

Pavel Karas

# ČASOBĚRNÁ ASTROFOTOGRAFIE

1. 3. 2025

F4175 Astrofotografie



Hvězdárna  
a planetárium  
Brno

# ČASOSBĚRNÁ ASTROFOTOGRAFIE

Zachycení dynamických jevů na obloze:

- Meteorologické jevy
- Otáčení oblohy
- Východy a západy těles
- Polární záře
- Zatmění Slunce/Měsíce
- Rozpad stopy po bolidu



Foto: PH

# UKÁZKA

Teaser

<https://youtu.be/ITCsGJ8A2zU>

# JAK NA TO?



# VYBAVENÍ

---

# VYBAVENÍ

- Fotoaparát
- Objektiv
- **Akumulátor**, příp. battery grip, externí zdroj napájení
- **Paměťová karta**
- **Stativ**, příp. slider, robotická hlava
- **Časová spoušť**, příp. mobilní aplikace, vestavěná funkce foťáku

# FOTOAPARÁT



Koláž: [myclickmagazine.com](http://myclickmagazine.com) / [photographylife.com](http://photographylife.com)

# OBJEKTIV

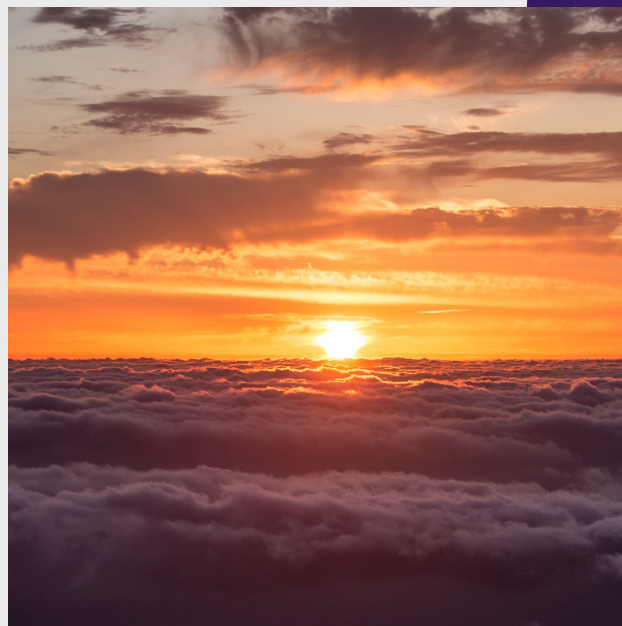
Foto: PK / PG



$f = 8 \text{ mm}$



$f = 20 \text{ mm}$



$f = 100 \text{ mm}$



$f = 1200 \text{ mm}$



# AKUMULÁTOR & PAMĚŤOVÁ KARTA

- Typický časosběr = stovky snímků
- Nároky na akumulátor a paměťovou kartu
- Moderní fotoaparáty – napájení z powerbanky (USB-C)



Foto: amazon.com / bhphoto.com

# STATIV NEBO...?



Foto: PK / diyphotography.net

**UKÁZKA**

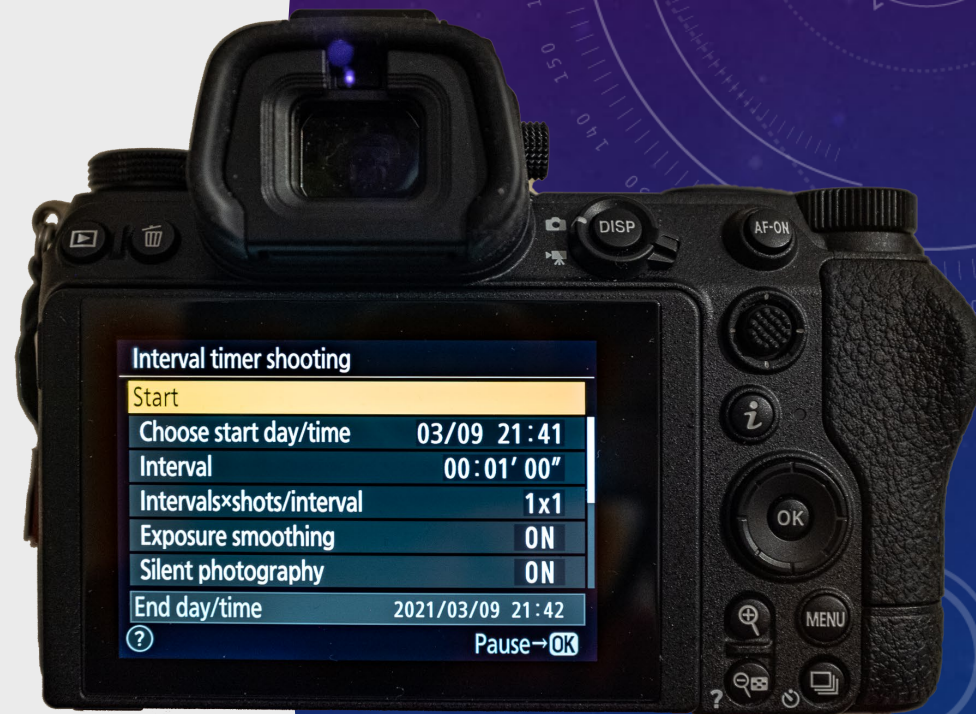
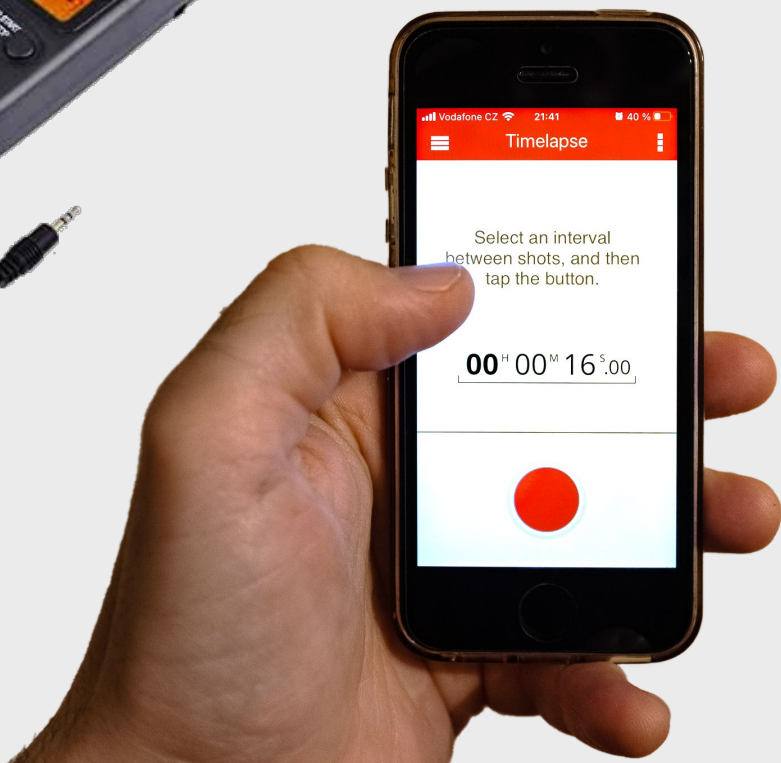
**Časoběr ze slideru**

<https://youtu.be/PN0JEeMQs4>

# ČASOVÁ SPOUŠŤ



Foto: PK / amazon.com



# PŘÍPRAVA

---

# PŘÍPRAVA

- Volba kompozice
- Manuální zaostření
- Focení do RAW formátu
- Nastavení citlivosti / clony / expoziční doby
- Volba intervalu a počtu snímků
- Event. nastavení slideru / panoramatické hlavy
- Spuštění snímání

# VOLBA KOMPOZICE



# MANUÁLNÍ ZAOSTŘENÍ

## Postup:

1. Zaclonit objektiv na požadovanou hodnotu
2. V live view najít dostatečně zřetelnou (ne moc jasnou) hvězdu
3. Zaostřit a zaclonit na požadovanou clonu

## Neostřit podle stupnice na objektivu!

V praxi je rovněž možné zaostřit na vhodně zvolený bod v popředí a využít tzv. hyperfokální vzdálenost.



# HYPERFOKÁLNÍ VZDÁLENOST

Nejkratší vzdálenost  $H$ , při níž sahá hloubka ostrosti až do nekonečna

Přesněji, hloubka ostrosti je v intervalu  $(H / 2; \infty)$

$$H = \frac{f^2}{Fc} + f$$

kde  $f$  je ohnisková vzd.,  $F$  clonové číslo a  $c$  průměr rozptylového kroužku

# HYPERFOKÁLNÍ VZDÁLENOST

Nejkratší vzdálenost  $H$ , při níž sahá hloubka ostrosti až do nekonečna

Přesněji, hloubka ostrosti je v intervalu  $(H / 2; \infty)$

$$H = \frac{f^2}{Fc} + f$$

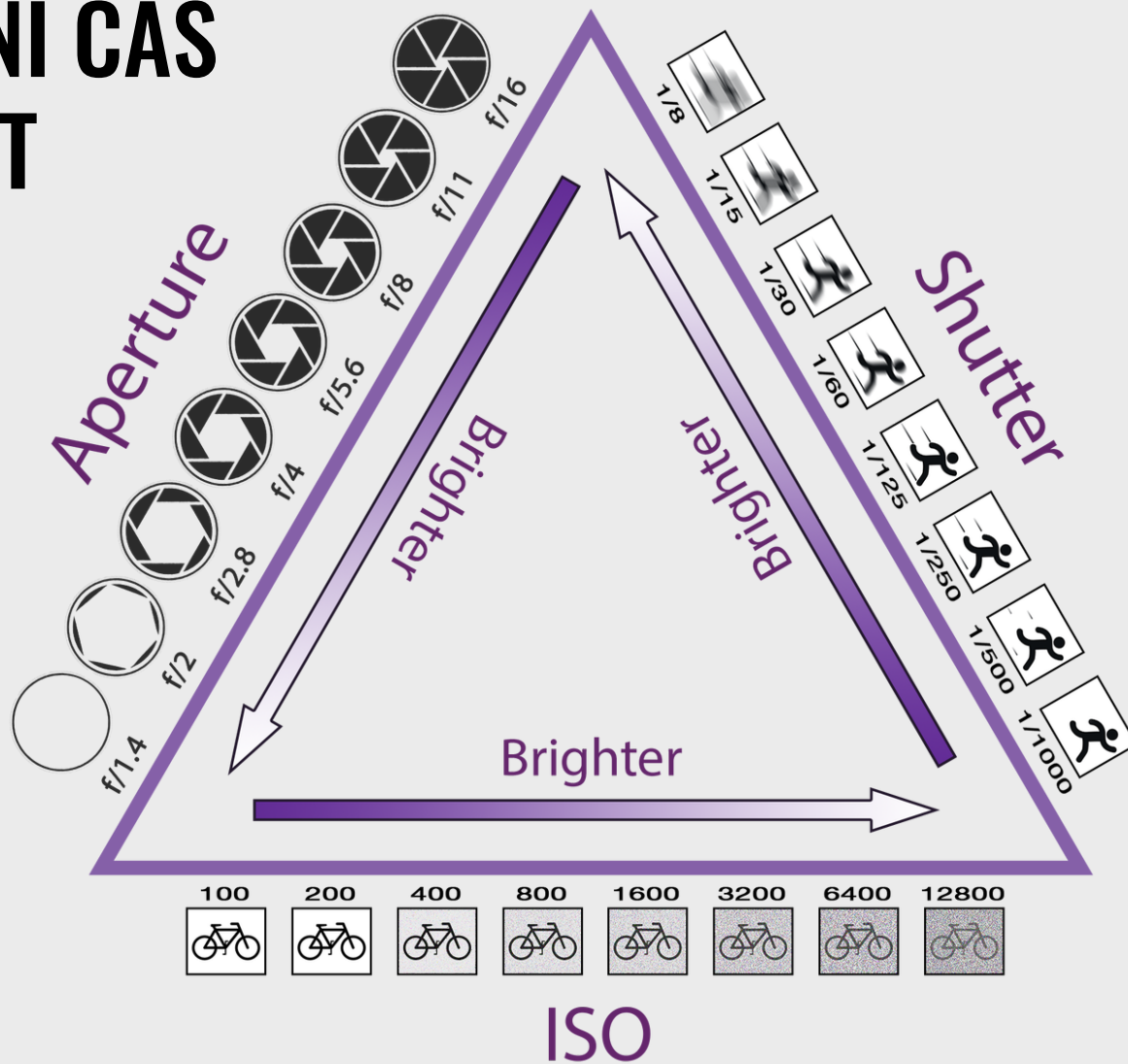
kde  $f$  je ohnisková vzd.,  $F$  clonové číslo a  $c$  průměr rozptylového kroužku

Pokud  $c = 0,03$  mm (užívaný standard pro 35 mm formát), pak:

$$H [\text{m}] \approx \frac{1}{30} \cdot \frac{f [\text{mm}]^2}{F}$$

Např. pro  $f = 24$  mm a  $F = 2,8$  je  $H \approx 7$  m. Hloubka ostrosti je  $(3,5 \text{ m}; \infty)$ .

# EXPOZIČNÍ ČAS CITLIVOST CLONA



# URČENÍ EXPOZIČNÍHO ČASU (I)

- Určíme zorný úhel objektivu  $\varphi$ :

$$\varphi \approx \arctan \frac{h}{f} \approx \frac{h}{f}$$

← rozměr snímáče  
← ohnisková vzdálenost objektivu

# URČENÍ EXPOZIČNÍHO ČASU (I)

- Určíme zorný úhel objektivu  $\varphi$ :

$$\varphi \approx \arctan \frac{h}{f} \approx \frac{h}{f}$$

← rozměr snímače  
← ohnisková vzdálenost objektivu

- Potom úhel  $\varphi_{\text{px}}$  odpovídající jednomu pixelu činí:

$$\varphi_{\text{px}} = \frac{\varphi}{r_h} \approx \frac{h}{f r_h}$$

← rozlišení snímače v rozměru  $h$

# URČENÍ EXPOZIČNÍHO ČASU (I)

- Určíme zorný úhel objektivu  $\varphi$ :

$$\varphi \approx \arctan \frac{h}{f} \approx \frac{h}{f}$$

rozměr snímáče  
ohnisková vzdálenost objektivu

- Potom úhel  $\varphi_{\text{px}}$  odpovídající jednomu pixelu činí:

$$\varphi_{\text{px}} = \frac{\varphi}{r_h} \approx \frac{h}{f r_h}$$

rozlišení snímáče v rozměru  $h$

- Zjistíme, za jak dlouho hvězda urazí vzdálenost odpovídající 1 pixelu:

$$t_{\text{px}} [\text{s}] = \frac{\varphi_{\text{px}}}{2\pi} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta} \approx \frac{h}{2\pi f r_h} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta}$$

deklinace hvězdy

# URČENÍ EXPOZIČNÍHO ČASU (II)

- Zjistíme, za jak dlouho hvězda urazí vzdálenost odpovídající 1 pixelu:

$$t_{\text{px}} [\text{s}] = \frac{\varphi_{\text{px}}}{2\pi} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta} \approx \frac{h}{2\pi f r_h} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta}$$

# URČENÍ EXPOZIČNÍHO ČASU (II)

- Zjistíme, za jak dlouho hvězda urazí vzdálenost odpovídající 1 pixelu:

$$t_{\text{px}} [\text{s}] = \frac{\varphi_{\text{px}}}{2\pi} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta} \approx \frac{h}{2\pi f r_h} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta}$$

- Jestliže chceme, aby se hvězda pohnula max. o  $d$  pixelů, pak:

$$t_d [\text{s}] = dt_{\text{px}} [\text{s}] \approx \frac{dh}{2\pi f r_h} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta}$$



# URČENÍ EXPOZIČNÍHO ČASU (II)

- Zjistíme, za jak dlouho hvězda urazí vzdálenost odpovídající 1 pixelu:

$$t_{\text{px}} [\text{s}] = \frac{\varphi_{\text{px}}}{2\pi} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta} \approx \frac{h}{2\pi f r_h} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta}$$

- Jestliže chceme, aby se hvězda pohnula max. o  $d$  pixelů, pak:

$$t_d [\text{s}] = dt_{\text{px}} [\text{s}] \approx \frac{dh}{2\pi f r_h} \cdot 86400 \cdot \frac{1}{\cos \delta}$$

- Dosazením  $d = 5$  px,  $h = 36$  mm,  $r_h = 6000$  px,  $\delta = 0^\circ$  získáme:

$$t_d [\text{s}] \approx \frac{413}{f [\text{mm}]}$$

# URČENÍ EXPOZIČNÍHO ČASU (SHRNUTÍ)

Maximální použitelný čas (aprox.):

$$t_d [\text{s}] \approx \frac{400}{f [\text{mm}]}$$

kde  $f$  je ohnisková vzdálenost objektivu přepočtená na ekvivalent kinofilmu

# URČENÍ EXPOZIČNÍHO ČASU (SHRNUTÍ)

Maximální použitelný čas (aprox.):

$$t_d [\text{s}] \approx \frac{400}{f [\text{mm}]}$$

kde  $f$  je ohnisková vzdálenost objektivu přepočtená na ekvivalent kinofilmu

**A v praxi:**

- Vyšší rozlišení snímačů a objektivů nás nutí čas zkracovat
- Naopak export do menším rozlišení umožňuje čas prodloužit
- Též objekty poblíž nebeského pólu je možné snímat déle
- **Záleží také na našem kreativním záměru**

# UKÁZKA

Kratší vs delší expoziční doba  
<https://youtu.be/8Rfs2Ln5nkY>

# VOLBA INTERVALU

## Co nejkratší?

- Minimální prodleva mezi snímky zkracuje celkovou dobu snímání
- Také se hodí, když chceme využít snímky i k jinému účelu
  - startrails
  - „sběr“ meteorů

## ALE!

- Pozor na zápis snímků na kartu

# PRAVIDLO 180° ZÁVĚRKY

(180-DEGREE SHUTTER RULE)

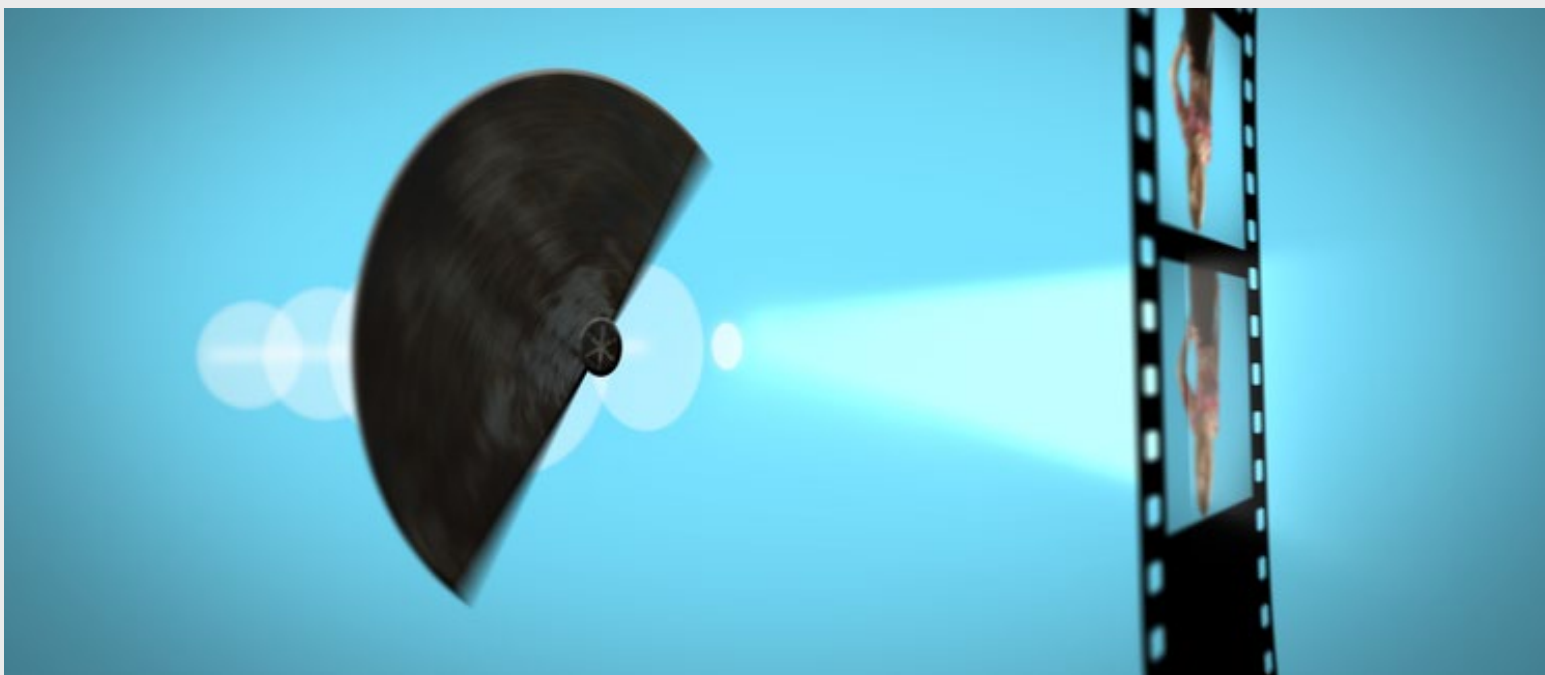


Foto: wipster.io

# PRAVIDLO 180° ZÁVĚRKY

## (180-DEGREE SHUTTER RULE)

Vztah mezi exp. časem  $t$  a intervalem snímání  $f$ :

- $t = 1 / 2f$
- Tj. např. při rychlosti snímání 25 fps ...  $f = 1/25$  s,  $t = 1/50$  s
- Tehdy pohyby ve videu působí nejpřirozeněji
- Platí zejména pro real-time video
- Pro slow-motion a časosběry už ne tak striktně – více subjektivní

# POČET SNÍMKŮ

Potřebný počet snímků je dán

- Požadovanou snímkovací frekvencí výsledného videa
- Požadovanou délkou výsledného videa

Tj. např.

- $N = 25 \text{ [fps]} \cdot 20 \text{ [s]} = 500 \text{ [f]}$



# SNÍMÁNÍ

---

# JEDNODUCHÝ ČASOSBĚR VS. RAMPING

## Uprostřed dne / noci

- konstantní světelné podmínky

## Během soumraku / svítání

- rychlá změna světelných podmínek
- mění se intenzita osvětlení (v řádu minut)
- mění se i barevná teplota, typicky:
  - denní světlo ... 5500 K
  - zlatá hodinka ... 3500 K
  - modrá hodinka ... až 10 000 K
  - noc ... 3500 K



Foto: PK

# RAMPING

Ručně nebo automaticky (např. mobilní aplikace)

Kombinace změny nastavení:

## **Změna clony**

- mění se hloubka ostrosti

## **Změna expoziční doby**

- mění se míra rozmazání pohybujících se objektů

## **Změna citlivosti**

- mění se kvalita snímků (šum)

## **Variabilní ND filtr**

- pokud je k dispozici

**UKÁZKA**

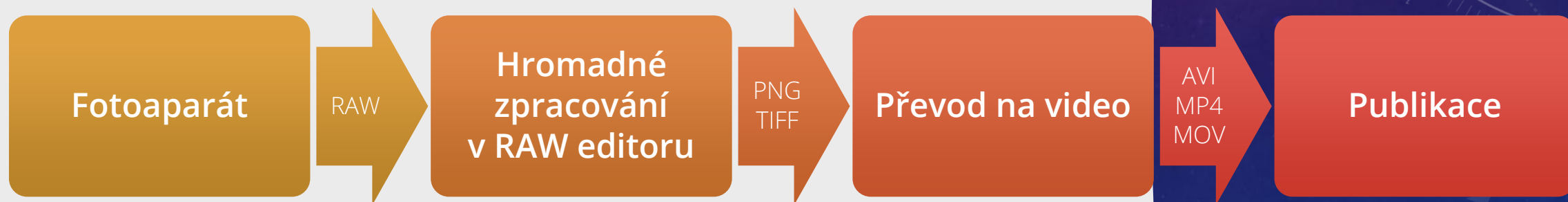
**Časoběry s rampingem**

<https://youtu.be/oBhqMlwDko>

# ZPRACOVÁNÍ

---

# PRINCIPY ZPRACOVÁNÍ



# HROMADNÉ ZPRACOVÁNÍ RAW

## Aplikace stejného nastavení na všechny snímky

- ořez na výstupní formát (typicky 16:9)
- expozice, kontrast, křivky
- vyvážení barev, saturace, úprava odstínů
- mikrokontrast (texture, clarity, dehaze)
- lokální úpravy
- redukce šumu, doostření
- oprava geometrického zkreslení a vinětace

## Export z RAW do PNG/TIFF

- nastavení výstupního rozlišení (3840 × 2160, 1920 × 1080)

## Placené programy:

Affinity Photo  
Adobe Bridge / Lightroom  
Capture One  
Zoner Photo Studio

## Bezplatné programy:

darktable  
Raw Therapee

# PŘEVOD NA VIDEO

## Načtení vyexportovaných snímků z adresáře

- vhodné pojmenování (např. frame\_0001 až frame\_XXXX)

## Nastavení snímkovací frekvence

- 25, 30 fps apod.

## Nastavení kodeku a kvality komprese

- mjpeg, xvid, prores, h264, HEVC, ...
- bitrate vs quality

## Volba kontejneru

- mov, mp4, avi, ...

## Placené programy:

Adobe Premiere / AE / ME  
DaVinci Resolve Studio  
Final Cut Pro

## Bezplatné programy:

DaVinci Resolve  
Time Lapse Creator  
ffmpeg / avconv



# FLICKERING

Častý jev v časosběrech

Blikání obrazu způsobené nedokonalým přivíráním clony

## Řešení:

- a) mechanická clona
- b) postprocess

## Placené programy:

LRTimelapse

TimeLapse DeFlicker

## Bezplatné programy:

DaVinci Resolve

VirtualDub + MSU Deflicker

**UKÁZKA**

**Časoběr s flickeringem**

<https://youtu.be/wDbilc9ZdBA>

# ZPRACOVÁNÍ S RAMPINGEM

- Označení klíčových snímků, kde dochází ke změně expozice
- Ruční zpracování klíčových snímků (vyhlazení změn)
- Automatické zpracování neklíčových snímků
- Deflickering

# KOMBINACE SE STARTRAILS

- Kombinace metody časosběru a startrails
- Každý  $n$ -tý snímek časosběrů je vytvořen metodou startrails z dosavadních  $n$  snímků
- Efekt postupně vykreslených hvězdných drah

**UKÁZKA**

**Časoběr se startrails**

<https://youtu.be/WxN0QDGvLDM>

# SHRNUTÍ

## Proces:

- Před/příprava
- Nastavení
- Snímání
- Zpracování
- Export do videa

## Význam:

- Zachycení dynamických jevů v přírodě
- Výrazový prostředek ve filmové řeči

## DALŠÍ UKÁZKY

**Bolid s rozpadající se stopou**

<https://vimeo.com/286349714>

**Polární záře ve Švédsku**

<https://youtu.be/7GdMGpTbzuQ>

**Radioteleskop ALMA**

<https://youtu.be/11fQMOqcH2A>

**Úplné zatmění Měsíce v lednu 2019**

<https://youtu.be/zl3XV2jrTSs>