

AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V PRAZE

**FILMOVÁ A TELEVIZNÍ FAKULTA**

Filmové, televizní a fotografické umění a nová média

Kamera

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**PROBLEMATIKA FILTRACE POMOCÍ ND FILTRU  
NA DIGITÁLNÍCH KAMERÁCH**

**Matěj Piňos**

Vedoucí práce: MgA. Martin Šec

Oponent práce: Mgr. Petr Hojda

Datum obhajoby: 5.9.2018

Přidělovaný akademický titul: BcA.

Praha, 2018

ACADEMY OF PERFORMING ARTS IN PRAGUE

**FILM AND TV SCHOOL**

Film, Television, Photography and New Media

Cinematography

**BACHELOR THESIS**

**ND FILTRATION WITH DIGITAL CINEMA CAMERAS**

**Matěj Piňos**

Thesis supervisor : MgA. Martin Šec

Opponent: Mgr. Petr Hojda

Defence date: 5.9.2018

Title assigned: BcA.

Prague, 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

<p><b>PROBLEMATIKA FILTRACE POMOCÍ ND FILTRU NA DIGITÁLNÍCH KAMERÁCH</b></p>
--

vypracoval(a) samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Praha, dne 27.8.2018.....

.....  
podpis diplomanta

### **Upozornění**

Využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce nebo jakékoliv nakládání s nimi je možné pouze na základě licenční smlouvy, tj. souhlasu autora a AMU v Praze.

## **Poděkování autora**

Autor děkuje všem, kteří pomohli vzniku této práce. Jmenovitě jsou to MgA. Martin Šec za vedení práce, prof. Mgr. Jiří Myslík, za poskytnuté materiály a korekturu, prof. RNDr. Antonín Mikš, CSc. za poskytnuté materiály.

RNDr. Janu Piňosovi za jazykovou korekturu textu.

Zvláštní poděkování patří firmě Biofilms a Martinu Klimparovi za zapůjčení techniky pro testování a Gabriele Plchotové za podporu.



## **Abstrakt**

Práce se zabývá možnostmi šedých filtrů při snímání na digitální kamery. Mapuje vývoj filtrů, obsahuje informace o technologických novinkách a řešeních. Porozumění této problematice je důležitou součástí práce kameramana, neboť šedé filtry jsou nejpoužívanějších kameramanovým filtrem, především v exteriérech. Teoretické poznatky jsou využity v praktické části práce soustředěné na testování filtrů na kamerách.

## **Abstract**

This thesis concerns the possibilities of neutral density filters which are used on digital cameras. It is focused on the development of filters, information about technological innovations and solutions. Understanding this issue is an important part of the cinematographer's work, as neutral density filters are the most used filters, especially in the exteriors. The theoretical knowledge is used in the practical part of the thesis focused on camera filter testing.

# Obsah

<b>Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Optické vlastnosti filtrů</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Neutral density filtr</b> .....	<b>10</b>
2.1 <i>Filtry celistvé (solid)</i> .....	<i>11</i>
2.2 <i>Filtry přechodové (gradient) neboli klínové (wedge)</i> .....	<i>11</i>
2.3 <i>Proměnné (variable)</i> .....	<i>12</i>
2.4 <i>Kombinace</i> .....	<i>12</i>
<b>3 Konstrukce filtru</b> .....	<b>13</b>
<b>4 Vývoj šedých filtrů</b> .....	<b>14</b>
<b>5 Výrobci</b> .....	<b>19</b>
5.1 <i>Tiffen</i> .....	<i>20</i>
5.2 <i>Lee Filters</i> .....	<i>22</i>
5.3 <i>Schneider</i> .....	<i>23</i>
5.4 <i>Arri</i> .....	<i>24</i>
5.5 <i>Formatt Hitech</i> .....	<i>27</i>
<b>6 Filtrace na digitálních kamerách</b> .....	<b>27</b>
<b>7 Práce s filtry</b> .....	<b>32</b>
<b>8 Testy</b> .....	<b>35</b>
<b>Závěr</b> .....	<b>64</b>

## **Seznam použitého označování a zkratk**

ND – neutral density filter, šedý filtr

FS – full spectrum, plné spektrum

IR – infrared, infračervený

NIR – near-infrared, blízko infračervené

ASA – americká norma určující citlivost materiálu

REC 709 – standardní barevný gamut pro HDTV

DC – digital cinema, kamera pro digitální kinematografii



## Úvod

V této bakalářské práci se budu zabírat tématem ND filtrů ve vztahu k praktickému využití na současných kamerách Digital Cinema. K tomu jsem zvolil metodu komparace a provedl vlastní testy. Tak jako proces vývoje digitálních kamer zaznamenal velký posun, stejně tak se vyvíjí i pole šedých filtrů. Při používání filtrů klasických na filmový materiál nedocházelo k problémům tak, jako při digitálním záznamu.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. První je zaměřena především na pojmosloví v oblasti optické a mechanické konstrukce filtrů, vývoj filtrů a jejich použití. Míra citací je podmíněna využitím přesné terminologie a zdroji výrobců, které uvádějí přesné technické parametry. Zároveň je zde kladen důraz na vývoj filtrů s některými novinkami, které umožňují v takto technické části kameramanské práce i kreativní využití.

V druhé, praktické části práce je rozsáhlý test šedých filtrů. Záměrem testu je vyzkoušet různé metody filtrace pomocí ND filtrů na více značkách digitálních kamer – Arri, RED, Sony atd. Testy jsou publikovány především ve vizuální podobě, která je autorovým dílem. Výsledky testů jsou v závěru práce shrnuty s doporučeními, jak k dané problematice přistupovat a čemu se případně vyvarovat.

# 1 Optické vlastnosti filtrů

„Filtry ve fotografické praxi jsou všeobecně planparalelní nebo fólie z průhledných materiálů (sklo, želatina), které podle druhu použitého materiálu mají rozličné tloušťky. Při přechodu světla filtrem vznikají stejné jevy jako při přechodu dvou různých prostředí, tj. změní se fáze vlny dopadajícího světla, část světla se odrazí a zbývající část vstupuje do materiálu filtru, který může světlo absorbovat, rozptylovat nebo propustit.“<sup>1</sup>

„Propustnost (transmitance) a optická hustota (extinkce) jsou nejdůležitějšími vlastnostmi světelných filtrů. Číselně se jimi vyjadřuje schopnost absorbovat, případně propustit částečně nebo úplně paprsky viditelného světla jednotlivých vlnových délek i paprsky neviditelné, tj. rentgenové, infračervené nebo ultrafialové.

Propustnost (celková) se číselně vyjadřuje poměrem světelného toku  $\varphi_t$  propuštěného směrem podle zákona lomu směrem k toku dopadajícímu  $\varphi$ , tj. činitelem  $T$ , pro který platí vztah  $T = \varphi_t / \varphi$ “<sup>2</sup>

Optická prostupová hustota se značí jako  $D$  (density) a je dána vztahem  $D = \log 1/\tau$  ( $\tau$  (tau)).  $T$  je činitel prostupnosti (transmitance). Je to poměr světelného toku z prostředí vycházejícího  $\Phi_3$  ke světelnému toku na prostředí dopadající  $\Phi_0$ , tedy  $\tau = \Phi_3 / \Phi_0$ . Faktor filtru je potom dán vztahem  $f = 1/\tau$ , tedy obrácená hodnota činitele transmitance.

Šedé filtry jsou značeny číselnými hodnotami, které udávají propustnost. Používá se používá číselná řada v aritmetických hodnotách, tedy 2x, 4x, 16x atd. Tato řada se označuje jako FAKTOR FILTRU (filter factor). Číselná řada optické hustoty, udávané v geometrické (logaritmické) řadě, je při změně jednoho EV čísla v hodnotách 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 atd. Toto označení se ve filtrech, určených pro kinematografii udává především. Dalo by se říci, že čím vyšší číslo filtru jakéhokoliv značení, tím větší efekt filtr poskytuje.

---

<sup>1</sup> PAVLINEC, Miroslav. *Svetelné filtre vo fotografii*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1958, s. 43.

<sup>2</sup> PAVLINEC, Miroslav. *Svetelné filtre vo fotografii*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1958, s. 41.

## 2 Neutral density filtr

Šedý filtr, anglicky neutral density filter, patří do skupiny filtrů, které mění intenzitu propuštěného světla dopadajícího na snímač, přičemž nemění spektrální složení propuštěného světla. „Pokud je žádoucí zachovat určitý otvor objektivu pro účely ostrosti nebo hloubky ostrosti nebo jednoduše k dosažení správné expozice při přílišné intenzitě světla, použijte filtr s neutrální hustotou. Tím bude světlo absorbováno rovnoměrně po celém viditelném spektru, což účinně mění expozici bez nutnosti změny otevření clony objektivu a bez zavedení barevného posunu.“<sup>3</sup>

Optická hustota	Propustnost v %	Faktor filtru	Změna expozice v clonových číslech
0.1	80	1 1/4	1/3
0.2	63	1 1/2	2/3
<b>0.3</b>	<b>50</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
0.4	40	2 1/2	1 1/3
0.5	32	3	1 2/3
<b>0.6</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
0.7	20	5	2 1/3
0.8	16	6	2 2/3
<b>0.9</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>3</b>
1.0	10	10	3 1/3
1.0 + 0.1	8	12	3 2/3
<b>1.0 + 0.2</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>4</b>
1.0 + 0.3	5	20	4 1/3
1.0 + 0.4	4	24	4 2/3
<b>1.0 + 0.5</b>	<b>3</b>	<b>32</b>	<b>5</b>

Hodnoty v tabulce jsou přibližné pro běžnou praxi. Pro kritickou práci je třeba udělat přesné testy, zejména pokud je použit více než jeden filtr ve vyšších hustotách.

<sup>3</sup> RYAN, Rod. *American cinematographer manual*. Hollywood: ASC Press, 1993, 7. vydání, s. 202.

Díky tomu, že se filtry využívají při snímání na klasický film i při snímání na digitální záznam, při černobílém i barevném obrazu, tak především v exteriérech se jedná o kameramanův nejpoužívanější běžný filtr. V ateliérech už tolik využíváný není, neboť tam lze světlo velmi přesně regulovat. O šedém filtru by se dalo mluvit jako o čistě technickém filtru (správná či požadovaná expozice), nicméně v součinnosti s využitím hloubky pole by se o tomto filtru dalo uvažovat i jako o kreativním filtru (hloubka ostrosti jako jeden z významných výrazových prostředků kameramana.)

Pokud s jedním filtrem není možné dosáhnout požadovaného výsledku, je možné použít kombinaci. Nicméně je doporučeno nepoužívat více než tři filtry za sebou. „Obecně platí, že pořadí, v němž jsou filtry založeny, není důležité.“<sup>4</sup> Filtr je z hlediska optiky planparalelní deskou. Paprsek se neodchýlí od původního směru, pouze se rovnoběžně posune. Pokud je filtr nasazen před objektiv, míra odchylky je v běžné praxi zanedbatelná. Pokud jsou filtry vsazeny mezi objektiv a snímač, může docházet k odchýlkám. Odchylka je tím menší, čím je menší tloušťka destičky.

ND filtry lze kategorizovat dle jejich konstrukce a použití.

### **2.1 Filtry celistvé (solid)**

Filtr, který má v celé své ploše stejnou hustotu a redukuje prošlé světlo rovnoměrně. Měl by snižovat intenzitu konstantně i v celém vlnovém spektru, aby nedošlo k posunům barev. Pokud se mluví o ND filtru v této práci, je myšlen tento typ filtrů. Je jim věnováno více v kategorii konstrukce a výrobci.

### **2.2 Filtry přechodové (gradient) neboli klínové (wedge)**

Hustota není v ploše rovnoměrná. Polovina filtru má danou hodnotu hustoty a druhá je čirá. Mezi nimi je přechod, který je buď ostrý nebo pozvolný (hard, soft grad). Typicky se přechodový filtr používá k zeslabení intenzity části obrazu – např. nebe. Ostrý přechodový filtr je ideální využít např. při snímání horizontu, když je linie dvou rozhraní jasně definovaná. Pokud není, pak je ideální využít měkký přechodový filtr.

---

<sup>4</sup> RYAN, Rod. *American cinematographer manual*. Hollywood: ASC Press, 1993, 7. vydání, s. 255.

Při manipulaci jej lze samozřejmě nastavit velmi přesně vůči hraně (horizontu) v kompendiu či jiným způsobu uchycení. Též jej lze využít nejen v horizontální, ale i ve vertikální rovině. Nevýhodou při využití v kinematografii je nemožnost použití při práci s kamerou v pohybu. Při švencích nebo při snímání kamerou z ruky by tento přechod byl viditelný. Dnes se často tento filtr nahrazuje přechodovou maskou při postprodukčních úpravách obrazu. Také tyto filtry lze nalézt v kombinaci s jiným typem filtru, např. Wratten.

### **2.3 Proměnné (variable)**

Konstrukčně jsou to dva polarizační filtry za sebou, kdy jeden je pevně usazen a s druhým se otáčí. Takto se dosahuje plynulého zeslabování světla dopadajícího na senzor. Jsou velmi používané ve fotografii.

Výhoda této metody je v tom, že lze plynule měnit expozici, aniž by byla ovlivněna hloubka ostrosti, jak je tomu v případě změny expozice clonou. Pomocí jednoho filtru lze nahradit celou sadu filtrů.

Nevýhodou je nepříliš vysoká optická kvalita, která se projevuje ve sníženém kontrastu a "vymývání" barev na snímku ve středních a vysokých jasech. Kvůli použití dvou polarizačních filtrů u této metody vznikají i optické vady. Je to takzvaný „x-efekt“, který vzniká při vyšším efektu filtrace. Při použití širokoúhlých objektivů vzniká také problém např. při zobrazování velké plochy oblohy se v ní mohou zobrazovat šmouhy.

### **2.4 Kombinace**

Jsou to filtry měnící geometrii paprsků nebo barevné spektrum. V běžné praxi se dnes již příliš nepoužívají, hlavně pokud se projekt dokončuje v digitální postprodukci. Filtry jsou nicméně stále dostupné, nejčastěji v kombinaci s filtry Wratten.

### 3 Konstrukce filtru

Optické sklo musí mít čistou nezkalenou barvu. Musí být chemicky i fyzikálně homogenní. „Chemicky nehomogenní skla mají místa s nestejnou lámavostí skla (index lomu.) Tyto chyby nazýváme šmouhami – šlírami. .... Důležité je, aby byly obě povrchové plochy filtrů rovnoběžné a rovinné. Na tyto vlastnosti se klade tím větší důraz, čím je filtr blíže k objektivu, a to či už je před ním nebo za ním. .... Kvalita zpracování povrchů má být stejná jako zpracování čoček objektivů, na nichž je filtr použitý.<sup>5</sup>

Pro kinematografickou praxi se uplatňují především filtry obdélníkového nebo čtvercového formátu. Kruhové filtry se závitem jsou určeny převážně pro fotografy a jejich konstrukce je lehce odlišná, jak ve tvaru, tak ve způsobu uchycení na objektiv (u foto-filtrů se šroubují přímo na objektiv). Kinematografické ND filtry nemají kovovou objímku, jsou celé z optického skla a jejich hrany jsou zabroušené a rohy lehce zabroušené, aby se předešlo odštípnutí skla v případě pádu filtru.

Nejužívanější formáty jsou 4x4, 4x5,6 (Panavision format) a 6x6. Uvedené hodnoty jsou v palcích. Rozměry v centimetrech (běžně se neuvádějí) jsou uvedeny v tabulce. Váha filtrů je také velmi důležitá, především proto, že sada filtrů by měla mít váhu shodnou. Tiffen uvádí u svých filtrů 4x4 hmotnost 0.35 lb, a tloušťku 4mm.

Tabulka s rozměry, váhou a tloušťka filtru

Rozměr v palcích	Rozměr v cm	Váha	Tloušťka
4x4	101.6 x 101.6 mm	100g / 0,22 lbs	0.16" / 4 mm
4x5,65	101.6 x 143.5 mm	143,5 g / 0,316 lbs	0.16" / 4 mm
6.6x6.6	167.6 x 167.6 mm	276,6 g / 0,609 lbs	0.16" / 4 mm

<sup>5</sup> PAVLINEC, Miroslav. *Svetelné filtre vo fotografii*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1958, s. 175

## 4 Vývoj šedých filtrů

Zatímco při práci s filmovou surovinou, která není citlivá na NIR a IR záření, se využívaly barvivové ND filtry po dlouhá léta bez výrazných změn, problematika moderních filtrů je díky různým typům snímaču natolik složitá, že je důležité na některé problémy upozornit.

Klasické šedé filtry byly založeny na bázi barviv a subtraktivního mísení. Ve zkratce to znamená, že v poměrech jsou smíšena červená, zelená a modrá barviva, která dají neutrální podání a jejich míra určitou hustotu filtru.

Míra daného problému souvisí jednak s konstrukcí čipu, zda se jedná o CCD nebo CMOS. Snímače jsou vyrobeny z křemíku, který je ze své podstaty citlivý na červenou a infračervenou. Dalším důležitým aspektem je, zda je či není implementován IR cut filtr.

Toto IR znečištění (IR pollution) může způsobit několik problémů. Jednak je to barevný posun. Zelené se stanou načervenalými blátivě hnědými a černé mají purpurový nádech. Dále dochází k celkovému poklesu kontrastu a barvy. A v neposlední řadě mají infračervená ohniska jinou ohniskovou vzdálenost než viditelné světlo, což může způsobit rozostření snímku.

Pokrok, který byl v konstrukcích kamer proveden od nástupu pionýrů digitální kinematografie je rapidní, moderní 4K, 6K a 8K senzory trpí menšími problémy.

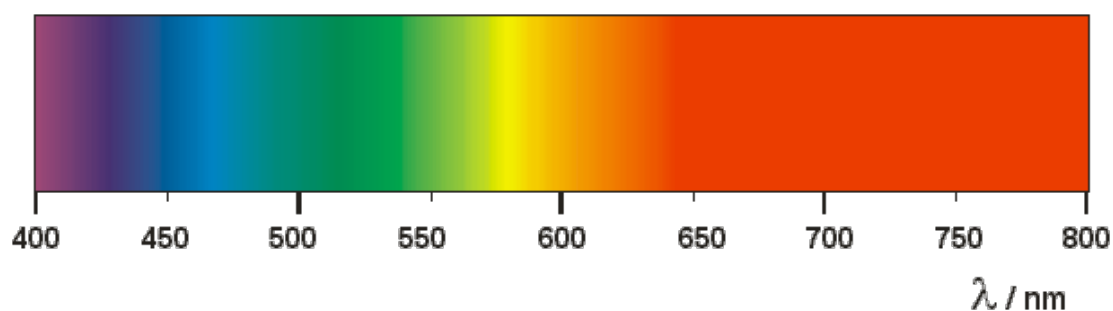
Čipy současných kamer jsou postaveny na principu aditivního systému barev. Oproti klasickému filmu jsou ale mnohem citlivější na jemné barevné posuny, které mohou nastat ve filtru vyrobeného pomocí fyzických barviv, nastat.

„Senzory reagují také na různé stupně blízké infračervené (NIR) a delší vlnové pásma infračervené (IR). NIR a IR znečištění je problém kvůli používání ND s vyššími hustotami. Je to způsobeno tím, že je zablokováno více viditelného světla, takže účinky NIR a IR jsou znatelné.“<sup>6</sup> Problém s využitím filtrů s vyššími

---

<sup>6</sup> THOMAS-DAVIS, Anne. THE EVOLUTION OF NEUTRAL DENSITY FILTERS. [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the->

hustotami je více rozebrán v další kapitole i vzhledem k nativním citlivostem jednotlivých snímačů atd. „Při nižších hustotách je tento posun minimální. Jak vzrůstá hustota, začne to však způsobovat problémy s znečištěním NIR a IR, protože snímač nyní vidí více "neviditelného" červeného světla z konce spektra po snížení viditelného světla... Každá odchylka v absorpci každé vlnové délky bude rovněž zesílena.“<sup>7</sup>



Obr. č.1 - Barevné spektrum s danými hodnotami v nanometrech

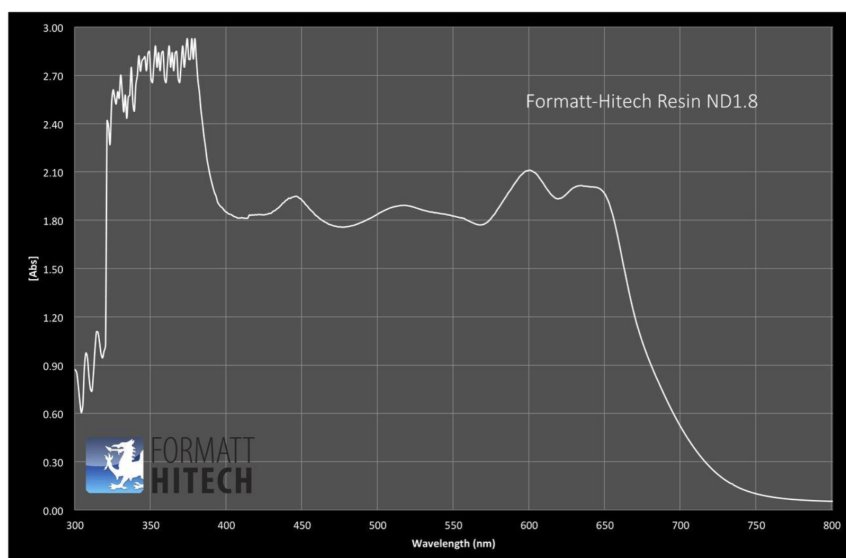
Pod 400nm – UV, 400nm až 450nm – fialová, 450nm až 490nm – modrá, 490 nm až 560 – zelená, od 560nm do 590nm – žlutá, 590nm až 635nm – oranžová, 635 nm až 700 nm – červená, od 700nm je infračervený rozsah od blízké infračervené až po 2500nm. Rozsah IR je mnohem vyšší, ale snímačů se týka především oblast NIR.

Následující studie od firmy Formatt-Hitech popisuje na konkrétních grafech vývoj filtrů od klasických, přes kombinované ND s hot-mirror filtry, IRND filtry až po moderní FULL SPECTRUM (FS) ND filtry.

Běžný filtr má nesterjnoměrnou propustnost pro různé vlnové délky spektra. Dochází k výraznému poklesu v červené části, přecházející do NIR. To znamená, že filtr propouští více červeného světla, neboli je propuštěno méně azurové.

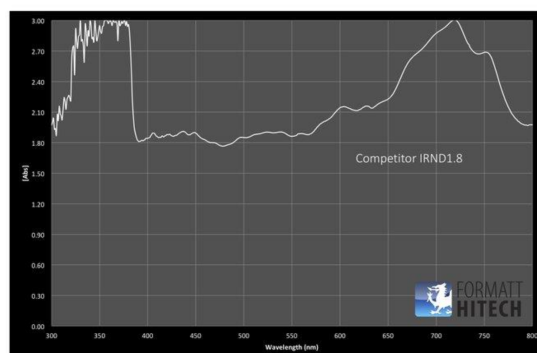
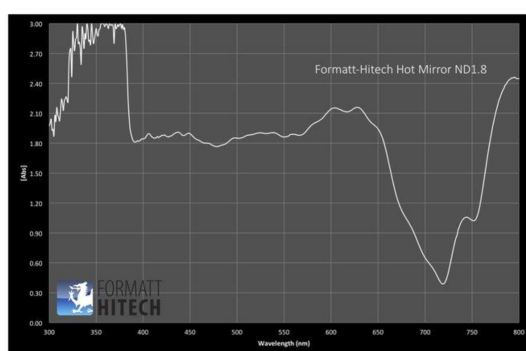
<sup>7</sup> THOMAS-DAVIS, Anne. THE EVOLUTION OF NEUTRAL DENSITY FILTERS. [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the-evolution-of-neutral-density-filters>





Obr.č.2 - Graf hustoty klasického ND filtru, který je tvořen žlutými, purpurovými a azurovými subtraktivními barvivy

“Prvním řešením tohoto problému bylo spojení Hot-Mirror filtru s ND filtrem. To fungovalo dobře na kameře RED ONE, protože většina NIR a IR znečištění byla odstraněna, ale červený kanál byl zachován, aby se zajistila přesná reprodukce tónů pokožky. Nevýhodou bylo, že Hot Mirror filtr způsobil vinětaci v širokoúhlých záběrech.”<sup>8</sup> Další nevýhodou Hot-Mirror filtrů je, že se může vyskytnout v červeném kanále ořez (clipping). Při testování bylo zjištěno, že tento problém se vyskytuje při vysokých hustotách používaných k nápravě problému NIR a IR.



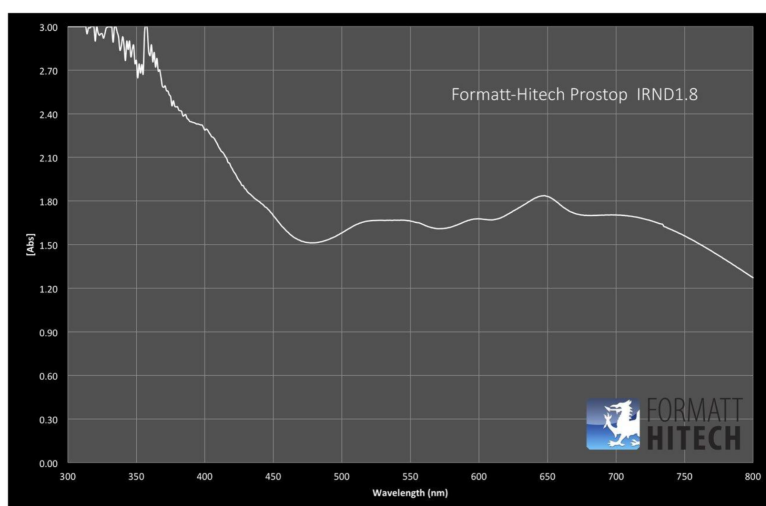
<sup>8</sup> THOMAS-DAVIS, Anne. THE EVOLUTION OF NEUTRAL DENSITY FILTERS. [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the-evolution-of-neutral-density-filters>

Obr.č.3 ukazuje Formatt-Hitech ND filtr v kombinaci s Hot-Mirror. Obr.č.4 je IRND filtr firmy, která k problému přistoupila jiným řešením.

“Všimněte si, že výrobci filtrů se k tomuto problému NIR a IR přiblížili trochu jinak. Někteří používali IR barviva v kombinaci s viditelnými barvivy. Všimněte si vysokých úrovní používaných barviv nebo povlaků NIR / IR bez ohledu na hustotu ND.”<sup>9</sup>

Tradiční filtry ND mají vrchol (špičku-spike) v blízkosti infračerveného záření, pokud jsou používány kamery s interním IR cut filtrem (např. Sony, ARRI Alexa a Panavision Genesis).

“Jiným přístupem, který jsme použili při řešení tohoto problému, bylo kombinovat barviva, jež snižují propustnost při všech vlnových délkách stejně až přibližně k 750 nm. Cílem bylo pokusit se emulovat pravou šedou s minimálními odchylkami ve vlnových délkách a zabránit ořezání červeného kanálu kvůli nadměrným hladinám azuru. Tato metoda byla úspěšná, pokud srovnáváte s ostatními zobrazenými grafy, můžete vidět zlepšení.”<sup>10</sup>



Obr.č.5 - Graf, který ukazuje IRND v hustotě 1.8. Křivka je oproti předchozím filtrům podstatně rovnoměrnější, zejména od 650nm do nad 700nm.

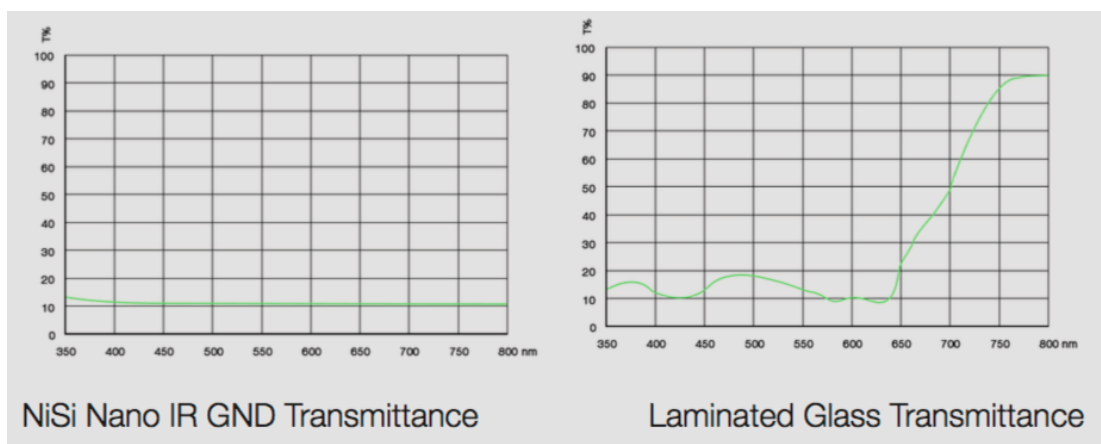
<sup>9</sup> h THOMAS-DAVIS, Anne. THE EVOLUTION OF NEUTRAL DENSITY FILTERS. [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the-evolution-of-neutral-density-filters>

<sup>10</sup> THOMAS-DAVIS, Anne. THE EVOLUTION OF NEUTRAL DENSITY FILTERS. [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the-evolution-of-neutral-density-filters>

Nicméně, jak bylo předestřeno na začátku, snímače jednotlivých kamer se liší a někteří výrobci IR cut/Hot Mirror do konstrukce kamer zařazují, jiní nikoliv, není možné najít univerzální filtr pro všechny kamery. Např. kamery před rokem 2004 neměly žádné IR cut filtry nebo jen velmi málo účinné.

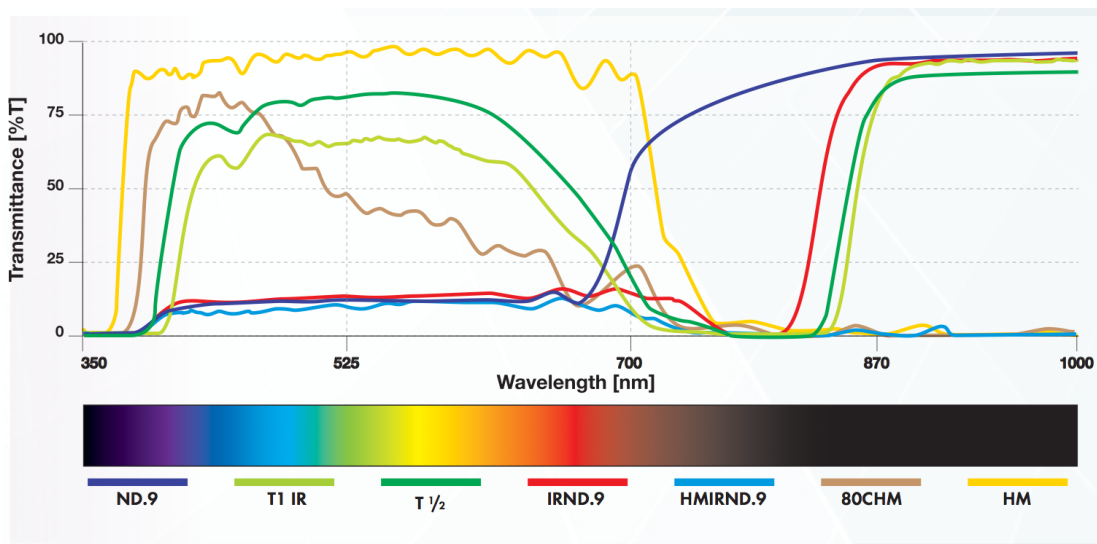
Řešením tedy je filtr, který má křivku co nejpřímější, tedy pro všechny vlnové délky propouští stejně světla. Když je tato podmínka dodržena, pak je jedno, zda se natáčí při denním či umělém osvětlení (tedy s jinými spektrálními maximy).

Nejmodernější způsob dosažení této rovné křivky spektrální propustnosti bez posunu lze dosáhnout díky jinému způsobu složení filtru. Nejedná se již o barvivovou vrstvu z pigmentů, která je tmelena mezi skla. Firmy NiSi u svých Nano IRND filtrů pracuje s technologií nano coatingu, která je aplikována z obou stran filtru, jež je pouze jedním kusem skla. Naopak filtr Firecrest od firmy Hitech Formatt má neutrální coating z uhlíku vložený do dvou tmelených skel.



Obr. č. 6. Graf spektrální propustnosti filtru NiSi Nano Infrared Neutral Density Filter v porovnání s filtrem jiného výrobce

Je důležité rozlišovat coating (povlak), který výrobci využívají. Klasický coating je nanosená vrstva, která snižuje odrazy a odlesky a pomáhá prostupu světla filtrem. Nátěry mohou být jednoduché (single-coating) nebo vícenásobné (MC- multicoating). Nátěry na povrchu skel slouží také jako ochrana před mechanickým poškozením. Coating u nejnovějších filtrů je namísto toho i vrstvou, která nahrazuje barvivovou vrstvu a vytváří hustotu daného filtru.



Obr.č.7- Graf spektrální propustnosti filtrů Tiffen obsahující tyto filtry

ND 0.9 – klasický barvivový ND filtr

HMIRND – kombinovaný filtr pro IR kontrolu v oblastech NIR a IR

Filtr Tiffen Hot Mirror (HM) je samostatný filtr, který účinně blokuje pouze část infračerveného záření spektra bez významné ztráty přenosu světla.

Filtry T a T1/2 – Filtry eliminující IR/NIR znečištění na kamerách, které mají široký barevný gamut (např. Arri Alexa)

The Tiffen 80C Hot Mirror and 80D Hot Mirror filters jsou kombinovanými filtry, které se zabývají jak barevnou teplotou, tak i znečištěním IR, které souvisí s kamerou RED ONE. Protože tato kamera neobsahuje interní IR cut, je obzvláště náchylná k nepříznivým účinkům znečištění způsobenému znečištěním IR, ztrátou sytosti barev a nežádoucími barevnými posuny. Použití Tiffen 80C Hot Mirror nebo 80D Hot Mirror poskytuje výjimečnou barevnou reprodukci spolu s minimální ztrátou světla - pouze 1 clona při 80C a pouhých 1/3 clony s 80D.<sup>11</sup>

## 5 Výrobci

Výrobci filtrů pro kinematografii je na rozdíl od společností vyrábějící filtry pro fotografické účely méně. Mezi přední výrobce patří firmy Tiffen, Lee Filters, Formatt Hitech, Schneider a Arri.

<sup>11</sup> TIFFEN. IR ND BROCHURE. [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z:

[http://www.tiffen.com/userimages2/Filters/Tiffen\\_IR\\_Control\\_Filters\\_Broch.pdf](http://www.tiffen.com/userimages2/Filters/Tiffen_IR_Control_Filters_Broch.pdf)

## 5.1 Tiffen

The Tiffen Company je americká firma sídlící v Hauppauge ve státě New York. Byla založena v roce 1945 bratry Solem, Leem a Natem Tiffenovými. Společnost byla oceněna několika Oscary za vědecký a technický přínos v oblasti filtrace. Poslední ocenění získala v roce 2015, kdy je Akademia ocenila zvláštní cenou „pro jejich průkopnickou práci ve vývoji barevných filtrů, které snižují IR kontaminaci při použití ND filtrů s digitálními kamerami. The Tiffen Company identifikovala problém a rychle připravila řadu absorpčních filtrů, které zlepšily infračervené artefakty s objektivy o všech ohniskových vzdálenostech. Tyto široce přijaté filtry umožňují kameramanovi pracovat tak, jak tomu bylo u filmových technologií.“<sup>12</sup>

Portfolio firmy Tiffen obsahuje následující kinematografické filtry.

### Tiffen Neutral Density Filter

Tento filtr je vyroben technologií ColorCore, procesem, který zahrnuje laminování filtračního substrátu mezi 2 kusy optického skla a broušení plochy až do tolerance 1/10 000 palce.<sup>13</sup>

### Tiffen Full Spectrum IRND Filter

Je to kombinace Tiffen ND filtru s IR filtrem. Konstrukčně filtr opět využívá technologii ColorCore. Pro vynikající čírost jsou použita optická skla Water White.

### Tiffen Hot Mirror IRND Filter

Tento filtr se využívá v digitálních kamerách, které nemají vestavěný filtr blokující infračervené světlo, zatímco umožňuje proniknout viditelnému světlu na snímač.

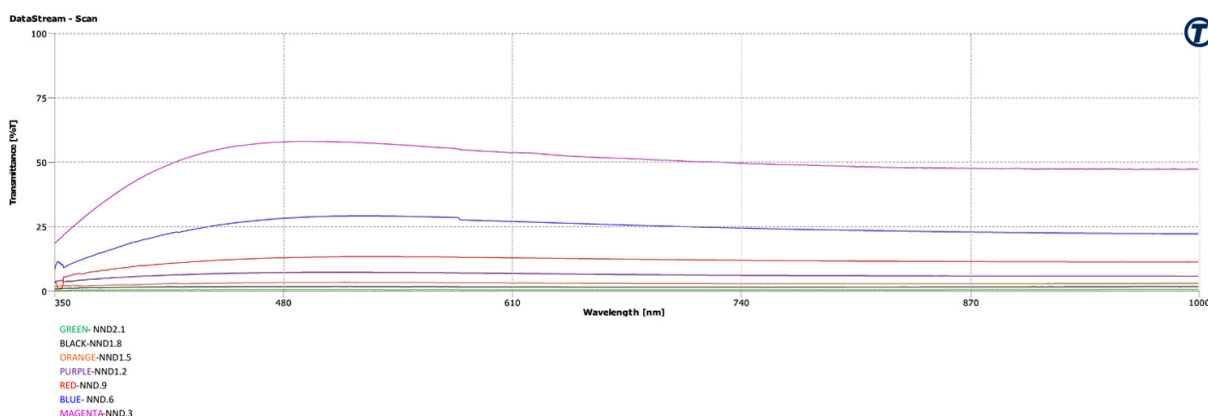
---

<sup>12</sup> AMPAS. THE 87TH SCIENTIFIC & TECHNICAL AWARDS 2014 | 2015 . [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: <https://www.oscars.org/sci-tech/ceremonies/2015>

<sup>13</sup> BH. Tiffen 4 x 4" Neutral Density 0.6 Filter. [online]. [https://www.bhphotovideo.com/c/product/58642-REG/Tiffen\\_44ND6\\_4\\_x\\_4\\_Neutral.html?c3api=2572%2C113041717267&gclid=CjwKCAjwwo7cBRBwEiwAMEoXPKJ8I9fFqau5vmZG5KgK3HNFmcNf9ov6GWUZ4Hk1CGb6wEYXGKFQ2hoCt1UQAvD\\_BwE](https://www.bhphotovideo.com/c/product/58642-REG/Tiffen_44ND6_4_x_4_Neutral.html?c3api=2572%2C113041717267&gclid=CjwKCAjwwo7cBRBwEiwAMEoXPKJ8I9fFqau5vmZG5KgK3HNFmcNf9ov6GWUZ4Hk1CGb6wEYXGKFQ2hoCt1UQAvD_BwE)

## Tiffen Water White NATural IRND Filter

Tento filtr je novinkou firmy Tiffen. Firma ho představila v září 2017. Využívá také Tiffen ColorCore® technologii v optických sklech Water White. Tato skla ve své síle 4mm, která se pro kinematografické filtry využívá, garantují 98% transmitanci světla. Filtr je bez coating. Lze ho používat v kombinaci s jinými filtry. Firma také poskytuje na tento filtr deset let záruku, přičemž garantuje, že jeho hustota se ani při vystavování na přímém slunce se nezmění.<sup>14</sup>



Obr.č.8 - graf ukazuje křivku spektrální propustnosti IRND NATural filtr pro různé hustoty označené barvami (0.3 až 2.1)

<sup>14</sup> TIFFEN. INTRODUCING A NEW ERA IN NEUTRAL DENSITY FILTRATION. [online] <https://www.dropbox.com/sh/byzwngmvlhphlea/AAB7TqLS9ig6OvQ9xB7Cm9OSa?dl=0&preview=NATural+ND+PRESS+RELEASE.pdf>

*V tabulce je zpracován přehled dostupných filtrů jednotlivých typů a velikostí pro dané hustoty*

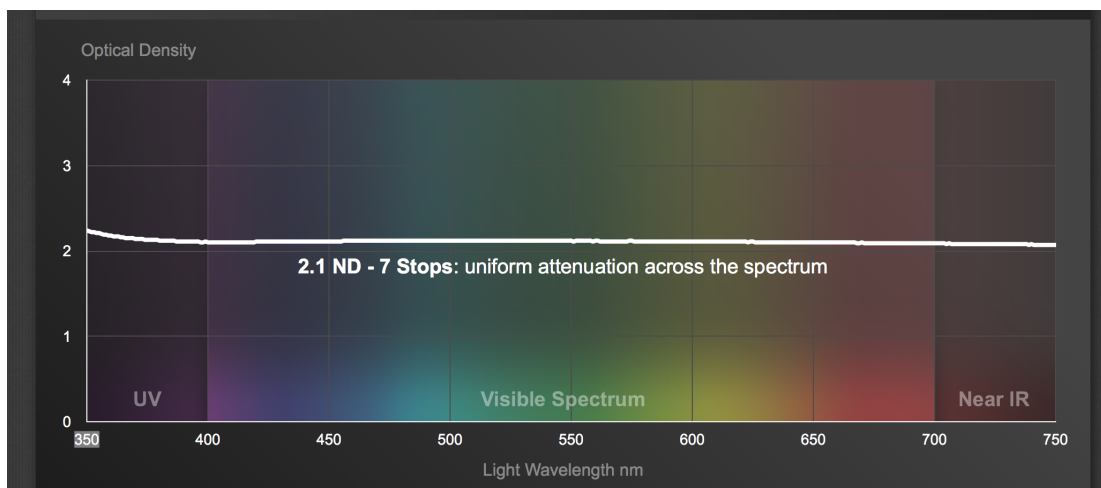
Typ	Velikost	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1	1.2	1.5	1.8	2	2.1	2.4	2.7
Tiffen Neutral Density Filter	4x4"	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	4x5.65"	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	6.6x6.6"	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Tiffen Full Spectrum IRND Filter	4x4"			✓			✓			✓		✓	✓	✓		✓		
	4x5.65"			✓			✓			✓		✓	✓	✓		✓		
	6.6x6.6"			✓			✓			✓		✓	✓	✓		✓		
Tiffen Hot Mirror IRND Filter	4x4"			✓			✓			✓		✓		✓		✓		
	4x5.65"			✓			✓			✓		✓		✓		✓		
	6.6x6.6"			✓			✓			✓		✓		✓		✓		
Tiffen Water White NATural IRND Filter	4x4																	
	4x5.65"			✓			✓			✓		✓	✓	✓		✓		
	6.6x6.6"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓		

## 5.2 Lee Filters

Lee Filters je dalším významným producentem filtrů. Vyrábí nejen filtry pro snímání, ale také filtry (gels) pro osvětlovací účely. Americká firma byla založena v roce 1967. Nyní je vlastněna firmou Panavision. Byla také oceněna několika technickými cenami na poli filtrace. V jejím portfoliu filtrů pro kinematografii je momentálně pouze jeden typ, nicméně se jedná o novinku.

### Lee Filters ProGlass IRND Filter

Filtr byl vyvíjen speciálně pro digitální snímače. Je vyroben z optického skla odolného proti poškrábání. Na rozdíl od filtrů jiných výrobců používá Lee černý kovový okraj. Ten jednak zabraňuje mechanickému poškození filtru, ale také zajišťuje, že nedochází k reflexům od okraje filtru.



Obr.č. 9- graf ukazuje křivku spektrální propustnosti filtru Lee IRND ProGlass v hustotě 2.1

Typ	Velikost	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3	
LEE Filters	4x5.65"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓				
ProGlass IRND Filter	6.6x6.6"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓				

### 5.3 Schneider

Schneider (Schneider-Kreuznach) je evropská firma, založená v Německu už v roce 1913 Josephem Schneiderem. Zabývá se výrobou nejen filtrů, ale i optických zařízení včetně kvalitních snímacích i projekčních objektivů. Schneider-Kreuznach převzala i firmu B+W.

Její portfolio čítá tři druhy filtrů, včetně novinky RHodium filtrů. Všechny Schneider filtry jsou konstruovány z White Water skla, jsou chráněné proti odštěpení okrajů a laminací díky Edge Seal technologii, která také výrazně snižuje odrazy okrajů a flary.

#### Schneider Neutral Density Filter

Jedná se o klasický typ barvivového filtru.

#### Schnieder Platinum IRND Filter

Zabraňuje kontaminací IR záření. Má Multi-Coating antireflexní a ochranné nátěry.



## Schneider RHodium Full Spectrum Neutral Density (FSND)

Křivka spektrální propustnosti tohoto filtru je velmi plochá, tedy rovnoměrně snižuje světlo z téměř ultrafialové přes celé viditelné spektrum a do blízké infračervené. Velký důraz je kladen na plochost a přesnou paralelnost ploch skel. Schneider-Kreuznach vytvořil mimořádně tenkou vrstvu neutrální hustoty laminovanou mezi dvě optická skla Water White. U tohoto typu filtru Schneider uvádí, že využívá optická skla firmy Schott. Jedná se o filtr s povlakem (coating), jehož vrstva není na povrchu, ale je zapouzdřena ve skle. RHodiums jsou prvními filtry, které podstoupily laboratorně testovaný tristimulus sken, což je mnohem kritičtější měření barev než metody, které byly dříve použity k měření kvality filtru. Tato metoda ověřuje neutralitu použitím kolorimetrického algoritmu, který porovnává vzorky s dokonale neutrálním světlem. Výsledkem je velká přesnost.<sup>15</sup>

*V tabulce je zpracován přehled dostupných filtrů jednotlivých typů a velikostí pro dané hustoty*

Typ	Velikost	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3
Schneider Neutral Density Filter	4x4"			✓			✓			✓		✓						
	4x5.65"			✓			✓			✓		✓						
	6.6x6.6 "			✓			✓			✓		✓						
Schneider Platinum IRND Filter	4x4"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓		
	4x5.65"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓		
	6.6x6.6 "			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓		
Schneider RHOdium Full Spectrum Neutral Density (FSND)	4x5.65"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	6.6x6.6 "			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

## 5.4 Arri

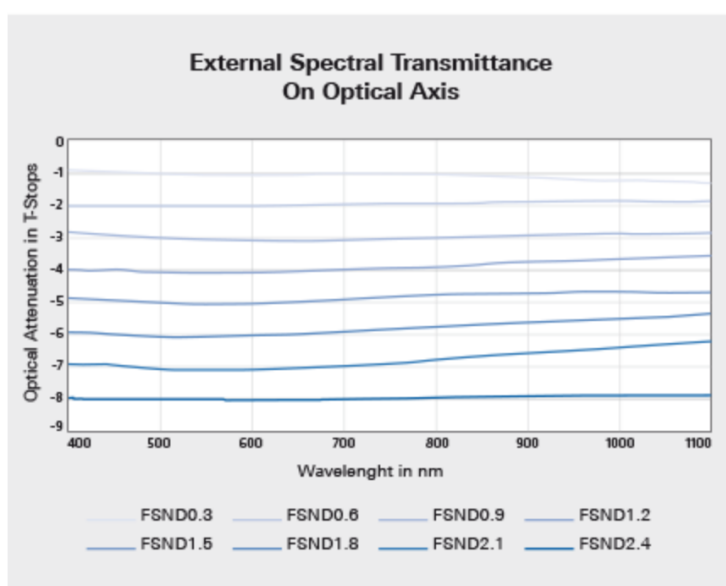
Na trh s šedými filtry vstoupilo i Arri. Firma jako taková má dlouhou historii sahající až do roku 1917, kdy byla v Mnichově založena Augustem

<sup>15</sup> SCHNEIDER. RHodium FSND. [online] Dostupné z : <https://www.schneideroptics.com/ecommerce/CatalogSubCategoryDisplay.aspx?CID=2238>

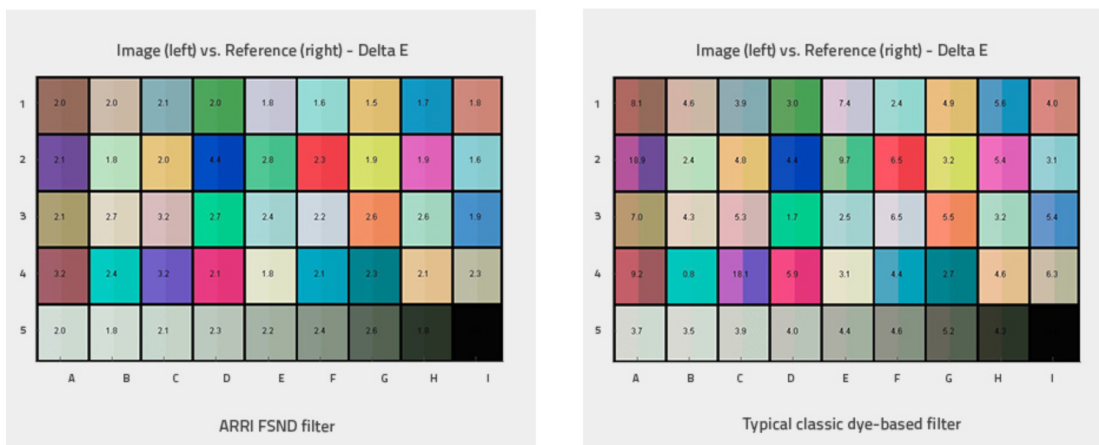
Arnoldem and Robertem Richterem. Na podzim 2017 představila své FSND filtry.

Typ	Velikost	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3
ARRI	4x5.65"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓		
FS ND	6.6x6.6"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓		

Arri se vydalo cestou vlastních filtrů poté, co v poslední době rostla poptávka po kvalitních externích filtrech. Arri jako výrobce kamer do svých digitálních modelů ALEXA Mini a Amira implementoval interní ND filtry, které se kvalitativně osvědčily. Tuto technologii výroby filtrů poté přenesl do externích filtrů. Mezi jejich hlavní výhody patří kvalita optických skel Arri jako jeden z mála výrobců uvádí konkrétní sklo, které používá a to Schott B270i. Garantuje naprostou plochost a paralelismus obou ploch. Filtry jsou s anti-reflexním coatingem. Výhoda oproti uncoated filtrům je v tom, že AR coating poskytuje nižší odrazivost ve viditelném spektru a vyšší odrazivost v NIR spektru pro zlepšení barevné neutrality a kontrastu. Hard coating slouží jako ochrana a prodlužuje životnost, hydrofobní a oleofobní coating je zde pro snadné a rychlé čištění. Reflexi a štěpení je zabráněno díky začerněným hranám ve tvaru C. Dalším zajímavým prvkem je vygravírovaný barcode. Každý filtr má své unikátní číslo, proto lze např. otestovat přímo konkrétní filtr a půjčovat pokaždé ten stejný.



Obr.č.10 - Křivka spektrální propustnosti ARRI FSND filtrů v hustotách od 0.3 do 2.4



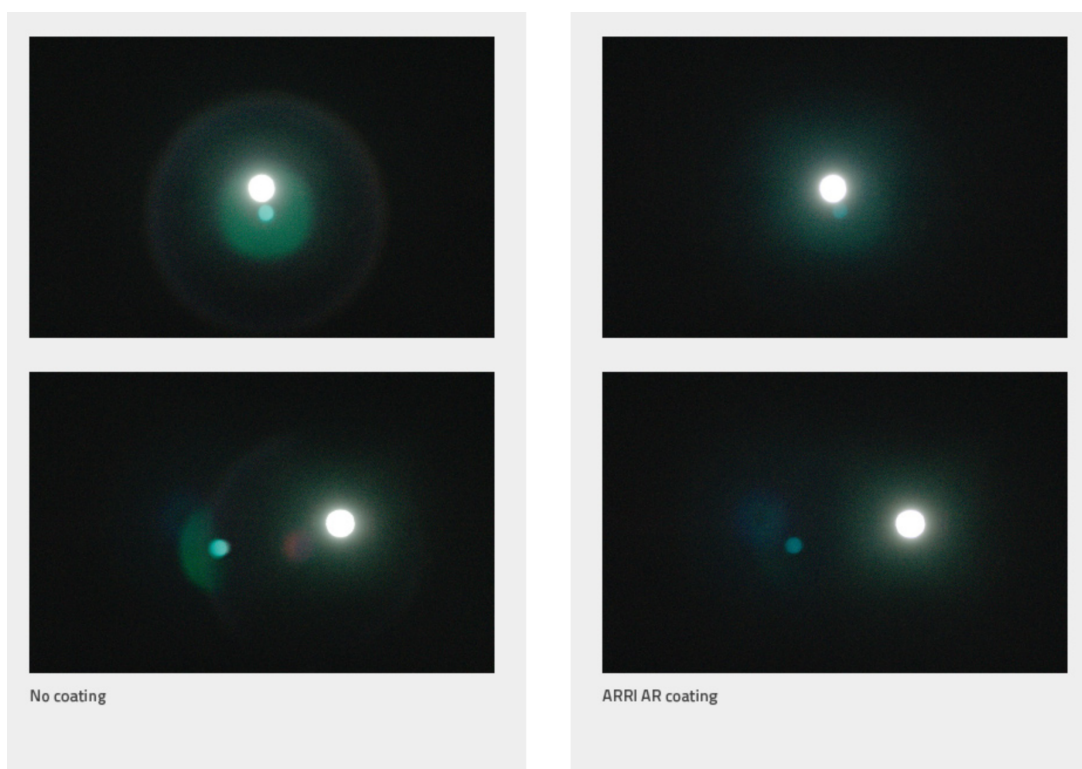
Obr.č.11 - Výsledky barevného rozdílu v propustnosti pro filtr ARRI FSND (vlevo) a typický klasický filtr na bázi barviva (dye-based) (vpravo).

Vložená čísla jsou C I E 2000 (1: 1: 1).

$\Delta E \leq 1,5$ : Mírně

$1,5 < \Delta E \leq 3$ : Vnímatelné

$3 < \Delta E \leq 6$ : Výrazný rozdíl barev<sup>16</sup>



Obr. č. 12 - Porovnání filtrů bez coating a ARRI AR coating filtrů

<sup>16</sup>ARRI. FSND FILTER. [online] dostupné z : [http://www.arri.com/?eID=registration&file\\_uid=17998](http://www.arri.com/?eID=registration&file_uid=17998)

## 5.5 Formatt Hitech

Formatt-Hitech je firma se sídlem v Anglii. Zaměřuje se jak na fotografické vybavení k filtrům, tak i na filtry pro kinematografii. Pozoruhodná je především jejich novinka Firecrest Ultra ND.

„ND předchozí generace byly vyrobeny barvením pryskyřice. Firecrest není proces barvotvorný, ale jedná se o proces povrchové úpravy vzácných kovů, který se aplikuje přímo na sklo elektrolytickým procesem. Na obdélníkových filtrech je potah Firecrest vložen mezi nejlepší optické sklo Schott Superwite, čímž se zvyšuje odolnost proti poškrábání a životnost. Firecrest snižuje všechna spektra světla (UV, viditelné, blízké infračervené a infračervené) téměř dokonale rovnoměrně.“<sup>17</sup>

Typ	Velikost	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3
Firecrest	4x4			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
t Ultra ND	4x5.65"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	6.6x6.6"			✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

## 6 Filtrace na digitálních kamerách

Jak již bylo předestřeno, jedním z problémů, které vyvstávají při používání ND filtrů je to, že problém s IR znečištěním roste s hustotou filtru. Při nižších hustotách jsou odchylky a znečištění menší.

Pokud se podíváme na aktuální nabídku firmy Kodak v oblasti barevného snímacího materiálu 35mm najdeme tyto produkty - Kodak Vision 3 500T, 250D, 200T a 50D. Čísla odpovídají udané citlivosti výrobcem ve stupnici ASA. Rozdíl mezi filmem s citlivostí 50 ASA a např. kamerou ALEXA SXT s nativní citlivostí 800 ASA či dokonce RED Gemini s citlivostí 3200 ASA je rozdíl čtyř, resp. šesti clon. Výrobci kamer a senzorů se snaží o to, aby citlivost kamer byla stále vyšší a vyšší. Tím vzniká problém s používáním filtrů velmi vysokých hustot a IR znečištění.

<sup>17</sup> FORMATT HITECH. FIRECREST. [online] Dostupné z : <https://www.formatt-hitech.com/cinema/4mm-firecrest-nd>

## Tabulka současných kamer D-Cinema předních výrobců

Kamera	Rok uvedení	Nativní Iso	Senzor	Hot Mirror or IR CUT filtr	Interní ND	Váha kg
Alexa 65	2014	800	65mm 54.12 x 25.58 / CMOS A3X	Ano *1	Internal Filter Module / 0.6, 1.2, 2.1 / FSND	9.3
Alexa LF	2018	800	Large format 36.7 x 25.54 / CMOS A2X	Ano *1	Internal Filter Module / 0.6, 1.2, 2.1 / FSND	9.8
Alexa SXT	2016	800	S35 28.25 x 18.17 / CMOS ALEV III	Ano *1	Internal Filter Module / 0.6, 1.2, 2.1 / FSND	8.4
Alexa Mini	2015	800	S35 28.25 x 18.17 / CMOS ALEV III	Ano *1	Internal Filter Module / 0.6, 1.2, 2.1 / FSND	2.3
Amira	2014	800	S35 28.25 x 18.17 / CMOS ALEV III	Ano *1	Internal Filter Module / 0.6, 1.2, 2.1 / FSND	4.2
Blackmagic Ursa Mini 4.6K	2016	800	S35 25.34 x 14.25 / CMOS	Ne	Ne	2.3
BM URSA Mini Pro 4.6K	2017	800	S35 25.34 x 14.25 / CMOS	IRND	IRND 0.6, 1.2, 1.8	2.3
Canon C700	2016	400	S35 RS 28.9 x 15.2 / CMOS	IR-CUT *2	Zabudovaný *6	3.4
Panasonic Varicam 35	2014	800/5000	S35 26.68 x 14.18 / MOS	Ano *3	Zabudovaný ND 0, 0.6 , 1.2, 1.8	5
Panasonic Varicam LT	2016	800/5000	S35 26.68 x 14.18 / MOS	IR cut filter snímatelný *4	Zabudovaný ND 0, 0.6 , 1.2, 1.8	2.7
Red Epic W (Gemini)	2018	800/3200 *5	S35 30.72 x 18 / CMOS (S35 GEMINI)	OLPF WITH IR CUT	Ne	1.5
Red One	2007	320 *5	S35 22.2 x 12:6 / CMOS (Mysterium)	Ne	Ne	4.5
Sony Venice	2018	500	FF 36.2 x 24.1 / CMOS	Ano	Zabudovaný ND 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1, 2.4	4
Sony FS7 II	2016	2000	S35 23.6 xx 13.3 / CMOS	IR CUT přes sensor	Zabudovaný Elektronický Variabilní Systém Variabilní ND 0.6 až 2.1	2
Sony FS 7	2014	2000	S35 23.6 xx 13.3 / CMOS	YES	Zabudovaný 0 , 0.6, 1.2, 1.8	2
Panavision Millenium DXL2	2017	1600 *5	FF 40.9 x 21.6 / RED MONSTRO 8K VV	IR / UV CUT	Ne	4.5
Phantom Flex 4K	2013	250	S35 27.6 x 15.5 / CMOS	?	Ne	5.9

\*1 – IR a UV CUT filtry umožňují osvětlení pouze těch světelných kmitočtů, které lze přeměnit na smysluplný obraz. Oba byly speciálně navrženy pro spektrální odezvu snímače kamery.<sup>18</sup>

„Pokud je kritérium pro barevné podání velmi kritické, je zapotřebí IR filtrace pro všechny hustoty. Pokud je kritérium pro barvu kritické, doporučuje se IR filtr při hustotě 1.2 a vyšší, pokud je kritérium pro barvu méně kritické, pak stačí filtr IR filtr při hustotách ND 0.9 a vyšší. Nejlépe vychází filtr 680 z balíku Tuner Kit.“<sup>19</sup>

<sup>18</sup>

[http://www.arri.com/camera/alexamini/technology/arri\\_imaging\\_technology/lowpass\\_filter\\_pack/](http://www.arri.com/camera/alexamini/technology/arri_imaging_technology/lowpass_filter_pack/)

<sup>19</sup> <https://nofilmschool.com/2013/02/blackmagic-cinema-camera-red-epic-arri-alexaraw-test-part-1>

\*2 - Ve všech testech vycházel IR CUT filter od Canonu nejlépe. I při použití filtrů s vysokou hustotou nebylo zkreslení žádné.<sup>20</sup>

\*3 - „Model VariCam 35 má vysoce přesný interní optický filtr, který je spojen s low-pass filtrem a IR sklem, proskytující UV/IR membránu.“<sup>21</sup>

\*4 - „Model VariCam LT je vybaven odnímatelným IR cut filtrem. Tato funkce umožňuje získat infračervené snímky tím, že se nahradí IR CUT filtr filtrem určeným pro infračervenou fotografii. Lze tak zachytit objekty, jako je noční divočina v extrémní tmě. Použitím infračerveného filtru pro snížení viditelného světla může VariCam LT sloužit jako kreativní nástroj k dosažení jedinečných efektů obrazu při denním světle.“<sup>22</sup>

\*5 - Kamery RED zachycují stejné množství dynamického rozsahu u jakékoliv hodnoty ISO, takže pojem "nativní ISO" může být méně relevantní než u jiných kamer.

\*6 - „V normálním režimu můžete aplikovat 4 filtry: čirý, 2 clony, 4 clony a 6 clon. V rozšířeném režimu se tyto filtry skládají, což má za následek dva další kroky: 8 clon a dokonce až 10 clon. Pokaždé, když se počet ND filtrů před senzorem změní z jednoho na dva, kamera vás upozorní na kontrolu zaostření díky přidanému sklu.“<sup>23</sup>

Aspektů, jež se více či méně týkají šedých filtrů z hlediska konstrukce kamery, je několik. Zaprvé je to nativní citlivost kamery, sensor, IR/UV/Hot Mirror filtry, interní ND filtry a váha/konstrukce kamery.

Nativní citlivost, uváděná v tabulce v ASA, je rozličná u různých výrobců. Arri doporučuje exponovat na 800ASA, princip kamer RED je popsán v poznámce \*5, ale dá se také vycházet z citlivosti 800, Panasonic také 800, Sony 500, resp. 2000, Panavision 1600. Pokud hodnoty rámcově zprůměrujeme,

---

<sup>20</sup> <https://www.thehurlblog.com/what-is-ir-pollution-and-how-do-you-combat-it-tiffen/>

<sup>21</sup> <https://pro-av.panasonic.net/en/varicam/35/features/index.html>

<sup>22</sup> <https://pro-av.panasonic.net/en/varicam/lt/features/functions.html>

<sup>23</sup> <https://www.cinema5d.com/canon-eos-c700-cinema-camera-review/>

dostaneme se zhruba na 800 ASA. V porovnání s citlivostí filmu Kodak Vision 50D a 250D dostaneme rozdíl čtyř, resp. téměř dvou clon. Tento rozdíl je nutné zahrnout do úvah, jak husté filtry bude nutno používat při snímání. Výhoda vysoké citlivosti je neoddiskutovatelná pro samotný záznam, nicméně pro filtraci šedými filtry je to spíše nevýhoda (vyšší hustoty, větší zkreslení).

Moderní senzory jsou vůči IR znečištění daleko odolnější než první digitální čipy. Všichni výrobci využívají senzory na bázi CMOS. Jejich velikost je alespoň S35mm.

Důležitým faktorem z hlediska znečištění IR a poté nutnosti, jaké šedé filtry používat, jsou IR nebo Hot Mirror filtry implementované před snímací senzor. Arri má tento filtr u všech svých modelů instalován. Testy kamer Blackmagic v minulosti ukázaly, že absence tohoto filtru je jejich velkým problémem těchto kamer. Rozdíl mezi URSA Mini 4.6K a URSA Mini Pro je milníkem v jejich přístupu ke konstrukci kamer. Zatímco starší model IR cut filtr žádný nemá, Mini Pro má interní ND filtry konstruovány již jako IRND a nedochází tak ke zkreslování barev. Kamera Panasonic Varicam LT je zajímavá svou možností filtr vyjmout. Protože senzor je citlivý na IR záření, lze při aplikaci filtru, který zabraňuje dopadu viditelného spektra na senzor, snímat obrazy v infračerveném spektru. Kamery RED u svých prvních modelů RED ONE neměly žádný filtr, nové modely RED GEMINI už mají tuto vrstvu implementovanou na OLPF, to se týká i kamery Panavision.

Poslední aspekt váhy a volby zabudovaných šedých filtrů spolu úzce souvisí. Arri vycházela u svých kamer z tvaru, jaké měly klasické kamery na film. Revoluce v tomto ohledu přišla v roce 2015, kdy firma představila model ALEXA Mini, který byl určen především jako lehká kamera pro drony, steadicam, jeřáby atd. Pro toto odvětví je zásadní i váha kamery. I z tohoto důvodu byl do těla zabudován modul s třemi hustotami šedých filtrů - 0.6, 1.2 a 2.1. Tato možnost se v praxi velmi osvědčila a Arri poté nabídlo možnost interního modulu ND filtrů do všech svých kamer. U ostatních výrobců je tento princip velmi podobný, většinou se jedná o karusel čtyř filtrů, jeden čirý a tři s určitou hustotou, který se otáčí. To se týká kamer Panasonicu, Canonu, Sony i Blackmagicu. Sony u svého modelu FS5 a poté FS7II představila něco, co jiní výrobci zatím nepřinesli. Jedná

se o princip elektronického variabilního ND filtru, kdy lze ne skokově, ale plynule navolit jakákoliv hustota od hustoty 0.6 do hustoty 2.1. „Variabilní ND filtr FS5 používá nové speciálně vyvinuté optické zařízení, které má vrstvu LC smíchanou s materiálem absorbujícím světlo. Faktor přenosu světla lze ovládat změnou použitého napětí na zařízení.“<sup>24</sup> V tomto seznamu je výjimkou pouze firma RED, která zatím do žádného modelu své kamery princip interních ND filtrů nezabudovala. V roce 2013 představila na veletrhu NAB vyměnitelný zámek Motion Mount, který má jednak global závěrku tak elektronické ND filtry. Nevýhoda tohoto zámku je, že nelze nastavit nulovou hodnotu filtru.

---

<sup>24</sup> SONY. FS5. [online] Dostupné z : [https://pro.sony/en\\_HK/products/handheld-camcorders/broadcast-pxwfs5-faqs](https://pro.sony/en_HK/products/handheld-camcorders/broadcast-pxwfs5-faqs)



## 7 Práce s filtry

„Expoziční čas závisí na množství světelné energie, která dopadne na citlivou vrstvu a je jí pohlcená. Závisí tedy na intenzitě dopadajícího světla a na čase, za který světlo na citlivou vrstvu působí. Filtr vložený mezi zdroj světla a citlivou vrstvu, a to už před objektiv nebo za něj, je prostředím, které působí absorpčně. Proto použitím filtru se vždy sníží intenzita dopadajícího světla. Toto snížení intenzity světla je možné vyrovnat úměrným zvětšením otvoru objektivu nebo prodloužením expozičního času, který je třeba násobit činitelem prodloužení expozičního času pro použitý filtr, čili tzv. filtrovým součinitelem, jehož velikost závisí na citlivosti fotografické vrstvy na barvy a použitém světelném zdroji. Správný expoziční čas  $T$  při použití filtru se potom jednoduše určí tak, že se čas  $t$ , stanovený pro fotografování bez filtru, násobí filtrovým součinitelem  $k$ . Platí tedy:  $T = k \cdot t$ . Pokud má zůstat expoziční čas nezměněný, je třeba clonou změnit vstupní otvor objektivu.“<sup>25</sup>

Při práci v exteriérech jsou šedé filtry kameramanovým nejpoužívanějším filtrem. Je nutné dbát na správnou práci s nimi, jak z hlediska manipulace, tak i z hlediska exponometrie. Při práci s klasickými externími filtry je riziko poškození daleko vyšší. Za filtry zodpovídá ostříč a jeho druhý asistent kamery. Ostříč je také zodpovědný za správné clonové číslo nastavené na objektivu.

Filtr se stává funkční zobrazující součástí. Každá chyba filtru se při zobrazení projeví stejně jako by byla na povrchu objektivu. Při manipulaci se filtr nebere za účinnou plochu, ale za hrany. Je nutné jej chránit od mastnoty. Po práci je třeba filtry skladovat v ochranných pouzdrech a chránit je před pádem.

Povrchy skel se čistí speciálními utěrkami či kapesníky (lens tissue) a čistící roztok (např. Rosco). Při čistění se postupuje od středu filtru ke kraji přičemž se filtr současně otáčí. Nejopatrnější je čistění pomocí vzduchu, jak stlačeného (Dust-off can) nebo i případně balonku. Tímto způsobem lze ofouknout z filtru prach a další nečistoty, které ulpěly na povrchu skla. Případně je možné využít štětečku. Není doporučeno čistit povrch dechem z úst. Vedle otisků prstů jsou

---

<sup>25</sup> PAVLINEC, Miroslav. *Svetelné filtre vo fotografii*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1958, s. 164

sliny dalším problémem, který je z povrchu velmi těžké vyčistit. Filtr by měl být při fasování zvlášť zataven v plastovém obalu.

S nástupem zabudovaných ND filtrů se proměnila jak samotná práce s nimi, tak i exponometrie, což souvisí také s digitálním měřením expozice v kameře. Pokud jsou zabudovány ND filtry, odpadá jakákoliv vnější manipulace. Filtr je navolen v menu kamery a jeho aplikace s hustotou je zpravidla zobrazena na monitoru. Toto je velká pomoc pro asistenty, kteří už nemusí stále přelepovat značky filtrů na kompendiích. V případě, že kamera má funkci false colours pro měření expozice, je velmi jednoduché a rychlé kombinovat požadovaný výsledek mezi filtry a clonou. Časová úspora je dalším velkým kladem zabudovaných filtrů. Další výhodou je mobilita pro operování s kamerou při jednom člověku, hlavně v dokumentaristice.

Dalším aspektem je po přelomu tisíciletí velká obliba a extrémní nárůst leteckých záběrů. Tento typ snímání byl při snímání na těžké a rozměrné kamery realizován velmi složitě za pomoci gyroskopických hlav umístěných na letadla či vrtulníky. Finanční náklady na takovéto natáčení byly velmi vysoké. Po nástupu vrtulníků typu dron, určených pro snímání, se náklady podstatně snížily. Nicméně výrobci své kamery museli optimalizovat i pro tento typ snímání – tady Arri v roce 2014 představila svoji kameru Arri Alexa Mini, která je velmi podobná svou konstrukcí kamerám typu RED EPIC a je vhodná právě pro leteckou kinematografii. Na rozdíl od RED Arri do svých kamer zabudovalo právě vestavěné ND filtry. Toto řešení má mnoho výhod, které kameramani dnes využívají. Jednak jsou to výhody konstrukční a zadruhé i opticko-výrazové. Při vestavěných filtrech není nutné na objektiv nasazovat kompendium (clip-on), tedy kamera je podstatně lehčí. To způsobuje, že se podstatněji projevuje parazitní světlo. Právě využívání těchto flarů, se stalo v dnešní době velmi častým výrazovým prostředkem kameramanů, především v reklamní a videoklipové tvorbě. Další klad vestavěných filtrů je zobrazení jejich hustoty na monitoru kamery. Kameraman velmi přesně ví, jaký filtry je v kameře používán a nemůže se stát dříve velmi častá chyba, že je v kompendiu zařazen filtry, která tam být nemá nebo že je tam filtry jiné hustoty.

Vývoj a novinky na poli externích filtrů byly již zmíněny. Integrované ND filtry se postupně v praxi zabydlují více a více. Jsou konstruovány jako karusel filtrů či variabilním systémem, který používá Sony u kamer FS5 a FS7II.

Zajímavým produktem v této oblasti je systém Cinefade. Ten využívá dvou externích polarizačních filtrů, přičemž ten otočný je napojen v rámečku na motorizované ostření. Dovoluje to jak velmi přesně ovládat expoziční stupně, tak to má i kreativní využití. Při spojení dvou motorů (např. Arri), jednoho na ovládání filtru a druhého na cloně lze plynule měnit hloubku ostrosti při stejné expozici (ta je kompenzována právě otočením filtru.) Systém je kompatibilním s Arri a C-Motionem a využívá filtru Schneider vsazeného do rámečku vlastní konstrukce.



*Obr.č. 13 – ukázka záběru změnou hloubky ostrosti pomocí technologie Cinefade*

## 8 Testy

Pro testování byly zvoleny tyto typy digitálních kamer :

- RED GEMINI
- Arri Alexa Mini
- Sony FS7 (1. generace, 2014)
- Blackmagic URSA MINI 4.6K (2016)
- Canon C200

Pro testování rozdílů byly používány filtry Tiffen WTR/WHT ND0.9 (sériové číslo 237698), Tiffen ND1.2 (s.č. 190287), IRND 1.2 (s.č. 262410) a IRND 0.9 (s.č. 267016). Jako varianta s polarizačním filtrem byl zvolen rotační CPL filtr Tiffen společně s 2mm Ultra Thin Circ Pola filtrem taktéž od Tiffenu. Pro porovnání byly testovány i integrované filtry v kamerách, konkrétně na kamerách Alexa Mini (D=2.1), Sony FS7 (D=1.8) a Canon (D=1.8). Filtrace byla testována pouze na optické hustotě D=2.1, aby se difference mezi kamerami projevíly výrazněji.

Filtry byly vkládány do kompendia Tilta MB-T12 s maskou 32-35 a horní klapkou. Celou dobu byl používán jeden objektiv Zeiss Compact Prime CP.2 50mm/T1.5 Super Speed EF.

Testy byl rozdělen na dvě části. První část probíhala v exteriéru při denním světle (Tch 5600K) a druhá část v interiéru při umělém osvětlení (Tch 3200K). Záměrem bylo zjistit, zda a jak se liší spektrální propustnost při jiných maximech.

Největším problémem snímačů je IR znečištění, které se projevuje především v černé barvě. Proto bylo do obrazu v obou případech vloženo velké množství černých předmětů různých materiálů a struktur.

Exteriér - Postava má na sobě černé triko ze stoprocentní bavlny a černé, seprané bavlněné kraťasy. Zavěšena je kožená černá kabelka, vedle ní vpravo mikina z fleecu, vlevo mikina s jemným vzorem je ze stoprocentního polyesteru. Klapka je položena na obal od stativu z plastu. Na kraji rámu je postaven

klasický "flop cutter" ze sametu lemován suchým zipem. V pravé části obrazu jsou testovací tabulky. Šedá tabulka "FAMU KOT" Designed by Jiří Myslík (na ni bylo exponováno a vyrováváno), šedá tabulka Rank film laboratories ltd a barevná tabulka BST4.

Interiér – Postava je opět oděna do stejného triko z stoprocentní bavlny. Zavěšena je mikina z fleecu, mikina z polyesteru, kabelka z kůže, totožné tabulky, totožný kus flopu. Na pozadí je samet šedobílý a samet černý (lehce jiného složení než na flopu). Pro referenci vysokých jasů bylo do záběru umístěn zdroj světla (Dedolight) a stříbrná odrazná deska.

Kamery byly exponovány podle waveformu a následně byly korigovány v programu Davinci Resolve na referenčním monitoru EIZO v laboratoři na FAMU. Jako reference byla zvolena kamera Arri Alexa Mini, k jejíž kolorimetrii byly ostatní kamery přiblíženy. Tyto korekce aplikované na obraz bez filtru byly následně kopírovány na testované filtry.

#### EXTERIÉR

- 1) BEZ FILTRU
- 2) D=2.1 filtr TIFFEN (ND1.2 + ND0.9)
- 3) D=2.1 filtr Tiffen (IRND 1.2 + ND 0.9)
- 4) D=2.1 filtr Tiffen (IRND 1.2 + IRND 0.9)
- 5) D≈2.1 filtr Tiffen dva polarizační filtry za sebou

#### INTERIÉR

- 1) BEZ FILTRU
- 2) D=2.1 filtr TIFFEN (ND1.2 + ND0.9)
- 3) D=2.1 filtr Tiffen (IRND 1.2 + ND 0.9)
- 4) D=2.1 filtr Tiffen (IRND 1.2 + IRND 0.9)
- 5) D≈2.1 filtr Tiffen dva polarizační filtry za sebou

BEZ FILTRU  
Arri Alexa Mini



Canon C200



Sony FS7



RED GEMINI



Blackmagic Ursa



FILTR o hustotě  $D=2.1$

Tiffen WTR/WHT ND0.9 (sériové číslo 237698) + Tiffen ND1.2 (ser. C. 190287)

Arri Alexa Mini



Canon C200





SONY FS7



RED GEMINI



Blackmagic URSA



FILTR o hustotě  $D=2.1$

Tiffen WTR/WHT ND0.9 (sériové číslo 237698) + IRND 1.2 (s.c. 262410)

Arri Alexa Mini



Canon C200



Sony FS7



RED Gemini



Blackmagic URSA



FILTR o hustotě  $D=2.1$

Tiffen IRND 1.2 (s.č. 262410) + IRND 0.9 (s.č. 267016)

Arri Alexa Mini



Canon C200



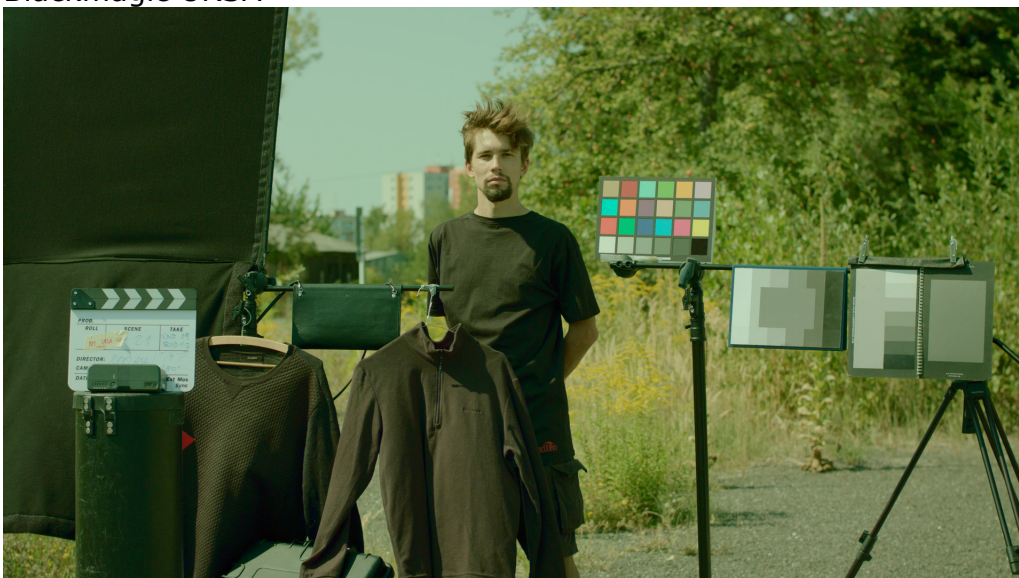
Sony FS7



RED Gemini



Blackmagic URSA



Filtr o přibližné hustotě  $D=2.1$   
CPL filtr Tiffen společně s 2mm Ultra Thin Circ Pola filtrem

Arri Alexa Mini



Canon C200



Sony FS7



RED Gemini



Blackmagic URSA



INTERIÉR  
SVÍCENO 6KW TUNGSTEN  
BEZ FILTRU

Arri Alexa mini



Canon C200





Sony FS7



RED GEMINI



Blackmagic URSA



FILTR o hustotě  $D=2.1$

Tiffen WTR/WHT ND0.9 (sériové číslo 237698) + Tiffen ND1.2 (ser. C. 190287)

Arri Alexa



Canon C200



Sony FS7



RED GEMINI



Blackmagic URSA



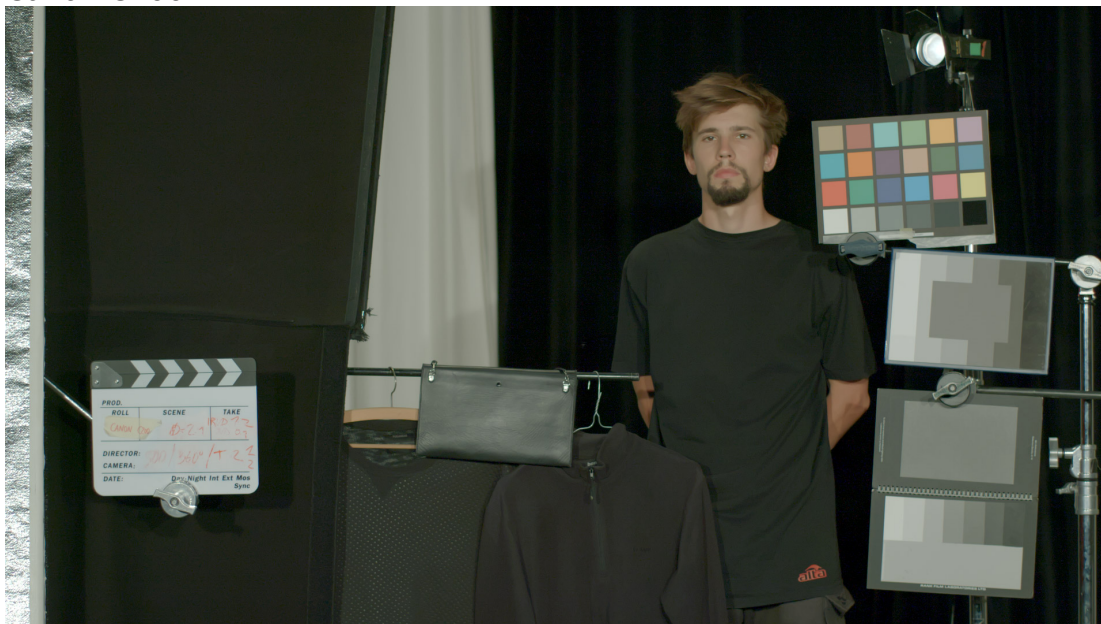
FILTR o hustotě  $D=2.1$

Tiffen WTR/WHT ND0.9 (sériové číslo 237698) + IRND 1.2 (s.č. 262410)

Arri Alexa



Canon C200



Sony FS7



RED Gemini



Blackmagic URSA



FILTR o hustotě  $D=2.1$

Tiffen IRND 1.2 (s.č. 262410) + IRND 0.9 (s.č. 267016)

Arri Alexa



Canon C200



Sony FS7



RED Gemini



Blackmagic URSA



Filtr o přibližné hustotě  $D=2.1$   
CPL filtr Tiffen společně s 2mm Ultra Thin Circ Pola filtrem

Arri Alexa



Canon C200





Sony FS7



RED Gemini

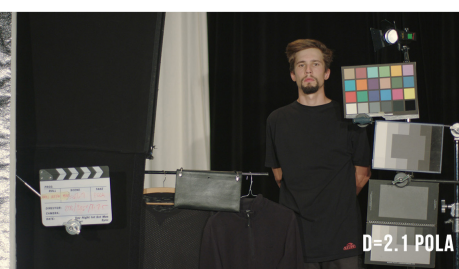
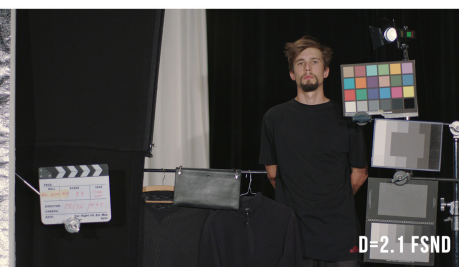
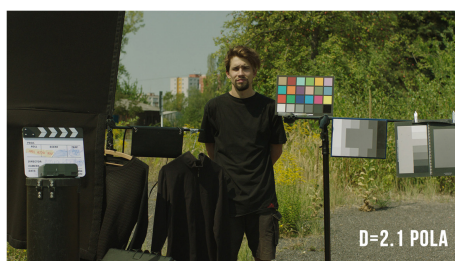
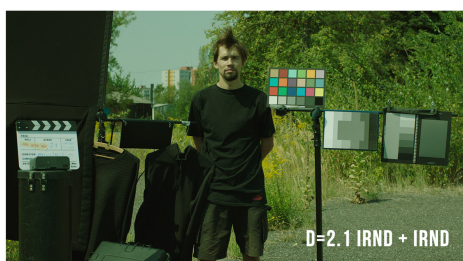
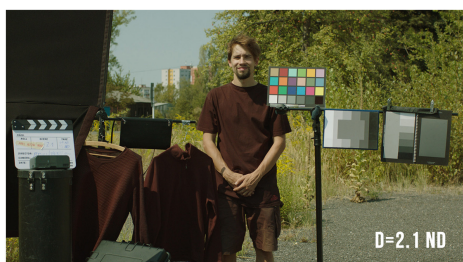
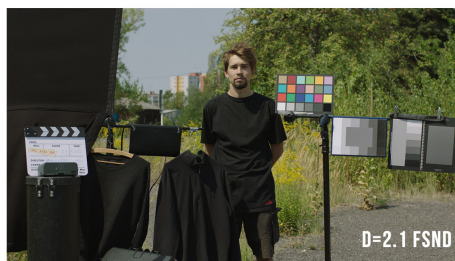
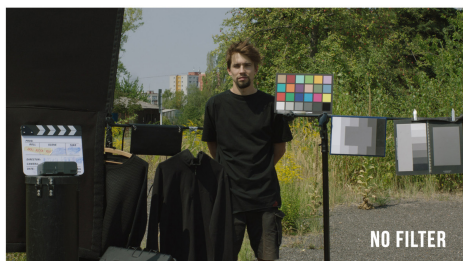


Blackmagic URSA

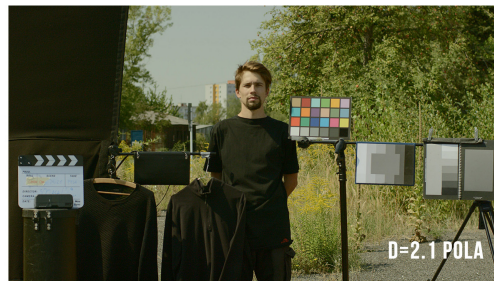


# Porovnání všech možností filtrace na daném typu kamery

## Arri Alexa Mini



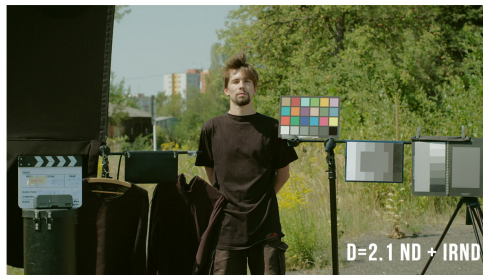
# CANON C200



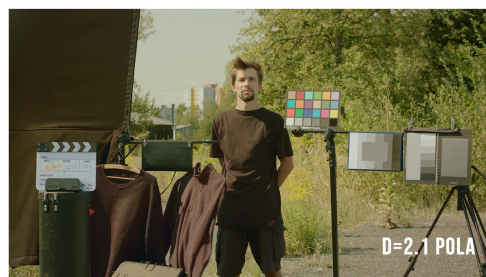
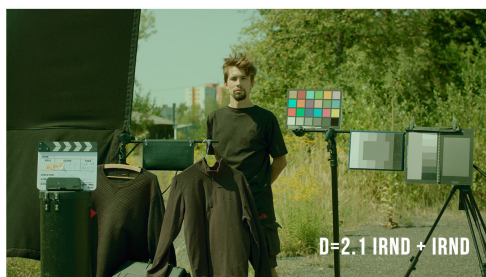
# RED Gemini



# Sony FS7



# Blackmagic URSA



Z obrazového materiálu lze vyvodit několik závěrů.

Klasické barvivové filtry ND způsobují jednak celkové barevné zabarvení obrazu a také posun v rozdílné tonalitě jednotlivých materiálů. Těmito problémy trpí nejvíce Blackmagic. Celkový obraz je velmi výrazně posunut do oranžovo-červené. Černé tkaniny mají stejný nádech, zelená ze stromů je hnědá. Kontrast se výrazně snížil. Celkový dojem obrazu je z hlediska porovnání k obrazu bez filtrace velmi výrazně zkreslený. Míra zkreslení je postprodukčně neodstranitelná. Kamery Arri a Sony vykazují lehce podobný posun. Celkový nádech obrazu je teplejší, zelená chytla lehce hnědý nádech. Černé tkaniny jsou posunuté oproti černé kůži či plastu výrazně. U Arri je to do hněda, u Sony spíše do purpuru. Míra zkreslení je velká, co se týče porovnání s originálem je u tkanin velmi těžko odstranitelné zkreslení. Canon a RED reprodukuje celkový obraz zkresleně do zelených tónů. Míra zkreslení je střední, odlišnost materiálů v tmavých tónech je nižší, v postprodukci zkreslení řešitelné.

Kombinace ND a IRND u všech kamer zaznamenala výraznější celkové zelené zbarvení obrazu. Nejvyšší posun je u kamery RED, dále Arri a Canon téměř totožné, u Sony se do zelené přimíchala ještě žlutá, která u Blackmagicu byla velmi výrazná. Míra zkreslení difference materiálů u Blackmagicu velmi vysoká, u Arri a Canonu a RED nízká, u Sony střední.

Zelené zkreslení se ještě více projevilo u kombinace dvou IRND filtrů založených za sebou. Celkové zkreslení se projevuje výrazně u všech kamer, jak u materiálů tak i barev a jasů. U Sony je lehce výraznější posun v podání barev materiálů než u Canonu, Arri a RED. Blackmagic je opět nejhorší, zde dochází i k viditelnému snížení kontrastu.

Metoda pomocí dvou polarizačních filtrů má u všech kamer za následek snížení kontrastu a jistou míru znesycení barev. Celkový barevný posun je do teplých tónů. Nejvýrazněji je to opět u Blackmagicu, poté Sony, RED, Canon a Arri. U posledních třech zmiňovaných kamer není výrazný posun v podání materiálů.

Co se týče hodnocení rozdílu v interiéru, zde je patrnější projev právě v posunu materiálů, neboť zde chybí přírodní zeleň a modré nebe.

Při zařazení dvou ND filtrů dochází k naprosto extrémnímu posunu u Blackmagicu, výrazného u Arri (do hněda) a Sony (purpur), RED má celkové zabarvení do zelena, ale ne příliš s velkým materiálovým posunem barev. Nejlépe vychází Canon, byť i u něj jsou rozdíly okometricky pozorovatelné.

Kombinace IR a ND za sebou opět nese jisté celkové zabarvení do zelena, u Blackmagicu a Sony je to do purpuru. Pozorovatelný rozdíl v poklesu kontrastu je především u Blackmagicu, dále i u Sony a Canonu. RED a Arri mají také posun, nicméně korigovatelný v rámci přijatelnosti.

Aplikace IR a IR filtru za sebou nese výraznější zelený háv, u Sony a Blackmagicu opět převládá purpur, byť v menší míře než v předešlé kombinaci. Je pozorovatelný výrazný posun v snížení celkového kontrastu.

Metoda s dvojitým polarizačním filtrem nese opět celkové teplejší zbarvení snímku. Velmi výrazné snížení kontrastu je viditelné u Blackmagicu a u Canonu, Sony, RED a Arri mají také jistý posun, nicméně opět při korekcích v řešitelné míře.

Poznatky, které autor práce při testování zjistil, by se stručně daly shrnout tak, že veškeré kamery, které mají integrované ND filtry se při jejich použití blížily nejvíce originálu (tj. snímku bez přidané filtrace) a to jak Arri, Canon i Sony. Nejhorše jak v interiéru tak exteriéru dopadl Blackmagic. Míra zkreslení barev, kontrastu a věrnosti podání materiálů byla extrémní a téměř nepoužitelná u všech kombinací. RED u všech filtrů má barevný posun do zelena, ale řešitelný v rámci korekcí. Arri výrazně trpí u klasických filtrů ND ve věrnosti podání materiálů. Canon se choval perfektně v exteriérech, v interiéru docházelo k výraznému negativnímu ovlivnění kontrastu. Sony se při obou teplotách chromatičnosti chovala podobně jako Arri, nicméně o poznání výrazněji.



## Závěr

Cílem této práce bylo testovat varianty filtrace na různých digitálních kamerách. Byl zvolen filtr o vyšší hustotě ( $D=2.1$ ), kde jsou odchylky od snímku bez filtrace vyšší. Rozdíly jsou dobře pozorovatelné především v tmavých tónech na různých materiálech – proto byly součástí testu materiály jako papír, plast, kůže, umělá látka, bavlna.

Posouzení testů je subjektivní, nicméně lze dobře pozorovat i objektivní posuny v barvách. Je nutné zmínit i velmi komplikovanou cestu odstranění odchylky kolorimetrických rozdílů jednotlivých kamer, což mohlo zavinit drobné nepřesnosti ve výstupech z testu.

Jako pozitivum hodnotím rozsah testů, protože bylo nesmírně komplikované zajistit veškerou techniku. V této práci jsou prezentovány výsledky až druhého testování, protože v prvním testu nebyl správně zvolen postup a počasí bylo proměnlivé, což výrazně zkreslilo celkový obraz. Součástí testu nejsou full spektrum filtry, vzhledem k jejich omezené dostupnosti v ČR.

Pro mě osobně bylo přínosem se zorientovat v široké škále pojmů a filtrů. Do budoucna je rozhodně dobré sledovat trendy a novinky na trhu. Nicméně stále zůstává velmi důležité poučení: před každým projektem je nutno konkrétní nastavení pro konkrétní kameru a konkrétní filtr při daných podmínkách otestovat. Jedině pak je možné dosáhnout přesně požadovaného výsledku.

## Seznam použité literatury

PAVLINEC, Miroslav. Svetelné filtre vo fotografii. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1958.

PAVLINEC, Miroslav. (1963). Svetlo optika a osvetlovanie vo fotografii. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1963.

RYAN, Rod. American cinematographer manual. Hollywood: ASC Press, 1993.

JIRÁČEK, M., MIKŠ A., OPOČENSKÝ V., RŮŽEK J., SCHEUFTER P., SPĚVÁK M., STÝBLO P., URBAN M.: Technické základy fotografie. 1.vyd. Praha: Komora fotografických živností, 2002.

MIKŠ, Antonín. Aplikovaná optika, Vydavatelství CVUT, Praha, 2009.

## Další zdroje

TIFFEN [Prospekt].

ARRI [Prospekt]. (nedatováno).

HITECH FORMATT [Prospekt]. (nedatováno).

LEE FILTERS[Prospekt]. (nedatováno).

THOMAS-DAVIS, Anne. THE EVOLUTION OF NEUTRAL DENSITY FILTERS. [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the-evolution-of-neutral-density-filters>

TIFFEN. IR ND BROCHURE. [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: [http://www.tiffen.com/userimages2/Filters/Tiffen\\_IR\\_Control\\_Filters\\_Broch.pdf](http://www.tiffen.com/userimages2/Filters/Tiffen_IR_Control_Filters_Broch.pdf)

TIFFEN. INTRODUCING A NEW ERA IN NEUTRAL DENSITY FILTRATION. [online] <https://www.dropbox.com/sh/byzwnqmv1hphlea/AAB7TqLS9ig6OvQ9xB7Cm9OSa?dl=0&preview=NATURAL+ND+PRESS+RELEASE.pdf>

BHPHOTOVIDEO. <https://www.bhphotovideo.com>

LEE FILTERS. <http://www.leefilters.com/index.php/cinematography>

SCHNEIDER.

<https://www.schneideroptics.com/ecommerce/CatalogSubCategoryDisplay.aspx?CID=2238>

ARRI. [http://www.arri.com/?eID=registration&file\\_uid=17998](http://www.arri.com/?eID=registration&file_uid=17998)

FORMATT HITECH <https://www.formatt-hitech.com/cinema/4mm-firecrest-nd>

SHANE HURLBUT. <https://www.thehurlblog.com/what-is-ir-pollution-and-how-do-you-combat-it-tiffen/>

PANASONIC. <https://pro-av.panasonic.net/en/varicam/35/features/index.html>)

OLAF VON VOSS, Canon EOS C700 Cinema Camera Review,  
<https://www.cinema5d.com/canon-eos-c700-cinema-camera-review>

CINEFADE. <http://cinefade.com/credits-1/#credits>)

SONY. [https://pro.sony/en\\_LT/products/handheld-camcorders/camcorders-electronic-variable-nd-filter](https://pro.sony/en_LT/products/handheld-camcorders/camcorders-electronic-variable-nd-filter)

---

## Seznam obrázků

Obr. č.1 - Barevné spektrum s danými hodnotami v nanometrech,  
[http://www.labo.cz/mft/rad\\_pasma.htm](http://www.labo.cz/mft/rad_pasma.htm)

Obr. č.2 - Graf hustoty klasického ND filtru, <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the-evolution-of-neutral-density-filters>

Obr.č.3 Formatt-Hitech ND filtr v kombinaci s Hot-Mirror, <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the-evolution-of-neutral-density-filters>

Obr.č.4 IRND filtr, <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the-evolution-of-neutral-density-filters>

Obr.č.5 – Formatt Hitech IRND, <https://www.formatt-hitech.com/blog/2018/2/6/the-evolution-of-neutral-density-filters>

Obr.č. 6. NiSi Nano Infrared Neutral Density Filter,  
<http://ikancorp.com/Downloads/NiSi-IRND-OS.pdf>

Obr.č.7- Tiffen filtry,  
[http://www.tiffen.com/userimages2/Filters/Tiffen\\_IR\\_Control\\_Filters\\_Broch.pdf](http://www.tiffen.com/userimages2/Filters/Tiffen_IR_Control_Filters_Broch.pdf)

Obr.č.8 - IRND NATural,  
<https://www.dropbox.com/sh/byzwngmvlhphlea/AAB7TqLS9ig6OvQ9xB7Cm9OSa?dl=0&>

Obr.č. 9- Lee IRND ProGlass,  
<http://www.leefilters.com/index.php/cinematography>

Obr.č.10 - Křivka spektrální propustnosti ARRI,  
[http://www.arri.com/?eID=registration&file\\_uid=17998](http://www.arri.com/?eID=registration&file_uid=17998)

Obr.č.11 – ARRI FSND, [http://www.arri.com/?eID=registration&file\\_uid=17998](http://www.arri.com/?eID=registration&file_uid=17998)

Obr.č. 12 – Arri coating, [http://www.arri.com/?eID=registration&file\\_uid=17998](http://www.arri.com/?eID=registration&file_uid=17998)

Obr.č. 13 – Cinefade, <http://cinefade.com/credits-1/#credits>