickr* [online]. Flickr, c2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/cameras>
- [39] *GSMarena.com - mobile phone reviews, news, specifications and more...* [online]. GSMarena.com, c2000-2020 [cit. 2020-07-30]. Dostupné z: <https://www.gsmarena.com/>
- [40] Nikon D3100 Overview. *Digital Photography Review* [online]. Digital Photography Review, c1998 - 2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.dpreview.com/products/nikon/slrs/nikon\\_d3100](https://www.dpreview.com/products/nikon/slrs/nikon_d3100)
- [41] Nikon Z6 Overview. *Digital Photography Review* [online]. Digital Photography Review, c1998 - 2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.dpreview.com/products/nikon/slrs/nikon\\_z6](https://www.dpreview.com/products/nikon/slrs/nikon_z6)
- [42] Kodak EasyShare Z710 Overview. *Digital Photography Review* [online]. Digital Photography Review, c1998 - 2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: [https://www.dpreview.com/products/kodak/compacts/kodak\\_z710](https://www.dpreview.com/products/kodak/compacts/kodak_z710)
- [43] Google Pixel 4 camera review. *DXOMARK - Smartphone and Digital Camera Reviews* [online]. DXOMARK, 2019 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.dxomark.com/google-pixel-4-camera-review/>
- [44] Apple iPhone 11 Pro Max camera review. *DXOMARK - Smartphone and Digital Camera Reviews* [online]. DXOMARK, 2019 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.dxomark.com/apple-iphone-11-pro-max-camera-review/>
- [45] *Digital Photography Review* [online]. Digital Photography Review, c1998 - 2020 [cit. 2020-07-30]. Dostupné z: <https://www.dpreview.com/>
- [46] Number of smartphones sold to end users worldwide from 2007 to 2020. • *Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies* [online]. Statista, 2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/263437/global-smartphone-sales-to-end-users-since-2007/>
- [47] Digital Camera Sales Dropped 87% Since 2010. • *Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies* [online]. Statista, 2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.statista.com/chart/5782/digital-camera-shipments/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Mpx	Megapixel
DSLR	Digital Single-Lens Reflex Camera
SD	Secure Digital
PAS	Personal Handy-phone System
GPRS	General Packet Radio Service
VGA	Video Graphics Array
LED	Light Emitting Diode
HD	High Definition
OS	Operating System
OIS	Optical Image Stabilization
GPS	Global Positioning System
CMOS	Complementary metal–oxide–semiconductor
HDR	High Dynamic Range
APS-C	Advanced Photo System type-C
CCD	Charged Coupled Device

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Rešeršní fotografie lesa .....	13
Obrázek 2: Detail rešeršní fotografie lesa (zleva LG G4, Canon 350D a Canon 5D Mark III) .....	13
Obrázek 3: Fotografie protisvětla pořízená zařízením LG G4 .....	14
Obrázek 4: Upravená fotografie protisvětla pořízená zařízením LG G4 .....	14
Obrázek 5: Detail fotografie protisvětla (zleva LG G4, Canon 350D a Canon 5D Mark III) .....	15
Obrázek 6: Noční fotografie pořízená zařízením LG G4 .....	16
Obrázek 7: Detail noční fotografie (zleva LG G4, Canon 350D a Canon 5D Mark III) .....	16
Obrázek 8: Ukázka camery obscure .....	17
Obrázek 9: Ukázka heliografie .....	18
Obrázek 10: Fotoaparát Leica .....	19
Obrázek 11: Kyocera VP-210 .....	20
Obrázek 12: SCH-V200 .....	21
Obrázek 13: J-SH04 .....	22
Obrázek 14: Nokie 7650 .....	23
Obrázek 15: Nokia N90 .....	24
Obrázek 16: Sony Ericsson k750i .....	25
Obrázek 17: HTC Evo 3D .....	27
Obrázek 18: Apple iPhone 11 Pro .....	28
Obrázek 19: Ukázka nočního režimu .....	30
Obrázek 20: Ukázka zoomu u iPhone .....	31
Obrázek 21: Ukázka portrétů na různých zařízeních .....	32
Obrázek 22: Fotografie krajiny (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro) .....	42
Obrázek 23: Detail kaple (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro) .....	43
Obrázek 24: Detail stromů (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro) .....	44
Obrázek 25: Fotografie protisvětla (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro) .....	46



Obrázek 26: Detail fotografie protisvětla (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro) .....	47
Obrázek 27: Fotografie za šera (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro) .....	49
Obrázek 28: Detail fotografie za šera (zleva – A: iPhone 5S, B: iPhone 7, C: iPhone 8, D: iPhone 11 Pro) .....	50
Obrázek 29: Portrét Nikon Z6 .....	57
Obrázek 30: Portrét Nikon D3100 .....	57
Obrázek 31: Portrét Kodak Easy Share Z710 .....	58
Obrázek 32: Portrét Google Pixel 4 .....	58
Obrázek 33: Portrét iPhone 11 Pro .....	59
Obrázek 34: Detail portrétu (zleva A: Nikon Z6, B: Nikon D3100, C: Kodak Easy Share Z710, D: Google Pixel 4, E: Apple iPhone 11 Pro) .....	60
Obrázek 35: Fotografie krajiny Nikon Z6 .....	62
Obrázek 36: Fotografie krajiny Nikon D3100 .....	62
Obrázek 37: Fotografie krajiny Kodak Easy Share Z710 .....	63
Obrázek 38: Fotografie krajiny Google Pixel 4 .....	63
Obrázek 39: Fotografie krajiny Apple iPhone 11 Pro .....	64
Obrázek 40: Detail fotografie krajiny (zleva A: Nikon Z6, B: Nikon D3100, C: Kodak Easy Share Z710, D: Google Pixel 4, E: Apple iPhone 11 Pro) .....	65
Obrázek 41: Tmavé prostředí Nikon Z6 .....	67
Obrázek 42: Tmavé prostředí Nikon D3100 .....	67
Obrázek 43: Tmavé prostředí Kodak Easy Share Z710 .....	68
Obrázek 44: Tmavé prostředí Google Pixel 4 .....	68
Obrázek 45: Tmavé prostředí Apple iPhone 11 Pro .....	69
Obrázek 46: Detail fotografie z tmavého prostředí (zleva A: Nikon Z6, B: Nikon D3100, C: Kodak Easy Share Z710, D: Google Pixel 4, E: Apple iPhone 11 Pro) .....	70
Obrázek 47: Vývoj prodejů chytrých telefonů v miliónech kusů [46] .....	74
Obrázek 48: Vývoj prodejů digi. fotoaparátů v miliónech kusů [47] .....	74

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Přehled parametrů fotoaparátů v iPhonech, zdroj: [39].....	39
Tabulka 2: Vybrané digitální fotoaparáty, zdroj: [45].....	53
Tabulka 3: Vybrané telefony, zdroj: [39] .....	53

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Elektronické podklady (fotografie)

## **PŘÍLOHA P I: Elektronické podklady (fotografie)**

Součástí této bakalářské práce jsou elektronické podklady v podobě fotografií. Ty byly pořízeny za účelem naplnění praktické části práce. Celkový počet fotografií v příloze je 27.

### **Seznam fotografií v příloze P I: Elektronické podklady (fotografie)**

Fotografie 1	Krajina – iPhone 5S
Fotografie 2	Krajina – iPhone 7
Fotografie 3	Krajina – iPhone 8
Fotografie 4	Krajina – iPhone 11 Pro
Fotografie 5	Protisvětlo – iPhone 5S
Fotografie 6	Protisvětlo – iPhone 7
Fotografie 7	Protisvětlo – iPhone 8
Fotografie 8	Protisvětlo – iPhone 11 Pro
Fotografie 9	Šero – iPhone 5S
Fotografie 10	Šero – iPhone 7
Fotografie 11	Šero – iPhone 8
Fotografie 12	Šero – iPhone 11 Pro
Fotografie 13	Portrét – Nikon Z6
Fotografie 14	Portrét – Nikon 3100
Fotografie 15	Portrét – Kodak Easy Share Z710
Fotografie 16	Portrét – Google Pixel 4
Fotografie 17	Portrét – iPhone 11 Pro
Fotografie 18	Krajina – Nikon Z6
Fotografie 19	Krajina – Nikon D3100
Fotografie 20	Krajina – Kodak Easy Share Z710
Fotografie 21	Krajina – Google Pixel 4
Fotografie 22	Krajina – iPhone 11 Pro (2)
Fotografie 23	Tmavé prostředí – Nikon Z6
Fotografie 24	Tmavé prostředí – Nikon D3100
Fotografie 25	Tmavé prostředí – Kodak Easy Share Z710
Fotografie 26	Tmavé prostředí – Google Pixel 4
Fotografie 27	Tmavé prostředí – iPhone 11 Pro