

# Rozhledy matematicko-fyzikální

---

Filip Hložek

Astrofotografie s chytrým telefonem

*Rozhledy matematicko-fyzikální*, Vol. 101 (2026), No. 1, 41–55

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/153588>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2026

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:  
*The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

# Astrofotografie s chytrým telefonem

*Filip Hložek, MFF UK, Praha*

**Abstrakt.** Astrofotografie je často spojována s nákladným vybavením, nicméně kvalitních snímků noční oblohy lze dosáhnout i pomocí běžného chytrého telefonu. V článku jsou vysvětleny základní expoziční parametry a jejich vliv na podobu snímků. Text představuje praktické postupy od kompozice přes zpracování snímků až po tvorbu star trails, možnosti různých značek mobilních telefonů a vhodné aplikace. Cílem článku je ukázat, že astrofotografie je dostupná všem zájemcům a může být inspirativní cestou k hlubšímu poznání noční oblohy. Tento článek vychází z metodických materiálů autora publikovaných online [1].

Internet je plný nádherných fotografií noční oblohy, jaké lze vidět například na stránkách Astro.cz [2]. Pořídit takové fotografie ale obvykle vyžaduje mnoho času, zkušeností a také poměrně nákladné vybavení. Pěkné snímky však lze pořídit i bez dalekohledu či zrcadlovky. Stačí k tomu běžná součást našich moderních životů – chytrý mobilní telefon. Pojďme si ukázat, jak na to.

## Základní pojmy

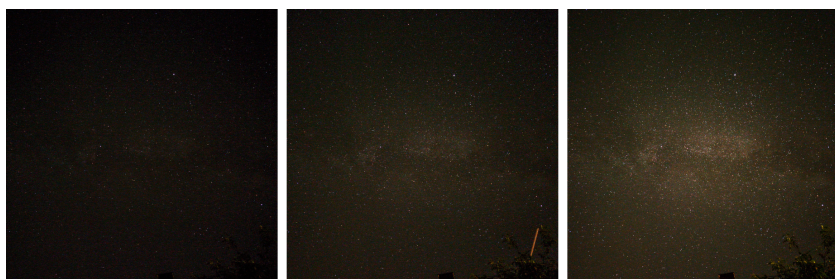
Fotoaparát je zařízení, které soustředí světlo čočkou na (téměř výlučně) digitální senzor, jenž sbírá světlo a ukládá ho. Čím déle je závěrka ponechána otevřená a čím větší je vstupní otvor fotoaparátu, tím více světla dopadne na senzor. Astrofotografie typicky vyžaduje delší expoziční časy, obvykle v řádu několika sekund, aby snímač stihl zachytit dostatek světla z noční oblohy. Naopak při fotografování za denního světla stačí na expozici pouhý zlomek sekundy.

Výslednou podobu fotografie ovlivňují tři základní parametry: *expoziční čas*, hodnota *ISO* a *clona*. Digitální fotoaparát umožňuje měnit všechny tři parametry v manuálním režimu. U mobilních telefonů, na které se tento článek zaměřuje, je však clona obvykle pevně daná výrobcem. Pouze některé modely, zejména vyšší třídy, umožňují její změnu. Případně lze vybírat mezi různými objektivy s odlišnou clonou.

**Expoziční čas**, nebo také rychlost závěrky, je doba, po kterou je závěrka fotoaparátu otevřená a dochází k osvětlení snímače. Čím delší je expozice, tím více světla se zachytí a tím světlejší bude výsledný obraz.

Za denního světla jsou časy expozice velmi krátké a automatika fotoaparátu je obvykle nastavuje sama. Delší expozice by vedla k přesvícenému obrazu (tzv. přeexponovaný snímek). Naopak při fotografování rychlého pohybu je potřeba velmi krátký expoziční čas v řádu tisícin sekundy, aby byl objekt zachycen ostře a bez rozmazání.

Při fotografování hvězdné oblohy je však zapotřebí delší expozice, aby snímač zachytil co nejvíce světla. Není ale rozumné zvyšovat expoziční čas příliš. Obvykle se doporučuje expoziční čas maximálně do 30 sekund, ideálně však méně než 20 sekund. Při delších expozicích se na snímku projeví rotace Země a hvězdy na snímku nebudou bodové, nýbrž mírně protažené do krátkých čar, viz obr. 1. Navíc s rostoucí délkou expozice zesilují i další rušivé jevy. Atmosférické chvění může snímek opticky rozostřit a zahřívání snímače vede ke zvýšené hladině šumu, který se ve výsledku projevuje jako zrnitost či barevné skvrny na fotografii.



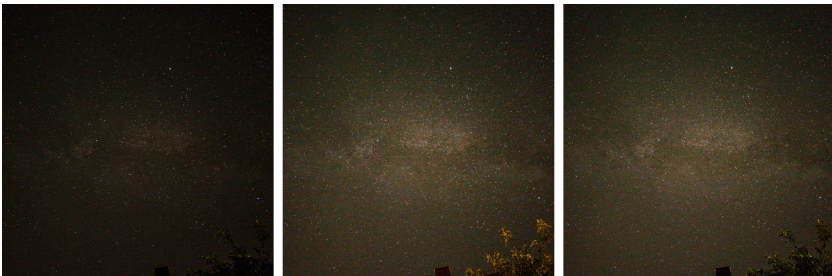
Obr. 1: Porovnání fotografií hvězdné oblohy s expozičními časy 8, 16 a 32 sekund. Při delší expozici se stihnou hvězdy pohnout ze své původní polohy (vlivem otáčení Země). Při bližším zkoumání tak mohou být na snímku patrné krátké světelné čáry namísto bodů. Pro větší názornost byly obrázky upraveny v programu Snapseed. Protažená čára v rohu prostředního obrázku zaznamenává prolétávající letadlo.

Zdánlivý pohyb hvězd (takzvané star trails) by sice bylo možné zachytit jednou velmi dlouhou expozicí, avšak tento postup přináší již zmíněné nevýhody. Proto se kýženého efektu dosahuje častěji složením mnoha po sobě jdoucích snímků s kratšími expozičními časy, namísto jediného snímku exponovaného po velmi dlouhou dobu. Jak takový postup realizovat na mobilním telefonu si ukážeme na konci článku.

**ISO** je hodnota citlivosti snímače na světlo. U analogových fotoaparátů byla tato hodnota určena druhem použitého filmu. U digitálních snímačů lze tuto citlivost jednoduše měnit v nastavení. Vyšší hodnota ISO

zvyšuje jas snímku (zesiluje signál ze senzoru), což je užitečné zejména při slabém osvětlení.

Vyšší hodnota ISO může být využita ke kompenzaci krátkých expozičních časů, například při fotografování rychle se pohybujících objektů. U snímků noční oblohy pak zvýšení ISO umožňuje zkrátit dobu expozice. Zesílený signál dodává fotografii více informací, a moderní přístroje toho dokážou využít k redukci šumu. Nicméně při delší době expozice, kdy vzniká na fotce více šumu, může vyšší hodnota ISO způsobit zesílení nejen dopadajícího světla, ale také nežádoucího šumu. Na obr. 2 jsou pro srovnání zachyceny fotografie noční oblohy při různých hodnotách ISO.



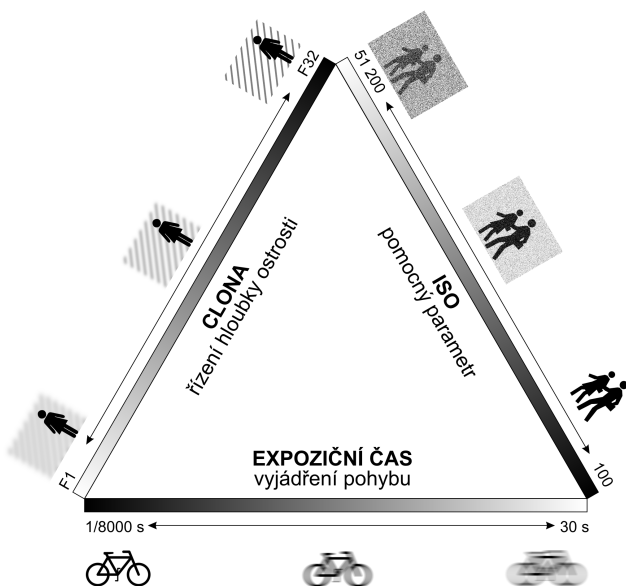
Obr. 2: Porovnání fotografií hvězdné oblohy s hodnotami ISO 800, 1 600 a 3 200. Při kratších expozicích lze využít vyšší hodnoty ISO k získání světlejšího snímku. Při delších expozicích už dochází nejen k zesílení signálu, ale také nežádoucího šumu. Pro větší názornost byly obrázky upraveny v programu Snapseed. Světlejší obraz stromu v prostředním obrázku byl způsoben jeho nechtěným osvětlením.

**Clonové číslo** udává, jak velká část objektivu je otevřená pro průchod světla. U samostatných fotoaparátů lze clonu manuálně nastavit, zatímco v případě mobilního telefonu nikoliv (jak bylo vysvětleno). Clonové číslo je určeno vztahem  $k = \frac{f}{D}$ , kde  $f$  je ohnisková vzdálenost objektivu fotoaparátu a  $D$  průměr otvoru clony. Na objektivěch a fotoaparátech se světelnost typicky zapisuje ve tvaru  $f/k$  (například  $f/2.8$  nebo  $f/4$ ). Zřejmě platí, že čím menší je otvor clony, tím vyšší je clonové číslo, a tedy menší světelnost (objektivem projde méně světla). Nejmenší clonové číslo (tedy maximální světelnost), které lze na objektivu nastavit, je určeno jeho konstrukcí, a proto na něm bývá uvedeno.

Clonová čísla (respektive světelnosti) lze zapsat do řady  $f/1.4, f/2, f/2.8, f/4, f/5.6, f/8, f/11, f/16$ , a tak dále. Hodnoty za lomítkem představují (zaokrouhlené) mocniny čísla  $\sqrt{2}$ . Když se totiž průměr otvo-

ru clony zmenší dvakrát, zmenší se plocha objektivu čtyřikrát, jelikož plocha je úměrná druhé mocnině průměru. Každé další clonové číslo v řadě tedy znamená polovinu světla, které projde objektivem.

Tyto vztahy umožňují fotografům snadnou změnu expozičních parametrů. Například pokud se hodnota ISO zdvojnásobí ze 400 na 800 a zároveň se zkrátí expoziční doba na polovinu (např. z 2 s na 1 s), výsledný snímek bude exponovaný stejně. S clonovými čísly v uvedené řadě je to totéž. Uvedenému zdvojnásobení hodnoty ISO by proto odpovídala změna clonového čísla např. z  $f/2.8$  na  $f/4$  (dvakrát méně světla). To proto, že při dvojnásobné citlivosti snímače nám postačí jen poloviční množství světla. Ovládnutí tohoto pravidla, známého jako expoziční trojúhelník, viz obr. 3, výrazně usnadňuje správné a rychlé nastavení fotoaparátu.



Obr. 3: Expoziční trojúhelník dává do souvislosti tři expoziční parametry: ISO, clonu a expoziční čas. Na obrázku je vidět, jak změna těchto parametrů ovlivňuje focení běžných objektů. [3]

Kromě základních expozičních parametrů je pro úplnost vhodné zmínit i další nastavení ovlivňující kvalitu snímku.

**Vyvážení bílé** (White Balance) určuje, jak fotoaparát interpretuje barevnou teplotu osvětlení a podle toho upravuje barevné podání snímku. Různé zdroje světla vyzařují různě teplé či studené odstíny. Například denní světlo je spíše chladnější. Automatické vyvážení bílé se běžně používá při fotografování běžných scén a u moderních telefonů funguje velmi spolehlivě. Při fotografování noční oblohy však může automatika vyhodnotit scénu nesprávně, zejména v přítomnosti světelného znečištění. Výsledný snímek pak může mít nepřírozený nádech do oranžova nebo do modra. Z toho důvodu se při astrofotografii doporučuje nastavit vyvážení bílé manuálně, čímž lze dosáhnout konzistentního barevného podání v celé sérii snímků a usnadnit jejich následné zpracování.

**Manuální ostření** (Manual Focus) umožňuje určit rovinu ostrosti bez zásahu automatického systému fotoaparátu. Automatické ostření je navrženo především pro běžné scény s dostatkem světla a výraznými kontrastními hranami. Při fotografování hvězdné oblohy však automatika opět selhává, jelikož jsou hvězdy příliš malé a slabé. Ostření se proto obvykle nastavuje ručně, nejčastěji na hodnotu  $\infty$  (nekonečno), neboť jsou hvězdy (ale i planety či Měsíc) velmi vzdálené.

Pro pokročilé úpravy se často využívají snímky ve *formátu RAW*, který uchovává maximální množství obrazových dat. Na rozdíl od komprimovaného formátu JPG, který telefon automaticky upravuje a zmenšuje, umožňuje RAW detailnější editaci. Nevýhodou je větší velikost souborů a nutnost následných úprav. Nezpracované RAW snímky obvykle vypadají nevýrazně a musí se pak dále upravovat. Například již zmíněné obrázky 1 a 2 byly pořízeny ve formátu RAW a následně upraveny přímo na telefonu v programu Snapseed.

## Možnosti amatérské astrofotografie

Ačkoliv se tento text zabývá fotografováním prakticky bez vybavení, je vhodné alespoň zmínit, čeho všeho se amatérská astrofotografie dotýká. Většinou si ji spojíme s využitím dalekohledů. Pak může jít o planetární astrofotografii, deepsky nebo vědeckou (astro/fotometrickou) astrofotografii. Tyto směry astrofotografie kladou vysoké nároky na technické vybavení i zkušenosti pozorovatele a zpravidla vyžadují pečlivou přípravu a následné zpracování dat.

Lze to ale i bez dalekohledu. Takzvaná širokoúhlá astrofotografie má za cíl zachytit velkou část noční oblohy (Mléčnou dráhu, souhvězdí, polární záři). Využívá širokoúhlý objektiv fotoaparátu s delší expozicí, který může být doplněný ještě star trackerem (zařízením, které pomalu otáčí s

fotoaparátem, aby kompenzovalo pohyb oblohy způsobený rotací Země). Ačkoliv výsledné fotky mohou být působivé, cílem je spíše dokumentace oblohy. Naproti tomu krajinářská astrofotografie má pouze estetický záměr. Obloha tvoří součást krajiny, ale není cílem sama o sobě. V popředí bývá zajímavý prvek (strom, socha, jezero, stavba apod.) a snímek se pak skládá z více expozičních. Jedna část expozice míří na oblohu, druhá na krajinu. To proto, že obě scény mají rozdílné světlo, a tedy vyžadují jiné nastavení fotoaparátu. Výsledný obrázek proto vzniká opět až v postprodukcí, kdy se tyto expozice sloučí dohromady.

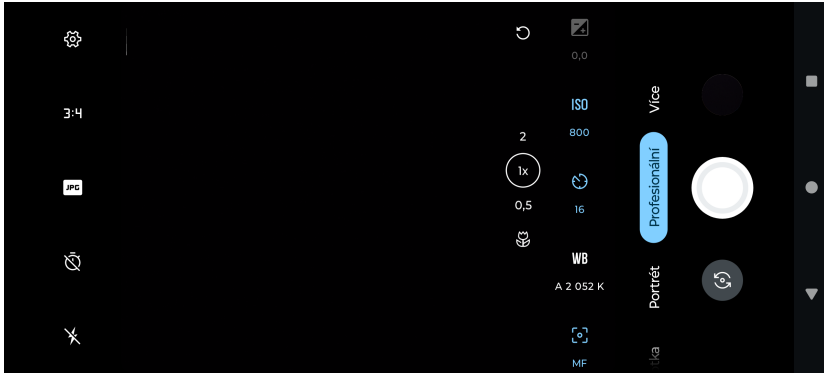
Pokud čtenáře něco z toho zaujalo a neví jak začít, je nejrozzumnější zajít se zeptat na nejbližší hvězdárnu. Z autorova výzkumu [4] vyplývá, že na hvězdárnách je plno nadšených, zapálených lidí, kteří zájemcům rádi poradí nebo alespoň nasměrují jejich další kroky. Doporučit lze také astronomické kroužky a kurzy, které se na hvězdárnách pořádají, a jejichž mapa je k dispozici na stránkách [5]. Účastníci se naučí mnoho zajímavého nejen o astrofotografii, ale o astronomii a astrofyzice vůbec. Zároveň mají přístup k dalekohledům a vybavení hvězdárny. Nehledě na to, že tyto kroužky sdružují komunitu lidí se stejným zájmem, a tím jim umožňují postupovat rychleji vpřed.

### Fotografování s chytrým telefonem

Před prvním nočním focením je důležité seznámit se se svým chytrým mobilním zařízením a jeho funkcemi. Všechny chytré telefony sice v sobě mají vestavěnou aplikaci fotoaparátu, ale její rozhraní, ovládání a dostupné funkce se mohou lišit v závislosti na výrobci a modelu.

Rozdíl je také mezi operačními systémy Apple iOS a Google Android. Telefony od Applu (iOS) nedovolují příliš měnit parametry manuálně, většina se řídí automaticky. I tak ale dokážou dosáhnout velmi kvalitních výsledků. K tomu je ale potřeba umístit je do stativu. Po zapnutí fotoaparátu zapneme noční mód a díky tomu se objeví nastavení času expozice. To je nejprve nízké, ale když se telefon nechá chvíli v klidu na stativu, zvětší se maximální možná doba expozice až na 30 sekund.

Telefony s Androidem obvykle nabízejí více možností manuálního nastavení v režimu nazývaném PRO, Profesionální a podobně. Rozhraní tohoto módu pro telefon Motorola Edge 30 Ultra je na obr. 4, pro jiné telefony může být odlišné. V tomto režimu lze měnit již zmíněný expoziční čas a hodnotu ISO. Je potřeba prozkoumat mezní hodnoty, které lze v aplikaci nastavit. Zejména maximální hodnoty mohou být u slabších telefonů nízké.

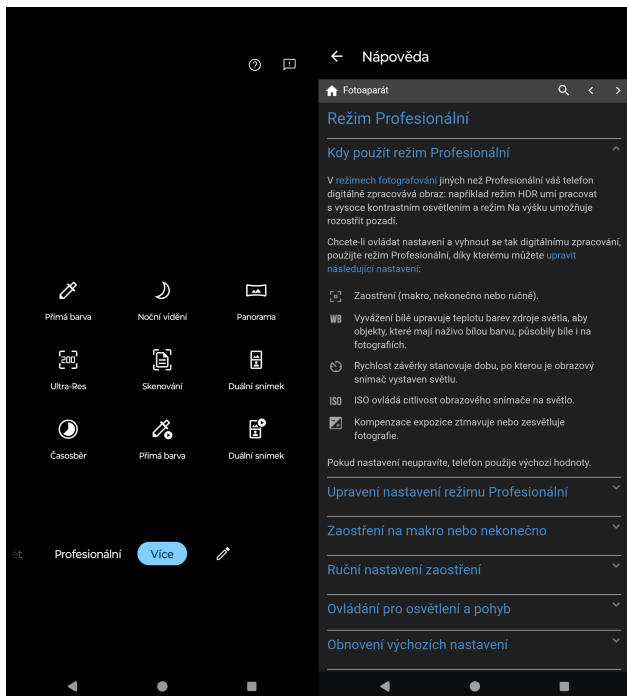


Obr. 4: Profesionální režim fotoaparátu umožňuje manuálně nastavit expoziční parametry. Na pravé liště jsou odspodu ikony pro ostření (MF – manual focus), vyvážení bílé (WB – white balance), délka expozice, ISO a kompenzace expozice (ta však není dostupná pro manuálně zvolené rychlosti závěrky a hodnoty ISO).

Dále může být nutné nastavit ostření, jelikož automatika obvykle nedovede správně zaostřit ve tmě. Nejlepší je proto ostřit za světla, a nastavit hodnotu tak, aby byly všechny předměty (blízké i vzdálené) na displeji ostré. Některé telefony mají v nabídce ostření přímo symbol nekonečna  $\infty$ , který můžeme použít téměř s jistotou pro fotografování noční oblohy. Může se ale stát, že poloha ostření odpovídající nekonečnu bude mírně posunutá. V praxi se proto osvědčuje zaostřit na jasnou hvězdu nebo vzdálený světelný zdroj. Pro kontrolu ostrosti lze dočasně zvětšit náhled obrazu na displeji, což usnadní jemné doladění polohy ohniska. Samotné digitální přiblížení nezlepšuje rozlišení snímku, ale umožňuje lépe posoudit tvar bodových zdrojů v náhledu. Před samotnou expozicí je proto potřeba vrátit zobrazení do základního nastavení.

Velice důležitá bude pro fotografování samospoušť. Stisknutím spouště fotoaparátu totiž dojde k nechtěnému roztřesení telefonu, což vede k rozmazání snímku. Nastavení časovače na 3 až 5 sekund poskytne dostatek času, aby se přístroj opět ustálil.

Pokud telefon nabízí ještě další nastavení, vyzkoušejte, jaký vliv má jejich změna na výsledné snímky. Pro více informací bývá v aplikaci fotoaparátu k dispozici nápověda nejen pro Profesionální režim, ale i pro ostatní funkce fotoaparátu, viz obr. 5. Další podrobnosti lze podle potřeby dohledat na internetu.



Obr. 5: V některých modelech telefonů je k dispozici nápověda k funkcím fotoaparátu (zde pod symbolem otazníku vpravo nahoře). Takto vypadá nápověda k profesionálnímu režimu v telefonu Motorola Edge 30 Ultra.

Kromě vestavěné aplikace fotoaparátu lze samozřejmě využít i aplikace třetích stran, které mohou umožnit pokročilejší manuální nastavení fotoaparátu. V praxi se však často ukazuje, že zabudovaná aplikace fotoaparátu bývá nejspolehlivější. Alternativní programy nemusí fungovat zcela správně nebo mají omezené funkce. Zkušenost je taková, že co funguje jeden den, nemusí fungovat druhý, a naopak.

Pro systém Android se hodí zejména aplikace DeepSky Camera. Ta je vytvořená přímo pro astronomické focení, nabízí rozšířené možnosti nastavení expozičních parametrů (větší ISO nebo delší expozice), včetně sekvenčního snímání (automatické pořizení více snímků za sebou). Tato funkce je užitečná například pro tvorbu star trails nebo složení několika snímků k potlačení šumu. Sekvenční snímání umožňuje také aplikace Intervalometer, která je ovšem placená.

Kromě aplikací na fotografování je užitečné mít i nástroj, který pomůže s orientací na obloze. Asi nejrozšířenější aplikací tohoto typu je Stellarium. Jde o kapesní planetárium, které umožňuje identifikovat hvězdy, planety a další nebeské objekty. Díky zabudovanému kompasu stačí namířit telefon na oblohu a aplikace zobrazí, co se v daném směru nachází. Objekty lze i vyhledávat a zobrazit jejich polohu dokonce i v různých časech, a lze tak určit čas, kdy bude dané těleso viditelné.

Některé moderní telefony obsahují speciální nástroje určené přímo pro astrofotografii. Příkladem může být již zmíněný noční režim u telefonů od Applu.

Telefony Google Pixel mohou obsahovat přímo astrofotografický mód, který celý proces fotografování řídí automaticky. Nepořizuje jediný snímek, ale zachytí sérii fotografií, které následně skládá dohromady. Tím se potlačuje šum a zvyšuje kvalita výsledného snímku. Zajímavé je, že přístroj dokáže kompenzovat pohyb hvězd během dlouhé expozice tak, aby na finální fotografii zůstaly jako bodové objekty. Obvykle se podobné skládání snímků provádí až na počítači ve specializovaném softwaru.

Je však dobré mít na paměti, že podobné automatické režimy často využívají pokročilé algoritmy zpracování obrazu, včetně prvků umělé inteligence, které snímek upravují s cílem dosáhnout vizuálně atraktivního výsledku. Takový postup může vést k nezamýšleným zásahům do obrazu a v některých případech ke zkreslení fyzikální reality zaznamenané scény.

## **Fotíme!**

Velmi užitečnou pomůckou při focení je stativ, do kterého lze telefon uchytit. Nemusí být ani příliš velký. Postačí, aby pevně držel telefon a umožnil mu mířit vzhůru na oblohu. Cena takových stativů se pohybuje v řádu nižších stovek korun. Pokud takový stativ není k dispozici, lze improvizovat. Telefon je možné položit na stabilní podložku nebo jej opřít o batoh či jiný pevný předmět. Lze si také sestavit stativ ze stavebnic typu Lego či Merkur.

Astrofotografie je pochopitelně velmi závislá na počasí. Při focení je důležité se teple obléct a vzít si také nějakou baterku, jelikož telefon bude používán k fotografování. Ideální je baterka s červeným světlem, které minimálně ovlivňuje adaptaci očí na tmu. Z noční oblohy si lze zvolit libovolnou část podle vlastních preferencí a podle ročního období, kdy budou viditelná různá souhvězdí a další vesmírné objekty.

Ohledně doporučených nastavení musíme začít s časovačem spuštění fotoaparátu v rozmezí 3 až 5 sekund. Dobu expozice nastavíme maxi-

málně půl minuty, raději však do 20 sekund. Podle toho zvolíme hodnotu ISO, která se doporučuje obvykle 800 nebo 1 600. Rozhodně se ale vyplatí zkoušet různé parametry a nastavení vhodná pro konkrétní zařízení a pro konkrétní světelné podmínky. Při focení ve městě, kde je silné světelné znečištění, bude zapotřebí zvolit jiné nastavení než ve volné přírodě.

Může být poměrně překvapivé, že na snímku je vidět mnohem více detailů než pouhým okem. Dlouhá expozice totiž umožňuje snímači sbírat světlo delší dobu a ještě jej následně digitálně zesílit. Objevíme tak nebeská tělesa, která by jinak zůstala ukrytá.

Fotografie noční oblohy je často působivá sama o sobě, ale ještě lepší dojem vyvolá, pokud ji na snímku zachytíme i s pozemským objektem. Tento prvek dodává snímku hloubku a pomáhá divákovi lépe se orientovat v prostoru. Ve fotografii se tomu říká *kompozice*. Je potřeba si vybrat zajímavý objekt v popředí hvězdné oblohy, jako strom, skálu, věž nebo jiný výrazný prvek. Jednoduchým řešením kompozice může být jen telefon položený v trávě.

Někdy se může stát, že je krajina na fotografii příliš tmavá nebo přexponovaná. Tmavé objekty v popředí lze krátce osvětlit baterkou, aby na snímku více vynikly. Příliš světlé objekty můžeme zkusit potlačit snížením hodnoty ISO nebo zkrácením expozičního času. Mnoho detailů lze doladit později v grafických editorech, které umožní vyrovnat jas a kontrast různých částí snímku.

Zásadní roli hraje v astrofotografii zpracování získaných dat. Běžná úprava fotografie spočívá v korekcích kontrastu, jasu či barev. Úpravy pořízených snímků, tzv. *postprocessing*, lze tedy jedinečně doporučit. Jednoduše v telefonu lze takové úpravy provést pomocí aplikace Snapseed, která je k dispozici zdarma a obsahuje širokou škálu nástrojů. Náročnější úpravy lze provádět i na počítači.

Například již zmíněné obrázky 1 a 2 byly pořízeny ve formátu RAW a následně upraveny přímo na telefonu v programu Snapseed. Před úpravou je většina hodnot nastavena na nulu. Tyto konkrétní snímky byly zvýrazněny nastavením expozice na 1,20 EV, světla na -40, kontrastu a stínů na hodnotu 20, struktura byla nastavena na 15 a sytost na 10. Aby u zmenšených obrázků byly mezi fotografiemi v sérii viditelné rozdíly, použili jsme také nástroj křivky, kterým se pixelům s určitou světelností přiřadí nová světelnost. Některé parametry ovlivní výsledný obraz více, jiné méně. S nastavením si lze pohrát, aby se dosáhlo kýženého výsledku.

Za zmínku stojí, že astrofotografické zpracování dat jde mnohem dál za korekce několika základních parametrů. Využívá techniky jako skládání více snímků (stacking), které výrazně zvyšuje poměr signálu k šumu, a také korekční snímky, například dark frame pro odstranění teplotního šumu nebo flat frame pro potlačení nerovnoměrného osvětlení snímače. Tyto postupy umožňují získat z dat maximum detailů, které by při pouhé úpravě jednoho snímku nebylo možné vytáhnout.

V neposlední řadě pak lze chytrý telefon přichytit k okuláru dalekohledu a vyfotografovat obraz v něm. Dalekohled je schopen zachytit více světla, takže lze fotit detaily vesmírných objektů, které by jinak byly i při delší expozici fotoaparátu neviditelné. V takovém případě je ale potřeba zvolit zcela jiné nastavení fotoaparátu, v závislosti na tom, co přesně pozorujeme.

### Shrnutí: Jak na to?

Uvedené informace lze shrnout do stručného přehledu základního postupu při fotografování noční oblohy mobilním telefonem.

- **Příprava a vybavení:** Vhodnou pomůckou je stativ nebo jiná stabilní podložka, aby byl telefon během expozice zcela nehybný. Hodí se také malá baterka, ideálně s červeným světlem, které méně narušuje adaptaci očí na tmou. Praktické může být mít po ruce také aplikaci v telefonu pro orientaci na obloze (např. Stellarium).
- **Místo a čas:** Nejlepší podmínky bývají mimo město, kde je menší světelné znečištění. Fotografování je vhodné plánovat na jasnou noc bez Měsíce nebo alespoň v době, kdy je Měsíc nízko nad obzorem. Výběr souhvězdí či části oblohy závisí na ročním období a aktuální viditelnosti objektů.
- **Základní nastavení fotoaparátu:** Pokud to telefon umožňuje, použije se manuální (PRO) režim. Expoziční čas se obvykle nastavuje přibližně na 10 až 20 sekund a hodnota ISO kolem 800 až 1600 podle světelných podmínek. Ostření je vhodné nastavit manuálně na nekonečno nebo na vzdálený světelný zdroj. Pro omezení roztřesení přístroje je vhodné použít samospoušť (dostačující může být 3 až 5 s). Při plánované následné úpravě snímku je vhodné fotografii ukládat ve formátu RAW (je-li tato možnost v telefonu k dispozici), protože uchovává více obrazových dat než běžný formát JPG.

- **Vhodné objekty k fotografování:** Pro první pokusy se hodí jasná souhvězdí nad horizontem, případně doplněná krajinou v popředí. Na tmavé obloze lze zkusit zachytit také Mléčnou dráhu. Další možností je pořídit sérii snímků určených pro vytvoření star trails (viz dále).

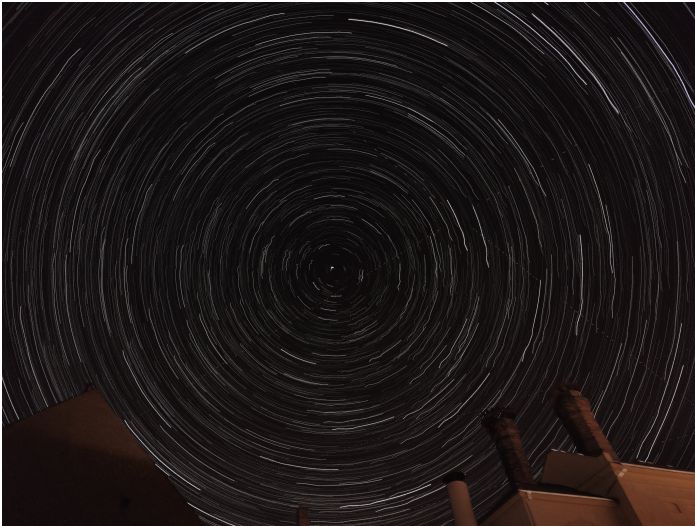
Pořízení fotografie je jen první krok. Snímky noční oblohy obvykle vyžadují alespoň základní úpravy. Ty lze provést například v aplikaci Snapseed přímo v telefonu nebo v jiném grafickém editoru. Konkrétní hodnoty nastavení závisí na kvalitě snímku a světelných podmínkách při fotografování, proto následující kroky představují pouze typický postup úprav bez přesně daných hodnot jednotlivých parametrů:

- **Vyvážení bílé:** Pokud má snímek nepřírozený barevný nádech (například vlivem světelného znečištění), lze nejprve upravit vyvážení bílé (WB), aby barevné podání oblohy působilo přirozeněji.
- **Úprava jasů:** Na začátku editování snímku se často mírně zvýší jas, aby na snímku lépe vynikly hvězdy a struktura oblohy. Dlouhá expozice sice zachytí velké množství světla, ale výsledný obraz může být na první pohled poměrně tmavý.
- **Úprava světla, stínů a kontrastu:** Dalším krokem bývá doladění kontrastu a vyvážení světlých a tmavých částí obrazu. Tím lze zvýraznit hvězdy a zároveň zachovat detaily v krajině nebo v popředí snímku.
- **Doladění detailů a sytosti barev:** Některé nástroje umožňují zvýraznit jemné detaily nebo upravit barevnost snímku. Tyto úpravy je obvykle vhodné provádět spíše mírně, aby obraz nepůsobil nepřirozeně. Při silnějším zesvětlení snímku se navíc může zvýraznit obrazový šum, který vzniká například při vyšší citlivosti ISO. V některých editorech lze šum částečně potlačit pomocí nástrojů pro redukci šumu nebo mírnější úpravou kontrastu a detailů.
- **Křivky a jemné korekce:** Nakonec lze pomocí nástroje křivek nebo dalších jemných úprav doladit jas jednotlivých částí snímku a zvýraznit rozdíly mezi tmavou oblohou a jasnějšími objekty.

Smyslem úprav je především zvýraznit detaily zachycené dlouhou expozicí, které mohou být v původním snímku méně patrné.

## Star trails

Vizuálně působivým typem fotografie jsou již zmíněné star trails (světelné dráhy hvězd). Ty vznikají složením mnoha fotografií na sebe (stackováním), čímž se zvýrazní pomalý pohyb objektů po obloze. Obzvláště impozantní a poučné je, namíříme-li fotoaparát na Polárku, která se nachází v těsné blízkosti severního nebeského pólu. To je takové místo na obloze, kterým prochází myšlená zemská osa, kolem které rotuje zeměkoule. Z toho důvodu kolem Polárky ostatní hvězdy zdánlivě kreslí kružnice, které budou na star trails vidět, viz obr. 6.



Obr. 6: Star trails vytvořená ze 300 snímků, pořízených mobilním telefonem namířeným na Polárku. Fotoaparát mobilního telefonu Motorola Edge 30 Ultra: Clona 1.9, Expoziční čas 16 sekund, ISO 800.

Pro vytvoření star trails je potřeba vyfotografovat velké množství snímků ze stejného místa a v pravidelných intervalech. Ruční pořizování jednotlivých fotografií by bylo nepraktické, proto je nutné využít sekvenční snímání. Ne všechny zabudované aplikace fotoaparátu tuto funkci podporují, takže může být nutné použít další aplikace, jako již zmíněnou DeepSky Camera nebo Intervalometer. Ten je sice placený, ale jeho výhodou je, že využívá již vyzkoušenou a uživatelsky známou aplikaci fotoaparátu, a v pravidelných intervalech pouze mačká tlačítko spouště.

Po pořízení fotografií je potřeba snímky složit do jednoho obrazu. To lze provést v různých programech na počítači, ale také přímo v telefonu pomocí aplikace Star Trails. Aplikace je zdarma, ale po shlédnutí reklamy lze dočasně odemknout i placenou verzi. V aplikaci stačí označit všechny pořízené fotografie (je možné je vybrat najednou tažením prstem), případně vyloučit ty, které se nepovedly. Star Trails aplikace pak v reálném čase ukáže, jak na sebe jednotlivé snímky skládá, takže se výsledná fotografie efektně tvoří přímo před našima očima.

Jak již bylo zmíněno, u některých moderních telefonů (např. Samsung či Huawei) je v nativní aplikaci fotoaparátu přímo režim star trails, který provede výše popsané kroky najednou. S tímto nastavením telefon automaticky pořídí sérii snímků a sám je spojí do výsledné fotografie, aniž by uživatel musel provádět sám další úpravy.

Ze stejné série snímků, ze které jsme vytvářeli star trails, lze vytvořit i časosběrné video, tzv. timelapse. Lidský mozek vnímá plynule promítané obrázky (např. 30 snímků za sekundu) jako video, což umožňuje zrychlené sledování dějů, které by jinak byly příliš pomalé, jako právě zdánlivý pohyb hvězd na obloze. K vytvoření takových videí lze použít aplikaci Timelapse Video Maker, která je sice zadarmo, ale prémiové funkce jsou již placené. Celá řada programů existuje i pro použití v počítači.

Zdánlivý pohyb hvězd na obloze je důsledkem rotace Země, která se otočí o  $360^\circ$  za přibližně 24 hodin. To odpovídá úhlové rychlosti zhruba  $15^\circ$  za hodinu, tedy přibližně  $15''$  za sekundu. Při delších expozičních časech se proto hvězdy na snímku posouvají a místo bodů vytvářejí krátké čáry. Tento efekt omezuje maximální použitelnou délku expozice, má-li být obraz hvězd bodový.

Na počítači lze více snímků skládat pomocí specializovaných programů, které jednotlivé expozice automaticky zarovnají a zprůměrují, čímž se zvýší poměr signálu k šumu a potlačí náhodné rušivé artefakty.

## Závěr

Astrofotografie chytrým telefonem je dostupný způsob, jak zachytit noční oblohu i bez profesionální techniky. Klíčové je pochopení základních expozičních parametrů, použití stativu a vhodné nastavení fotoaparátu či doplňkových aplikací. Kromě běžných snímků lze experimentovat s kompozicí, star trails nebo časosběrným videem. Další možnosti nabízí úprava snímků v aplikacích jako Snapseed nebo práce s RAW formátem. Astrofotografie tak propojuje vědu, technologii a kreativitu. Často jde

ale i o radost z objevování a o to, že díky fotoaparátu dokážeme zachytit detaily, které běžně nevidíme.

#### Literatura

- [1] Hložek, F.: *FyzWeb – Metodické materiály k výuce dalekohledů*. <https://fyzweb.cz/materialy/hlozek>.
- [2] *Astro.cz – Astronomický snímek dne*. <https://www.astro.cz/apod/>.
- [3] *Milujeme fotografii – Pronikněte do tajů expozice: Expoziční trojúhelník*. <https://www.milujemefotografii.cz/proniknete-do-taju-expozice-expozicni-trojuhelnik>.
- [4] Hložek, F., Houfková, J.: *Astronomické kroužky a kurzy, pro nejmenší ale i pro dospělé*. *Československý časopis pro fyziku*, roč. 95 (2023), č. 1, s. 208–211.
- [5] *Mapotic – Říše hvězd*. [www.mapotic.com/rise-hvezd](http://www.mapotic.com/rise-hvezd).

\* \* \* \* \*



Z přednášky „Matematika v žonglování / Žonglování s matematikou“ na akci *Matematika pro život 2026*