

IV. BAREVNÝ FILM

Necelých deset let po vítězném nástupu zvukového filmu přichází v roce 1936 do kin film barevný. I když dosud nedokázal vytlačit film černobílý, znamená to jistě další obohacení výrazových možností filmového umění a další krok k dokonalejšímu vyjádření reality. Barevný film prošel dlouhým vývojem od filmu ručně kolorovaného, barveného patronami, přes autochrom bratrů Lumiérů, chronochrom W. F. Greena, technicolor Kalmusův až k dnešním vícevrstevným citlivým materiálům. Sledovat tuto cestu a porozumět dnešní technice barevného filmu vyžaduje nejprve seznámit se s teorií barevného vidění a s naukou o barvách.

1. Barevné vlastnosti světla

Sluneční světlo se hranolem rozkládá na spojitou řadu barevných světél, nazývaných spektrum. Vnímání barev je složitý fyziologicko-psychologický úkon založený také na individuálních schopnostech pozorovatele. Proto se přesné vyjádření barevného tónu musí opírat o fyzikálně definované vlastnosti charakterizované určitou vlnovou délkou. Pro normálního pozorovatele je označení barevného odstínu spojeno s těmito vlnovými délkami:

Barva světla	Rozsah vlnových délek (m, μ)	Poměrná viditelnost
fialová	400 - 455	0,0004 - 0,038
modrá	455 - 485	0,038 - 0,2
azurová	485 - 505	0,2 - 0,323
zelená	505 - 550	0,323 - 1
žluto-zelená	550 - 575	1 - 0,8
žlutá	575 - 587	0,8 - 0,69
oranžová	587 - 600	0,69 - 0,631
oranžovo-červená	600 - 615	0,631 - 0,42
červená	615 - 750	0,42 - 0,00012

Spektrální barvy jsou monochromatické, syté. Přímícháním bílého světla ztrácejí na sytosti, mají tentýž barevný tón, jsou však bledší. Sytost (čistota) barev se vyjadřuje v procentech podle poměru zastoupení bílého a barevného světla. Podle toho mají všechny spektrální barvy sytost 1 (100 %), bílé světlo 0. Pro určení sytosti barvy je při stejné energii bílého i barevného světla třeba vzít v úvahu intenzitu vjemu a započítat zastoupení barevného světla podle jeho poměrné viditelnosti (viz předchozí tabulku).

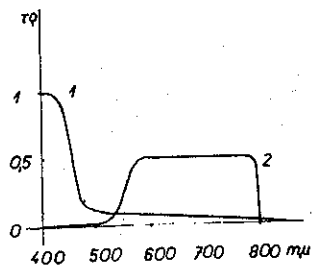
Dokonale bílé světlo má izoenergetické spektrum. Zdrojem vyzařovaná energie má stejnou hodnotu na všech vlnových délkách. Takové světlo reprodukuje věrně barevný tón tělesa a nepůsobuje změny ve složení světla propouštěného barevným filtrem. Spektrální charakteristika běžných zdrojů světla je nerovná nebo dokonce přetržitá. Spektrální složení světla má bezprostřední vliv na jeho barvu, avšak tento vliv není jednoznačný. Světlem, které má určité spektrální složení ve viditelném úseku, se vyvolá u normálního pozorovatele vždy tentýž barevný vjem. Takový barevný vjem se však dá dosáhnout i světlem jiného spektrálního složení. Možno proto tvrdit, že dva druhy světla, které dávají různé barevné dojmy, mají různý průběh spektrálních charakteristik. Když však dvě světla dávají stejný barevný vjem, není to ještě důkazem stejného průběhu spektrálních charakteristik.

V běžném životě nazýváme barvou kromě barvy světla i vlastnosti těles, které při ozáření bílým světlem odrážejí světlo určité barvy, tzv. tělesové barvy. Kromě toho nazýváme barvou i hmotná barviva (pigmenty). Zde se budeme zabývat jen barvou světla přicházejícího do oka přímo ze zdroje nebo odraženého od povrchu tělesa, případně propuštěného nějakým tělesem.

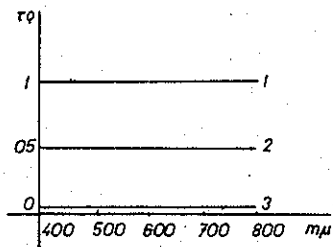
Barvy těles můžeme zařadit do dvou hlavních skupin. Jsou to barvy nepestré a pestré.

Nepestrými (achromatickými) barvami nazýváme černou, bílou a šedou barvu ve všech jejích odstínech. Ve stupnici barev nepestrých se nám jeví tělesa, jejichž činitel odrazu ρ nebo činitel propustnosti τ má konstantní hodnotu pro všechny vlnové délky světla. Podle definice obou činitelů blíží se činitel odrazu bílých ploch hodnotě 1, činitel propustnosti čirých látek také hodnotě 1. Pro látky černé nebo pro světlo nepropustné blíží se hodnota obou činitelů 0. Nejlepší bílou plochu lze realizovat jako vrstvu kysličníku hořečnatého, jejíž činitel odrazu ρ se rovná 0,95. Nejlepší černou plochu představuje černý samet s činitelem odrazu $\rho = 0,006$. Subjektivní hodnocení jasu ploch je do určité míry ovlivněno projevy fyziologického kontrastu. Simultanní černo-bílý kontrast způsobuje, že šedý papír na černé podložce se jeví světlejší než tentýž papír na bílé podložce. Rozdíly ve stupnici nepestrých barev jsou jen ve fotometrické intenzitě (jasu nebo světelném toku).

Pestré barvy může mít buď přímo světlo zdroje, nebo bílé světlo po odrazu nebo průchodu barevnými tělesy. V takových případech se objevuje zabarvené světlo proto, že těleso se k dopadajícímu bílému světlu chová selektivně. Hodnota činitele propustnosti nebo odrazivosti je různá pro různé vlnové délky světla. Charakteristikou odrazivosti plochy nebo propustnosti tělesa není pak přímka. Obr. 43 znázorňuje typické příklady průběhu charakteristik odrazi-

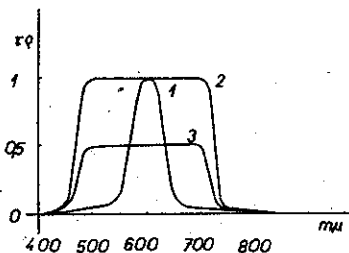


Obr.43 Spektrální odraznost nebo propustnost barevných těles: 1-syté modré těleso, 2-nesyté zbarvené těleso s načervenalým odstínem



Obr.44 Spektrální odraznost nebo propustnost nepestrého tělesa

vosti nebo propustnosti barevných ploch. Obr. 44 vyjadřuje průběh činitele propustnosti τ a činitele odrazu ρ u tělesa průzračného nebo u plochy bílé (1), u šedého filtru nebo u plochy šedé (2) a u tělesa neprůhledného nebo plochy černé (3). Obr. 45 vyjadřuje průběh činitele propustnosti u ideálního sytého oranžového filtru nebo průběh činitele odrazu u sytého oranžového povrchu (křivka 1). Křivka 2 přísluší charakteristice odrazivosti povrchu stejného barevného odstínu, ale s nižší sytostí (příměs bílé) nebo charakteristice nesytého filtru. Křivka 3 vyjadřuje charakteristiku odrazivosti stejného barevného povrchu, avšak s příměsí bílé a hlavně šedé (nebo s nižším jasem) nebo obdobný charakter propustnosti filtru.



Obr.45 Spektrální odraznost nebo propustnost oranžového tělesa: 1-syté oranžové těleso, 2-oranžový odstín s příměsí bílé, 3-oranžový odstín s příměsí černé

dý bod v kruhu i na obvodě vyjadřuje svými souřadnicemi ton i sytost barvy. Na obvodě jsou spektrální barvy se 100 % sytostí. Střed kruhu představuje barvu s nulovou sytostí, bílou. Vzdálenost bodu od středu tedy vyjadřuje stupeň sytosti. Prodlouží-li se spojnice bodu se středem tak, že protne obvod, najde se ton barvy, vyjádřený přesněji vlnovou délkou.

Orientační pomůckou pro znázornění komplexu známých barev je Newtonův barevný kruh.

Tento kruh vytvářejí barvy spektra, kde jeden barevný ton od modré k červené přechází plynule do druhého a kde ve spektru chybějící přechod mezi červenou a modrou je doplněn barvami purpurovými. Každý

Při míchání dvou sytých barev leží výsledná barva na spojnici dvou příslušných bodů rozdělené v poměru množství míchaných barev, a to blíže k barvě převažující. Při stejném množství míchaných barev dostane se tedy odstín přesně mezilehlý. Je patrné, že barvy mícháním vzniklé mají sytost tím menší, čím vzdálenější jsou na obvodu kruhu. Protilehlé barvy dávají tedy při míchání ve stejném poměru barvu bílou. Takovým dvojicím barev říkáme barvy doplňkové (komplementární). Příkladem doplňkových barev jsou dvojice:

červená a azurová,
oranžová a modrá,
žlutá a modrofialová,
žlutozelená a fialová,
zelená a purpurová.

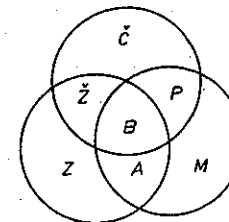
Všechny barevné odstíny, i bílá, se dají dosáhnout mícháním (adicí) tří vhodných základních barev v různých poměrech. Pro takové tři základní barvy aditivní (pro míchání sčítáním) se volí záření vlnových délek:

700 m μ (červená),
546 m μ (zelená),
436 m μ (modrá).

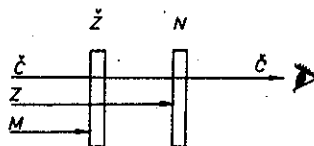
Zvolené základní barvy nesmějí na sobě záviset, tj. ani jedna z nich se nedá vytvořit směsí druhých dvou barev.

Jiný případ představuje subtraktivní míchání barev dosahované řazením barevných filtrů. Všechny barev lze dosáhnout odčítáním barevných složek z bílého světla barevnými filtry, které zadržují svou doplňkovou barvu a jeví se v barevném tonu vzniklém smícháním barev zbývajících. Subtrakcí barev se dostávají odstíny tmavé až nakonec barva černá. Za základní subtraktivní barvy se volí žlutá, azurová a nachová. Obr. 46 vyjadřuje vztahy mezi základními barvami aditivními a subtraktivními. Smícháním dvou barev aditivních vzniká mezilehlá barva subtraktivní. K základní barvě aditivní leží naproti doplňková barva subtraktivní.

Příklad míchání barev subtrakcí dává obr. 47. Žlutý filtr zadrží modrou barvu (doplňkovou), nachový zelenou. Dohromady oba filtry dají tedy zbývající barvu červenou.



Obr.46 Základní barvy aditivní a subtraktivní



Obr.47 Míchání barev subtrakcí

V tabulce I jsou uvedeny barvy některých směsí získaných subtrakcí tří základních barev v různých poměrech.

T A B U L K A I.

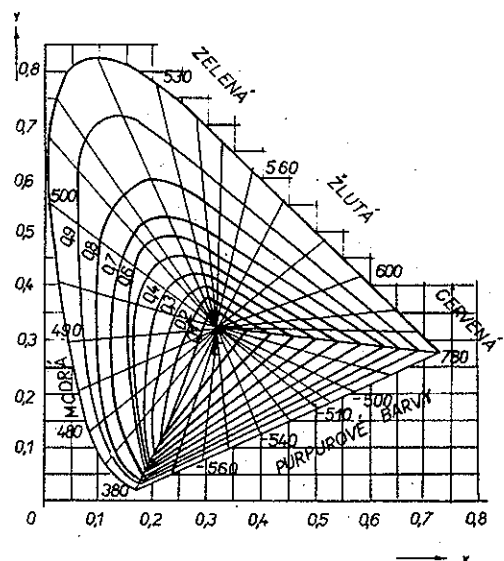
Účinkující filtry	Získaná barva
azurový + nachový	modrá
azurový + žlutý	zelená
žlutý + nachový	červená
azurový + žlutý + nachový	černá
stejně jako v předešlém případě, ale s větší propustností	šedá
všechny tři filtry, ale dva propustnější než třetí filtr	barva, hustší odpovídající filtru s příměsí šedé
všechny tři filtry, ale jeden propustnější než druhé dva filtry	modrá, zelená, červená nebo s příměsí bílé
libovolné dva filtry s větší propustností ...	modrá, zelená, červená, nebo s příměsí bílé

V tabulce II jsou uvedeny některé příklady vzniku barev adicí.

T A B U L K A II.

Složení směsi			Barva směsi
červené	zelené	modré	
100 dílů	100 dílů	100 dílů	bílá
0 dílů	100 dílů	50 dílů	zelená s modrým odstínem
100 dílů	100 dílů	0 dílů	žlutá
100 dílů	50 dílů	0 dílů	oranžová
100 dílů	50 dílů	50 dílů	světle červená
70 dílů	20 dílů	100 dílů	světle nachová
0 dílů	0 dílů	0 dílů	černá
20 dílů	20 dílů	20 dílů	tmavošedá

Přesnému určení barev slouží barevný trojúhelník (obr. 48), jehož poloha v souřadnicové soustavě je určena MKO (Mezinárodní komise pro osvětlování). Vlastnosti trojúhelníka jsou stejné jako vlastnosti barevného kruhu. Při míchání barev s udaným tonem a sytostí najdeme příslušné body v trojúhelníku a sčítáním příslušných složek y dostaneme výslednou souřadnici y_v . Podobně určíme výslednou souřadnici x_v . Purpurové barvy jsou na obvodu trojúhelníka označeny vlnovou délkou doplňkových barev se záporným znaménkem. Světlo bílé barvy je znázorněno středem trojúhelníka, jehož souřadnice $x = y = \frac{1}{3}$. Pro porovnání barevné teploty zdrojů světla a pro určení³ jejich vlivu na změnu barevného vjemu je důležité poznat souřadnice záření černého tělesa při různých teplotách. Při teplotě 720° C (asi 1 000° K) je toto světlo červené. Při zvyšování teploty stává se spektrum vyrovnanější a barva se postupně blíží obloukem barvě bílé. Při teplotě asi 5 500° K je světlo zdroje prakticky bílé a dalším zvyšováním teploty se jeho barva stává bledě modrou.



Obr. 48 Trojúhelník barev: E-bod o nulové sytosti, bílé světlo

Vnímání barev nejlépe vysvětluje Youngova-Helmholtzova (jangova-Helmholtzova) teorie trojbarevného vidění. Její základy položil již velký ruský učenec Lomonosov v 18. století. Tato teorie předpokládá v oku (v čípkách) tři druhy substancí citlivých různě na světlo; jednu citlivou většinou na červené světlo, druhou na zelené a třetí na modré světlo. Kombinací podráždění všech tří druhů receptorů vzniká vjem všech druhů barev.

2. Barevný filmový materiál

Všechny dnes prakticky užívané způsoby barevné fotografie navazují přímo na teorii barevného vidění. Jestliže naše oko vnímá barvy tak, že si je rozdělí do tří skupin a z nich opět složí výsledný barevný vjem, pak lze napodobením tohoto postupu dostat barevný snímek. Technika barevných snímků není založena na aditivním mísení barevných světél, ale na subtraktivní tvorbě barevných odstínů. Základem je bílé světlo, jemuž klademe do cesty barviva, propouštějící vždy dvě třetiny spektra.

Různé dnešní způsoby se subtraktivní tvorbou barevných obrazů liší se v podstatě různým způsobem provádění rozkladu na tři dílčí obrazy. Rozlišujeme zde hlavně dvě skupiny - způsob s obrazy spojenými ve vrstvách, ležících na sobě a způsob se samostatnými, oddělenými obrazy.

a) Vícevrstvý filmový materiál s barevotvorným vyvoláváním

Vícevrstvý negativní film typu Fomacolor, Agfacolor, Gevacolor, Sakuracolor má v řezu složení podle obr. 49. Vrstva č. 1 je nesenzibilována, má tedy pouze přirozenou citlivost k modrému konci spektra. Do citlivé vrstvy je přidána barevotvorná složka, která se ve vývojce změnila na osvitnutých místech v žluté barvivo. Vrstva č. 2 je žlutý filtr, který zadržuje modrou část spektra. V lázních se vypere. Některé druhy materiálu (nový Agfacolor) mají místo samostatné filtrační vrstvy přidáno žluté filtrační barvivo do horní vrstvy. Touto úpravou se snižuje závoj. Vrstva č. 3 je ortochromatický materiál a obsahuje barevnou složku, dávající purpurový (nachový) obraz. Vrstva č. 4 je panchromatický materiál, který

VRSTVA	CITLIVÁ K	VZNIKNE BARVA
1	M	Z
2		
3	C	N
4		A
5		

Obr. 49 Vícevrstvý barevný filmový materiál v řezu

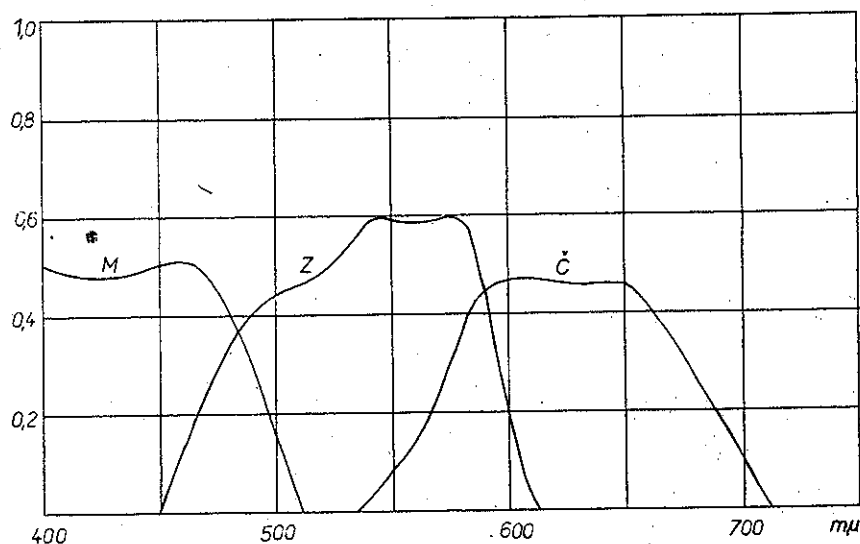
má nižší citlivost k zelené barvě. Osvit zde proto může vzniknout jen červenou složkou obrazu. Vrstva obsahuje barevotvornou složku pro vznik azurového obrazu. Mezi jednotlivými vrstvami mohou být ještě slabé bezbarvé mezivrstvy, odstraňující pronikání (difúzi) barevotvorných složek z jedné vrstvy do druhé. Dokonaleji lze difúzi zabránit zvětšením molekuly barevných složek - spojením s dlouhou řetězovou molekulou např. kyseliny stearové.

Někdy se volí poněkud změněné pořadí vrstev. Vychází se přitom z předpokladu, že hlavní podíl kresby nese obraz azurový, a proto se tato vrstva umísťuje jako prostřední.

Na druhé straně podkladu č. 5 je nanesen obyčejně zelený lakový nátěr č. 6 tvořící ochranu proti světelným kruhům. V alkalickém roztoku vývojky se rozpouští a zároveň odbarvuje.

Jednotlivé citlivé vrstvy mají průměrnou tloušťku $6 \cdot 10^{-3}$ mm, filtrační asi polovic, takže jejich celková tloušťka nepřekračuje tloušťku citlivé vrstvy u materiálu černobílého. Tloušťka vrstev musí se při výrobě přesně dodržovat, aby nevznikly změny v charakteristice vrstev a v barevném podání.

Obr. 50 vyjadřuje průběh spektrální citlivosti negativního materiálu. Křivka M přísluší první nezcitlivěné vrstvě. Z třetí orthochromatické, Č čtvrté panchromatické vrstvě.



Obr. 50 Spektrální citlivost negativního materiálu.

Chemismus vzniku barviv ve vrstvách probíhá podle tohoto schématu:

I. Haloid stříbra + vyvolávací činidlo = redukované kovové stříbro + oxidační zplodiny vyvolávání.

II. oxidační zplodiny + barvotvorná složka = barvivo.

Reakce probíhá tedy tak, že vyvolávací látka (TSS, dietylarafenyldiaminsulfát) redukuje haloid stříbra v místech osvětlení a sama se v těchto místech oxyslí. Zplodiny oxyslí se pak slučují s barvotvornou složkou a vzniká málo rozpustné barvivo.

Zatímco počet vyvolávacích barvotvorných látek je malý, množství dosud známých barvotvorných složek dávajících tři základní barvy přesahuje dnes několik tisíc.

Laboratorní zpracování se skládá obvykle z těchto postupů:

I. Vyvolávání v barvotvorné vývojce.

II. Praní, popř. zastavovací lázeň (stopka).

III. Odstranění vyloučeného stříbra a filtrační vrstvy bělením.

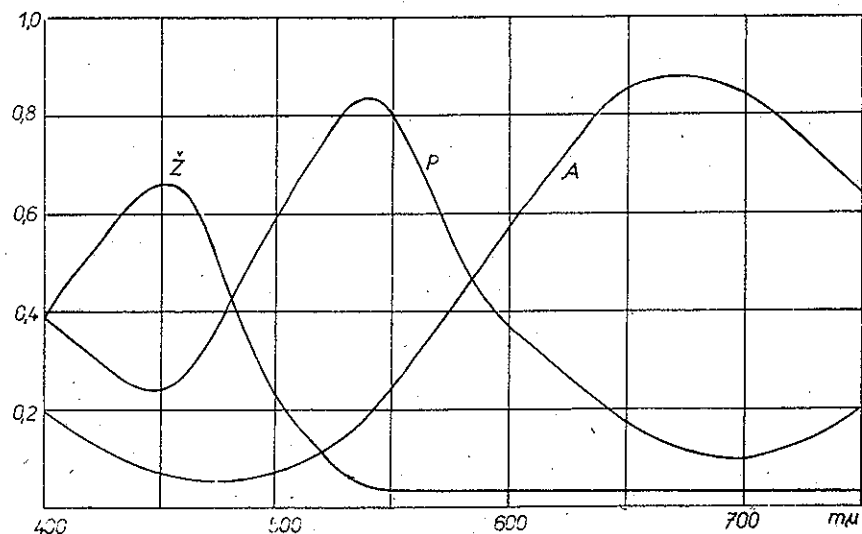
IV. Praní.

V. Rozpuštění zbývajících solí stříbra v ustalovači.

VI. Závěrečné praní a sušení.

Úkon III. a V. je možné spojit a pak postačí dvě lázně jako v černobílé fotografii.

Obr. 51 vyjadřuje průběh spektrálního pohlcování barevných složek vícevrstvého materiálu. Z průběhu je možné dělat závěry na kvalitu vyjádření barevných tónů.



Obr. 51 Spektrální pohltivost barviv negativního materiálu: Ž - žlutá, P - purpurová, A - azurová

Tabulka III podává představu o reprodukci barev spektrálních a nepestrých na vícevrstvě negativu. Vyvolaný negativ má převrácené, negativní, tedy doplňkové barvy.

Ke kopírování se užívá vícevrstvý pozitivní materiál, který má stejné složení a uspořádání vrstev jako negativní. Základní rozdíl je v mnohem menší citlivosti pozitivu a v odlišné povaze spektrální citlivosti jednotlivých vrstev. Barevné složky negativních materiálů se volí takové, aby body nejvyšší absorpce ležely pokud možno nejdál od sebe. Pozitivní vrstvy jsou senzibilovány tak, aby ostré maximum senzibilace spadalo do oblasti nejvyšší absorpce jednotlivých barviv negativu.

T A B U L K A III

Barvy snímaného předmětu						
1	2	3	4	5	6	7
červená	žlutá	zelená	azurová	modrá	bílá	černá
Vyvolaný negativ						
1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a
			žlutá	žlutá	žlutá	
odbarvená filtrovaná vrstva						
	nachová	nachová	nachová		nachová	
azurová	azurová				azurová	
Barvy negativu						
azurová	modrá	nachová	červená	žlutá	černá	bílá

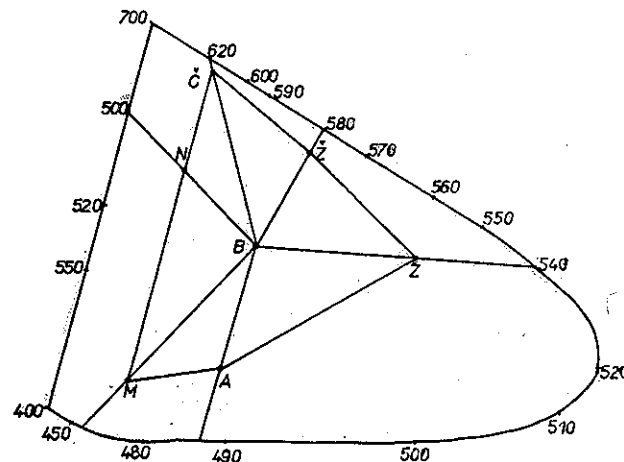
T A B U L K A IV

M Z Č	M Z Č	M Z Č	M Z Č	M Z Č	M Z Č	M Z Č
azurová	azurová				azurová	
	nachová	nachová	nachová		nachová	
			žlutá	žlutá	žlutá	
negativ						
žlutá	žlutá	žlutá				žlutá
nachová				nachová		nachová
		azurová	azurová	azurová		azurová
pozitiv						
červená	žlutá	zelená	azurová	modrá	bílá	černá

Tabulka IV podává představu o vzniku pozitivu při kopírování negativu.

Aby se dala posoudit kvalita podání jednotlivých barev na vícevrstevném barevném snímku, byly vypočítány souřadnice barviv užitých v jednotlivých vrstvách pozitivu. Další body se dají určit pro barvy vznikající mícháním ve dvou vrstvách.

Z obr. 52 vyplývá, že vícevrstvý postup dává sytou jen červeně a žlutě. Ostatní barvy jsou málo syté, takže barevné podání odpovídá spíše jemnému pastelovému zobrazení.



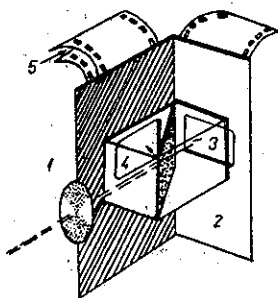
Obr. 52 Charakteristika barevného podání na vícevrstevném barevném materiálu

Chyby v celkovém barevném podání se dají odstranit kopírováním přes opravné filtry v základních subtraktivních barvách: žlutá, purpurová, azurová. Filtry používané při kopírování filmů jsou odstupňovány podle hustoty po 5 %. Každá sada má tedy 20 filtrů a kromě toho 13 filtrů neutrálně šedých s přírůstkem hustot 0,06. Ke kopírování se používají buď filtry jedné barvy, nebo kombinace nejvýše dvou barev. Kombinace filtrů se označuje šestmístnými čísly. Prvá dvojice čísel udává procenta žluté, druhá purpurové, třetí azurové. Např. č. 45 95 00 udává toto složení filtrů: 45 % žluté, 95 % purpurové, 0 % azurové. Použití filtrů vede k prodloužení osvitů podle zásady, že procento hustoty vyjadřuje procento prodloužení osvitů.

V složení nových vícevrstvých barevných materiálů jsou jisté odchylky. U pozitivů nedovoluje žlutá filtrační vrstva tvořená koloidním stříbrem znovuvyvolání zvukové stopy. Proto se vynechá. První vrstva se zesílí a doplní žlutým organickým barvivem (tartrazin). Touto úpravou se také snižuje závoj. Protože se však snižá rozlišovací schopnost, nejsou tyto materiály vhodné pro širokouhlý film. V tom směru mají velké přednosti třívrstvé materiály s převrácenými vrstvami pozitivu (Eastmancolor, nový Ferraniacolor, Sovcolor). První vrstva je chlorostříbrná, tedy málo citlivá k modré, avšak vysoce senzibilovaná k zelené. Druhá je také chlorostříbrná, senzibilovaná k červené. Spodní je bromostříbrná, nesenzibilovaná. Výhodou je, že hlavní citlivé vrstvy, purpurová a azurová, jsou u povrchu filmového pásu, mohou mít nižší citlivost, a jsou proto vysoce jemnozrnné. Rozlišovací schopnost pak může být vyšší než 200 čar na 1 mm.

b) Hydrotypický postup

Tento postup, od předchozího zcela odlišný je založen na schopnosti zbytečné želatiny vrstvy přijímat rozpustná organická barviva. Nejznámější patentové a obchodní označení je Technicolor, Kodak Dye Transfer, Wash of Relief. Ze tří barevných výtazků se připraví matriční filmy, které se napouštějí postupně purpurovou, azurovou a žlutou. Pak se provádí soubitisk na čistou želatínovou vrstvu. Tento pochod probíhající mezi navlhčenými želatínovými vrstvami se označuje jako hydrotypie.



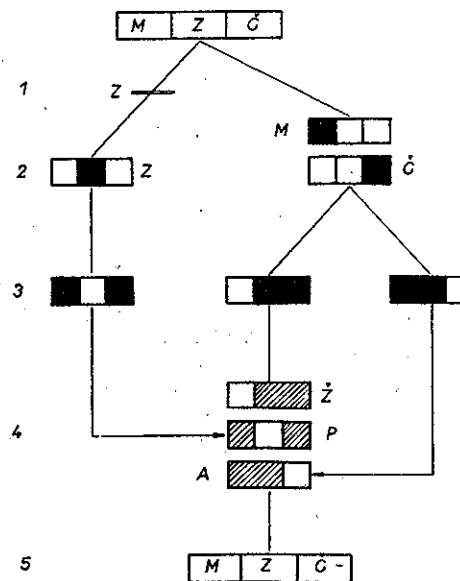
Obr.53 Dělení barev u hydrotypické metody:
1-snímávací objektiv,
2-světlodělicí kostka,
3-zelený filtr, 4-nahodový filtr, 5-červený filtr

Ve zvláštní kameře jsou založeny tři černobílé negativní filmové pásy zcitlivělé k modré, zelené a červené (obr. 53). Objektiv s vysokou světelností zaostřuje obraz barevného předmětu na filmové pásy přes zvláštní dělicí soustavu (světledělicí kostku s polopropustnou zrcadlovou vrstvou v diagonále). Část světelného toku prochází přes zelený filtr a způsobuje osvit filmového materiálu citlivého k zelené. Druhá část se odráží a prochází purpurovým filtrem, který zelenou část obrazu zadrží. Propuštěný světelný tok obsahuje proto ještě modrou a červenou. Druhým filmovým okénkem procházejí dva filmové pásy založené citlivými vrstvami k sobě. První filmový pás je citlivý k modré a má na emulzi červený filtr. Na druhém filmovém pásu tedy vznikne osvit jen červenou částí obrazu.

Všechny získané barevné výtazky na černobílém negativu se vyvolávají ve vývojce, která obsahuje činici přísady. Oxidační zplodiny s činicemi přísadami želatinu utvrdí v místech osvitu. Nečiněná želatina se dá smýt. Tak se získají reliéfní obrazy na třech filmových pásech, schopných pak sloužit jako matrice k tisku.

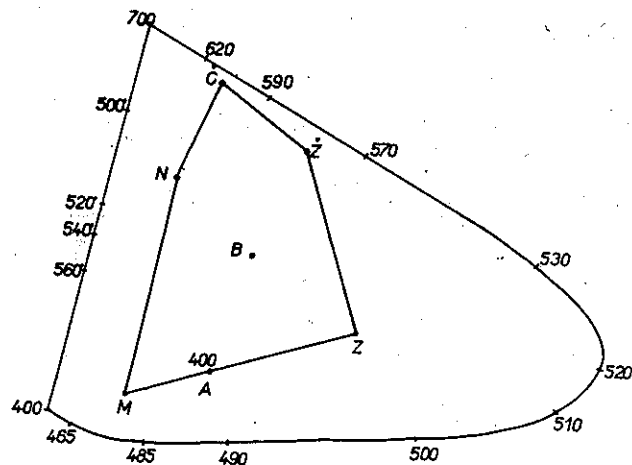
Jako podklad k tisku slouží slabě osvitnutá pozitivní kopie se slabým stříbrným obrazem, na níž je už zároveň vyvolán zvukový záznam. Slabý černobílý obraz dodává barevnému obrazu ostrot.

Na matriční filmy se pak nanáší stálá barviva a na přesných strojích se provede tisk na pozitivní kopii (obr.54). Největší technologickou potíž způsobuje roztahování a smršťování obou pásů, tiskacího i podkladového. K prolnutí barvy totiž je potřeba určitá doba, během níž musí být oba vlhké pásy v dotyku pod stálým tlakem a za pohybu. Vzájemné posunutí okrajů barevných obrazů o více než 0,01 mm vede k zbarvení obrysů v obraze.



Obr.54 Schéma vzniku barevného obrazu u hydrotypického postupu: 1-zelený filtr, 2-barevné výtazky, 3-matriční filmy, 4-tištění barev, 5-obraz

Popsaný postup je složitý a vyžaduje především nákladné investice (kamera, kopírovací stroje). Vlastní výroba barevných kopií je však velmi levná, takže při jejich větším počtu je jejich cena nižší než u jiných systémů. Hydrotypický proces dává velmi trvanlivé kopie, jejichž barevné podání je sytější a živější, zejména v barvě zelené a purpurové (obr. 55).



Obr.55 Charakteristika barevného podání při hydrotopii

Spojením obou popsaných metod barevného filmu se dají některé potíže odstranit. Velkou nevýhodou hydrotypického postupu je složitá, rozměrná a nákladná kamera s vysokou světelností objektivu, protože ve světledělicí kostce se ztrácí na 90 % světelného toku. Negativní obraz se proto snímá obyčejnou kamerou na vícevrstvý barevný filmový materiál. Přes tři barevné filtry (červený, modrý, zelený) se pak barevné výtažky překopírují postupně na tři pozitivní pásy určené za matriční filmové pásy.

3. Technika snímání barevných filmů

a) Technika snímání barevných filmů v ateliéru

Technika snímání barevných filmů je obdobná jako u filmů černobílých. Rozdíl je ve způsobu osvětlení, provedení a barvy dekorací, barvy kostýmů a líčidel, v optice a stanovení osvitů.

Pro kameramana zvyklého pracovat s černobílým filmem činilo potíže uvažovat nad barevnou kompozicí jako malíř nad koloritem obrazu, upustit případně od pouhé mechanické reprodukce barev a učinit z barvy výrazový prostředek, který je podřízen uměleckému záměru díla. Při sledování barevné kompozice nesmí však ustupovat do pozadí dosavadní osvětlovací technika založená na práci se světlem a stínem.

V případech, kdy se mají co nejpřesněji reprodukovat barvy snímaného předmětu, musí se k osvětlení použít bezpodmínečně bílé světlo. Barevné osvětlení je na místě jen ve zvláštních případech (západ slunce, osvětlení ohněm, žárovkou). Vyvolává totiž změny barev snímaných předmětů podle zákonů aditivního a zejména subtraktivního mísení barev. Barevné osvětlení snižuje množství barevných odstínů snímaných předmětů, protože u doplňkových barev se barevnost ztrácí a v barevném osvětlení se mohou jevit stejně zbarvené povrchy, jejichž barva je odlišná. Jisté uplatnění zde nachází osvětlení hercova obličeje z několika zdrojů modelujícího slabé barevného světla. Vznikající barevné skvrny a reflexy pomáhají vytvářet dynamický obraz obličeje, jakmile se tato světelná kresba dostane do pohybu při herecké akci.

Dojem vzduchu a prostoru se dá zvýšit lehkým zamlžením namodralým dýmem, kterým se napodobuje opar a modravý ton vzdáleného horizontu. Dekorace tím nabývají měkčí kresby, které nelze dosáhnout snížením ostroty pozadí. Neostře kontury barevných předmětů v pozadí, jejichž barevné nasycení zůstává zachováno, nevyvolává dojem větší hloubky.

Působivý je barevný dým hlavně při bitevních scénách. Stejněoměrné rozptýlení barevného dýmu jiné barvy než modré vyvolává však nepříjemný dojem celkového barevného závoje záběru.

Kvalita líčení má v barevném filmu zvláštní význam. Rozeznáváme v základě dva druhy líčení: líčení, které mění tvar obličeje metodami sochařskými a metodami vlásenkářské techniky a líčení, které koriguje barevnost a ráz pokožky tak, aby dosáhla v barevném obraze co nejspřávnější reprodukce. Dříve používaný způsob líčení, při kterém se pokožka pokryla vrstvou líčidla určitého zbarvení, která zakrývala různé nerovnosti a defekty pokožky, se ukázal nevhodný pro barevný film, protože se tím ztrácela struktura lidské pokožky. Od líčidla pro barevný film se vyžaduje pouze jemné, přibarvující pokrytí povrchu pokožky tak, aby nezakrývala její struktura.

Správnost barevného podání se posuzuje vždy podle věrnosti, se kterou je vystižen odstín hercovy tváře. Je to dost spolehlivé a přesné měřítko, protože barva lidské pokožky patří ke skupině málo nasycených barev, které jsou vždy velmi náchylné ke zkreslení barevnosti. Při snímání detailů herce v různém časovém odstupu je třeba pečlivě sledovat konstantnost barvy líčidla na obličejích herců.

Maskérny jsou osvětleny světlem, které se svým složením podobá dennímu. V maskérně se ukládají schválené etalony líčidel pro jednotlivé postavy filmu. Při snímání v exteriéru je třeba okamžitě reagovat i na nepatrné opálení hercovy tváře a upravit barvu jeho pokožky, aby se po skončení exteriérových záběrů dalo ihned pokračovat v práci v ateliéru.

Osvětlování v barevném filmu má nejvíc zvláštností. K péči o správnou hladinu světla a o jeho rozložení přibývá starost i o správnou kvalitu světla, charakterizovanou teplotou barvy světla zdroje. Fotografický materiál je v tomto směru mnohem objektivnější a kritičtější než lidský zrak. Psychologický činitel nám dovoluje posuzovat barvu bílé látky jako bílou i při osvětlení žárovkou. Podobný korekční činitel vycházející ze zkušenosti se při snímání pochopitelně nemůže uplatnit. To je třeba mít na zřeteli především při dotáčkách, kdy hraje velkou roli nejen přesná reprodukce podmínek při natáčení, ale i při fotochemickém zpracování barevného materiálu.

Většina kameramanů v barevném filmu pracuje se světlem podle metody tzv. světelného klíče. Podstatou této metody je udržování intenzity osvětlení v obsahově důležitém místě záběru (hercova tvář) na určité, konstantní hladině. Ostatní potřebné světlo se na scénu přidává v množství, stanovením vizuálně podle požadovaného charakteru osvětlení, např. jasný den, večer, noc. Hodnota světelného klíče se určuje už při snímání zkoušek. Je závislá na charakteristice barevného negativního materiálu, na podmínkách jeho zpracování a na světelných efektech. Osvětlení se proto měří v klíčovém místě jednotlivých záběrů. Je však třeba zdůraznit, že snímání podle konstantního jasu v klíčovém místě by bylo závadné s ohledem na vznikající sjednocení jasu mužských a ženských obličejů, blondýnů a brunetů, starců a dětí.

K osvětlování slouží nejčastěji vysokointenzivní obloukové lampy, používané ve světlometech opatřených stupnovitými (fresnelovými) čočkami. Určitý přebytek modrých paprsků lze vyrovnat slámově žlutým filtrem.

Užívání svítidel se žárovkami se považovalo za nevhodné, dokud nebyl k dispozici negativní materiál pro snímání při nižší teplotě barvy a dokud se několikrát nezvýšila citlivost barevných materiálů. To zas umožňuje používat menších otvorů clon a získat tak větší hloubku ostrosti. Použití žárovkových svítidel je výhodnější pro jejich nižší váhu, snažší obsluhu a nehlukost. Zvlášť se tato svítidla hodí tam, kde převládají teplé barevné tony, které se tím stávají sytější. Je to především v záběrech interiéru s umělým osvětlením. Světlo obloukových svítidel bez filtrů může vytvořit na materiálu senzibilovaném na nižší barevnou teplotu efekt chladného nočního světla za oknem interiéru.

Pro zjednodušení manipulace se začíná používat jako jediný druh negativní materiál pro umělé světlo. Při snímcích v denním světle se pak nasazují konverzní filtry, které mění teplotu barvy světla.

Teplota barvy většiny žárovek je dnes nejvýš 3 300° K. Přežhavené žárovky mají poměrně krátkou životnost (5 - 100 hod.), která je snižována odchylkou od dovolené polohy žárovky. Aby se snáze fixovala poloha vlákna vzhledem k zrcadlu nebo čočce, mají mnohé žárovky kolíkové nebo bajonetové patice. Většina žárovek je vypočítaná pro polohu patičky dolů s maximální odchylkou - 45°. Odchyly od nominální hodnoty teploty barvy světla žárovek smějí být nejvýš + 6% - 5%, aby nedošlo ke zkreslení barevného podání. Proto musí být napětí v síti dostatečně stabilní a nezávislé na odebíráním příkonu. Regulace světla se také nedá provádět plynule pomocí reostatů, ale pomocí žaluzií na svítidle.

b) Technika snímání barevných filmů v exteriéru

V exteriéru lze snímat jen při dostatečném osvětlení. Obvykle se snímá při přirozeném osvětlení, pouze v některých případech lze ještě použít svítidla. Základní zdroj přirozeného osvětlení je slunce, jehož světlo je rozptýleno atmosférou (oblohou), takže i tato se stává druhotným zdrojem přirozeného osvětlení. Světla na předmětech jsou osvětlena sluncem i oblohou, stíny jsou prosvětleny světlem oblohy.

Přirozené osvětlení se během dne nepřetržitě mění podle výšky slunce na obloze a podle počasí. Za slunečného dne je osvětlení plastické, při pozmourném počasí ploché.

Suchá a čistá atmosféra rozptýluje především modrou část spektra. Protože při východu a západu slunce musí projít sluneční paprsky asi 27x delší dráhu atmosférou, než když je slunce v zenitu, klesá silně teplota barvy slunečního světla, které je proto načervenalé. Kromě toho podle polohy slunce se mění i charakter modelování světlem. V okamžiku východu slunce je teplota barvy světla 1 850° K, při výšce slunce 3° je 2 200° K, při výšce 10° 3 500° K a při výšce 15° je 4 500° K.

Den může být tedy podle polohy slunce na obloze rozdělen na tyto tři části:

1) Období proměnného barevného osvětlení od východu slunce do polohy 15° nad horizontem. Protože za tohoto stavu je velmi obtížné natáčet barevně jednotné záběry, málokdy se v této době snímají herecké scény.

2) Období normálního (bílého) osvětlení při výšce slunce od 15° - 60°.

3) Období slunce v zenitu - nevhodné pro barevné snímání hereckých a masových scén. Osvětlení postav je nižší než osvětlení ploch v pozadí. Vertikální stíny deformují obličej herců a vytvářejí vysoké kontrasty. Krajina osvětlená shora pozbývá reliéfovité kresby. Vysoké kontrasty světla a stínů ničí barvu a zkreslují dojem tonální jednoty filmu. Výjimečně se v této době dá snímat v lese nebo v roklinách.

Uvedené případy se vztahují v podstatě na snímání hereckých scén, které se sestřihují a u některých je z toho důvodu nutné zachovat dostatečně konstantní a stejnorodé podmínky osvětlení. Možnosti snímání barevných filmů jsou však prakticky širší a jsou omezeny pouze hladinou osvětlení.

T A B U L K A V

Výška slunce (ve stupních)	Osvětlení (v tisících lx)	
	světla	stíny
5	4	3
15	15	6
30	40	10
45	67	12
60	90	15

Tabulka V. uvádí osvětlení v závislosti na výšce slunce.

Přítomnost atmosférických nečistot snižuje přímé osvětlení a napomáhá rozptylu. Vyrovnává se tím osvětlení ve světlech a ve stínech. Mraky na obloze zvyšují osvětlení ve stínech i celkové osvětlení od slunce a oblohy.

V normální natáčecí době je nutno rozlišovat spektrální složení světla zvláště na osvětlených místech a ve stínech. Světla mají bílé osvětlení, stíny prosvětlené světlem oblohy jsou modravé. Při oparu se sluneční světlo stává červenější, osvětlení ve stínech je bělejší a ve světlech má teplejší tón.

V zimě je sice slunce nízko, ale zasněžený povrch odráží asi 10x více světla než holá půda. Při podmráčené obloze jsou světla a stíny bílé. Za jasné oblohy jsou stíny zřetelně namodralé. Natáčený záběr se musí v každém případě přisvětlovat, protože jas zasněženého pozadí je mnohem vyšší, než jas obličejů.

Osvit se kontroluje vizuálním ohodnocením jasu nebo změřením osvětlení a jasů expozimetrem. Pro účely kameramanské expozimetrie se jednoduše stanoví vztah mezi osvětlením a jasnem povrchů expozimetrem a určí exponometrický koeficient jasu

$$V_e = \frac{E}{B}$$

Hodnota V_e dává postačující představu o jasu předmětu pro snímání barevného filmu, protože chyby v přesnosti osvitu a rozptyl citlivosti materiálu je mnohem větší. Pomáhá při kontrole a regulaci poměru jasů jednotlivých částí pozadí natáčeného záběru (obličej herce na pozadí oblohy).

Kontrola relativních jasů jednotlivých částí snímáných předmětů je pro kvalitu barevné reprodukce potřebná i proto, že fotografická šíře barevného negativního materiálu může být menší než rozsah jasů předmětů v exteriéru.

Osvit se obvykle určuje podle jasu obličejů v poměru k celkovému rozsahu jasů v souvislosti s fotografickou šíří negativního materiálu a zobrazovacím úkonem záběru. Rozsah jasů se upravuje přisvětlováním svítidly, odraznými deskami nebo použitím rozptylovačů a šifonů.

Rozsah jasů se upravuje až po osvětlení obličejů podle koeficientů jasů a podle nasnímané a schválené zkoušky. Osvětlení trávy a stínů nesmí být menší než 2 - 2,5x (koeficient jasu zelené trávy je 0,06 - průměrně 5x menší než koeficient jasu obličejů - 0,3). Jas světlých povrchů na pozadí (obloha, bílé zdi) nesmí být proti jasu obličejů větší více než 2 - 2,5x. Srovnání podle jasů je v těchto případech velmi nutné, protože pouhé změření osvětlení povrchu nedává představu o jeho jasu.

Přeexpozice ve světlech vyvolává nepříjemný dojem barevného záběru - barva je velmi světlá a ztrácí se struktura povrchu.

Při slunečném osvětlení jsou mezi stíny a světly velké kontrasty, za pozmračeného počasí jsou světla a stíny naopak málo kontrastní. Přisvětlením se modeluje tvar předmětů, reguluje spektrální složení světla a upravují kontrasty.

Pro snímání barevných exteriérových záběrů se počítá se zasazením svítidel o příkonu 70 kW za slunečného počasí a asi 200 kW za podmráčeného počasí. Svítidla jsou napájena stejnosměrným proudem z převozného agregátu.

Pro přisvětlování odraženým světlem se používají zrcadla a fóliové, hliníkové i bílé papírové desky. Zrcadlové desky se hodí pro přisvětlování obrysů postav a pro vytvoření reflexů. Jinak dávají příliš ostré světlo s červenavým odstínem.

Pro rozptýlení a zeslabení přímého slunečního světla se používá tyl bílý, šedý nebo barevný. Jednoduchý tyl zeslabuje přímé sluneční světlo o 10 až 20 %. Více vrstev tylu značně zeslabuje kontrast. Poměr osvětlení pro obličej 1 : 2 ve světlech a stínech je dostačující pro dosažení dotře plastických tvarů a čistý barevný ton obličeje. Při snímání ženských portrétů se kontrast ještě snižuje.

Při snímání hereckých scén proti slunci a na uzavřeném prostranství (vysoké domy, les) je nutno zesílit přisvětlování a sledovat barevné reflexy vytvořené okolím. Zelený reflex na obličejí zkrasluje barevný ton celého obrazu.

K reprodukci efektů večera nebo noci se používají šedé filtry. K dosažení nasycenější barvy oblohy v horní části se nasazuje odstíněný modrý filtr. Obloha pak musí být bezmračná. Rozptylné filtry zeslabují barvu ve zvláštních případech snímání portrétů a krajin. Takový filtr je zhotoven z hedvábných tkanin a lesklou přízí.

c) Technika snímání barevných kombinovaných snímků

Technika kombinovaných snímků, vypracovaná pro černobílý film, nemohla být mechanicky přenesena do barevného filmu bez úprav a beze zbytku. Technická náročnost kombinovaných snímků se u barevného filmu zvyšuje o nutnost dosáhnout vedle jednoty jasu i jednotu a věrnost barevného podání.

Kombinované snímky s perspektivním spojením reálu a doplňků jsou v barevném filmu dobře použitelné kromě zadního promítání, které způsobuje neúnosnou barevnou degradaci.

Pro osvětlování scény v barevném filmu slouží převážně vysokointenzitní oblouková svítidla. Pro osvětlování zmenšených modelů v kombinovaných snímcích se však hodí tím méně, čím větší je měřítko zmenšení. Proto se makety zmenšují obvykle nejvýš 5x.

Úplně nevhodné je dosvětlení spojovacích linií na maketě žárovkovým svítidlem s konverzním filtrem, zvyšujícím teplotu barvy. Protože se přitom nedosáhne stejné kvality osvětlení, spojení se rozpadne. Pro zhotovení makety slouží stejný materiál jako v reálu. I úprava povrchu a nátěr je proveden stejně. Rozhodně je však nutno snížit nasycení barev a kontrast tak, jak to odpovídá skutečnosti při větších vzdálenostech dekorací od kamery, kdy sytost barev je snížena větší vrstvou prachu a vlhkostí vzduchu.

Protože pouze snížení sytosti nátěru nestačí, vytváří se difúzní prostředí na skle zavěšeném před kamerou. Sklo se pokryje vrstvou pudru přesně podle spojovacích linií, nebo se na sklo nanese tenká vrstva vazelíny. Vhodné je též pokrytí sklo rozprašovačem tenkou vrstvou kvaše a po zaschnutí ji setřít podle spojovacích linií.

Kameraman kontroluje spojení obou částí kombinovaného snímku hledáčkem kamery. Vizualní jednotu sytosti i tonu barev může dát i fotografickou jednotnost jen v tom případě, jsou-li obě dílčí části osvětleny světlem stejné kvality. Je třeba se vyhnout používání různých typů svítidel a opravných barevných filtrů, protože mohou porušit souhlas mezi vizualní a fotografickou jednotou jasů a tonů barev spojovaných částí. V případech, kdy je toto osvětlení nutné, je důležité prohlédnout spojované části zonálními filtry červeným, modrým a zeleným. K snímání je možno přistoupit teprve tehdy, až se zjistí touto prohlídkou, že spojení částí je vyhovující. Ve složitějších případech je nutno provést nejprve zkušební snímek a zhodnotit kvalitu spojení až na pozitivu při promítnutí.

Kameraman musí mít na paměti, že barevné podání snímku může být ovlivněno také rozdílným průběhem spektrální citlivosti oka a fotografického materiálu. Vizualní a fotografické hodnocení barevného tonu při různých světelných zdrojích vyjde pak rozdílné. Kromě toho se při přímém pozorování barevných ploch uplatní spíše psychologická složka zrakového vnímání, která podle zkušenosti koriguje vjem (odraz zelené barvy stromů na stěnách bílé budovy).

Dodatečné dokreslení obrazu při použití pevné masky činí určité potíže, je-li třeba prodloužit do kresby předmět, který nemá ostré obrysy. Spojení se provede nejnázve v přechodové oblasti, ve které je obrys masky také neostrý. Protimaska na kompendiu má pak mít stejně velkou opačnou přechodovou oblast, aby se obě oblasti překrývaly. Velikost přechodové oblasti se dá vypočítat podle vzorce

$$Z = \frac{F \cdot D (d - m)}{m \cdot (d - F)},$$

kde F je ohnisková vzdálenost objektivu, D je clonové číslo objektivu, d je vzdálenost od objektivu k rovině zaostření a m je vzdálenost mezi maskou a objektivem.

Barevné spojení předmětů prvního a druhého osvětlení se nejlépe dosáhne pomocí tzv. testfiltru. Tento filtr je složen ze tří skleněných filtrů v základních aditivních barvách, položených vedle sebe na bílém papíře. Oblasti propustnosti filtrů odpovídají oblastem spektrální citlivosti jednotlivých vrstev barevného negativního materiálu. Optické hustoty filtrů jsou voleny tak, aby vznikly ve všech vrstvách stejné optické hustoty obrazů.

Jestliže se při snímání předmětů v prvním osvětlení nasníma také tento testfiltr, je pak v trikovém ateliéru snadné při snímání dokreslovačky napodobit tytéž fotografické podmínky i při použití žárovkových svítidel.

Pro stanovení azurových a purpurových filtrů se po okénku snímá testfiltr, umístěný v záběru na místo vyhrazené pro snímání předmětu druhého osvit. Přitom se filtry různě kombinují a jejich kombinace se poznamenává. Zkoušky se vyvolávají v normální černobílé vývojce a prohlížejí lupou. Okénko, ve kterém se zjistí stejné optické hustoty jako při snímání testfiltrů současně s reálem, ukazuje, s jakými filtry je nutno snímat dokreslovačku, zhotovenou malířem.

Jestliže byl např. první snímek proveden v exteriéru v létě v poledne, potřebují žárovková svítidla vykompenzovat azurovým filtrem 80% a purpurovým 60%. Svítidla se musí napájet přes stabilizátor napětí.

Chyby způsobené nevystižením barevného podání v dokreslovačce se musí vyrovnat jinak.

Nejprve se snímá podrobná expoziční zkouška kombinovaného obrazu po okénku s různými clonami. Vyvolaný barevný negativ se prohlíží lupou. Jestliže se ani v jednom políčku nedosáhne úplného spojení, musí se na objektiv kamery nasadit vyrovnávací filtr. K jeho určení se barevná expoziční zkouška prohlédne postupně přes filtry v základních barvách. Pro každý filtr se vyberou ta okénka, ve kterých souhlasí hustoty spojovaných částí reálu a dokreslovačky. Protože je pro každé okénko velikost clony známa, dá se dále určit hustota a hodnota prodlužovacího faktoru potřebného barevného kompenzačního filtru.

Máme-li např. pod modrým filtrem optimální spojení při cloně 2,8, ale pod červeným a zeleným při cloně 4, je nutno pro vrstvu citlivou k červené a zelené snížit osvit 2x. Proto se nasadí purpurový a azurový filtr s úhrnnou hodnotou prodlužovacího faktoru 2.

Kresby pro barevnou dokreslovačku mohou být malovány olejovými barvami, akvarelem, kvaší a pastelovými barvami podle kontrastu a sytosti potřebných barev.

Kontrast jasů, který je malíř schopen realizovat, bývá často nedostatečný, např. u dokreslovačky nočního exteriéru města. Barvami nelze vystihnout efekt barevných světél pouličních reklam a ostrých lesků. V těch případech se v kresbě zhotovují otvory, podložené případně barevnými fóliemi a obraz se prosvětluje přes matovou fólii zezadu. Pro napodobení lesku a aureol od pouličních lamp jsou vhodné luminiscenční barvy. Obraz se prosvětluje rtuťovou výbojkou s ultrafialovým filtrem, takže barvy svítí jasným světlem. Přesbytečný jas barviv se dá zeslabit mícháním s obyčejnou barvou.

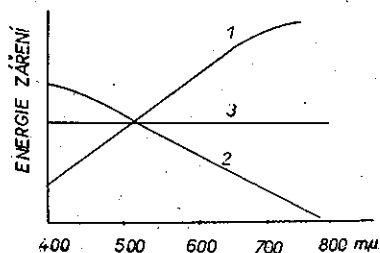
Jestliže se provede montáž reálu s dokresleným nebo fotografovaným pozadím v několika rovinách, vzniká víceplánová dokreslovačka. Při víceplánovém sestavení krajiny je možno mezi jednotlivé roviny vpravit difúzní prostředí, kterým se

napodobuje vzduchová vrstva. Kulisy jednotlivých rovin mohou být vyřezány z fotografií nebo kreseb a přilepeny na překližku nebo sklo. Malíř může olejovými barvami dokreslit menší detaily přímo na sklo. Zadní projekcí barevně chudého obrazu se do trikového obrazu dají ještě včlenit dynamické prvky (bouřkové mraky rychle letící). Při promítání obrazů, kde převládá jedna barva (voda, pošmourná obloha, požár), zesiluje se filtrem na promítacím stroji základní barevný ton. Promítá se raději na menší plochy, aby byl jas barev co největší.

4. Promítání barevných filmů

K dobré reprodukci černobílého obrazu stačí dodržet hlavní geometrické vztahy v obraze a zajistit správný jas promítaného obrazu. Při promítání barevných filmů je kromě toho potřebné zajistit pro diváka také správné barevné podání obrazů. Rozhodující je tedy divákův vjem. Zkreslení barevného vjemu vzniká buď z technických příčin, nebo z psychofyziologických zvláštností zrakového vnímání.

Porušení barevného podání při promítání barevných filmů závisí především na rozložení energie v zářivém toku světelného zdroje - na spektrální charakteristice zdroje. Světelné zdroje, používané k promítání mohou mít stoupající



Obr. 56 Spektrální charakteristiky promítacích strojů

Zdroje se stoupající charakteristikou mají světlo nažloutlé, a větším podílem dlouhovlnných paprsků. Jeho teplota barvy je nižší než 4 000° K. Takový charakter má světlo žárovky a obloukové lampy s obyčejnými uhlíky. Při promítání jsou bílá místa zbarvena a také podání barev se mění. Teplé barvy mají vyšší jas, studené nižší. Teplota barvy se světla kolísá podle délky oblouku a závisí také na pravidelnosti hoření oblouku. Kromě toho má vliv i nastavení promítací optické soustavy (osová poloha součástí soustavy a

jejich vzájemné vzdálenosti). Některé tepelné filtry oddělují s infračerveným zářením i část viditelného dlouhovlnného světla, a tím zvyšují teplotu barvy světla i za cenu snížené světelné účinnosti.

Zdroje s klesající charakteristikou (vysokointenzitní obloukovačka, xenonová lampa) dávají světlo bílé až namodralé. Jeho teplota barvy je vyšší než 5 000 K. K barevnému zkreslení dochází namodralým zbarvením bílých ploch a zdůrazněním jasu studených barev.

Promítací objektivy musí mít odstraněnu barevnou vadu i pro ostatní barvy kromě červené a modré, aby jednotlivé prvky barevného obrazu na promítací ploše nebyly neostře a barevně lemovány. Činitel spektrální propustnosti objektivu bývá pro modrou část spektra poněkud nižší.

Z psychofyziologických vlivů nejvíc se uplatňuje Purkyňův jev. K porušení barevného podání dochází buď ve stínech na obraze, nebo v těch místech, kde je promítací plocha méně osvětlena. Červené a oranžové barvy tmavnou a modré se zelenou mají vyšší jas. Křivka poměrné spektrální citlivosti oka se při nižších jasech posouvá k modrému konci spektra.

Abyste nedošlo k vjemu nesprávného barevného podání, nesmí klesnout jas promítací plochy,

$$E_p = \frac{q \cdot E}{3,14}, \quad [nt, lx]$$

podstatně pod optimální hodnotu 32,8 nt. Tento jas se určí z hodnoty činitele odrazu ρ promítací plochy a z měření osvětlení plochy bez filmového pásu při běžícím promítacím stroji. Klesne-li jas pod uvedenou hodnotu, uplatňuje se vnímání prostřednictvím čípků i tyčinek, které nerozlišují barvy.

Jas promítací plochy je při promítání barevného filmu obvykle nižší než u filmu černobílého, protože střední činitel propustnosti nejvíce osvětlených částí obrazu je pro černobílý film $\tau_c = 0,6$, pro barevný film $\tau_b = 0,4$.

Podle převládající barvy v záběru je třeba už při snímání filmu upravovat osvětlení tak, aby opět příliš velkou hladinou osvětlení se neovlivňovala sytost barev. Tabulka VI podává představu o optimálních jasech barevných odstínů.

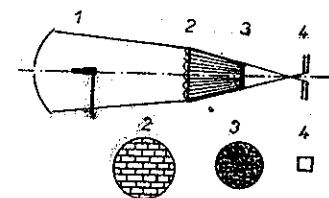
T A B U L K A VI

Vlnová délka m μ	Barva	Jas odpovídající největšímu nasycení nt
685	červená	5,41
610	oranžová	6,38
570	žlutá	28,6
565	žlutozelená	31,8
530	zelená	20,7
470	modrá	1,59

Nároky na rovnoměrnost osvětlení promítací plochy jsou u barevného filmu proto také vyšší. Při promítání černobílých filmů není nebezpečný pokles jasu promítací plochy k okrajům až o 40 %. U barevných filmů se projeví vady už při 20 % poklesu jasu na okrajích promítací plochy.

Abyste odstranila nerovnoměrnost jasu promítací plochy, je třeba:

- pečlivě seřadit optické soustavy promítacího stroje;
- nepoužívat objektivy s kratší ohniskovou délkou než 60 mm;
- věnovat zvláštní pozornost seřizování uhlíků vysokointenzitních obloukovek, které mají značnou nerovnoměrnost jasu kráteru;
- používat hlavně difúzně odrážející promítací plochy; promítací plochy s vysokou směrovostí jsou nevhodné;
- používat stabilizované elektrické zdroje pro napájení obloukovek;
- rovnoměrné osvětlení promítacího okénka. K tomu se někdy používá voštinový kondenzor v promítací soustavě (obr. 57). V soustavě má kondenzor 2 150 obdélníkových čoček se stejným poměrem stran jako promítací okénko a kondenzor 3 stejný počet šestiúhelníkových čoček tvaru kráteru. Každá obdélníková i šestiúhelníková čočka dává v promítacím okénku obraz části kráteru natolik zvětšený, aby překrýval plochu



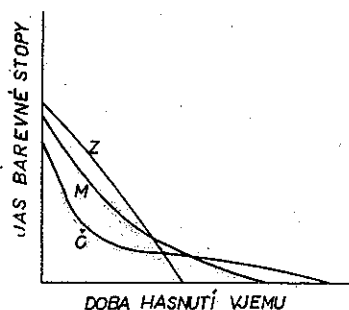
Obr. 57 Osvětlovací soustava s voštinovým kondenzorem: 1-oblouková lampa se zrcadlem, 2-kondenzor s obdélníkovými čočkami, 3-kondenzor s šestihrannými čočkami, 4-obrazové okénko

okénka. Rovnoměrné osvětlení okénka je dosaženo za cenu až 40 % ztrát z celkového světelného toku.

Protože zrakové elementy, vnímající červenou, zelenou a modrou barvu, nejsou rozděleny na sítnici oka rovnoměrně, bude rozlišovací schopnost oka při pozorování detailů barevného a černobílého obrazu různá. Kvalita vnímání barevného filmu je pro zadní sedadla mnohem horší než u filmu černobílého.

Setrvačnost zrakového vjemu má pro různé barvy různý průběh (obr. 58). Vjem barevného obrazu by proto mohl být zkrácen delší dobou hasnutí červené obrazové stopy. Jako

korekční psychologický činitel se však většinou prokazatelně projevuje zkušenost a paměť, která vidí např. zelenou trávu při zapadajícím slunci ve skutečné barvě, ačkoliv má vlivem načervenalého světla ryšavé zabarvení.



Obr. 58 Setrvačnost zrakového vjemu pro různé barvy

Jistý zkreslující vliv má také ukaz postupného kontrastu při promítání barevných filmů. Vlivem únavy barevných receptorů v oku bude se nám bílá plocha pozorovaná po ploše intenzivně barevné jevit po jistou dobu zabarvená barvou doplňkovou. Vliv postupného kontrastu se pochopitelně objeví i při postupném pozorování barevných ploch. Tabulka VII informuje o vlivu sukcesivního kontrastu. Praktické závěry vyplývají pro střihovou skladbu barevných filmů. Za sebe se mají řadit záběry, ve kterých převládají doplňkové barvy. Pro barevný vjem tím získávají na sytosti. Načervenalé orientační osvětlení nouzových východů by se mělo nahradit světlem bílým. Promítací sál i předsálí je nutno osvětlovat zářivkami s denním světlem.

Na barevný vjem má vliv i úhlový rozměr barevných ploch. Ze vzdálenějších míst se zelené a azurové prvky obrazu zdají nasycenější, nachové předměty červenější.

Únava zraku je při pozorování barevného filmu celkově větší. Čím je barva sytější, tím rychleji a silněji unavuje zrak. Nejmenší zrakovou únavu vyvolává zelená barva, nejsilněji unavuje fialové modrá, o něco méně červená. Ke konci delších barevných záběrů se proto nasycení barev snižuje a obraz se šedě zamlžuje. I zde se doporučuje střídání záběrů v doplňkových barvách. Únava je způsobena tím, že oko je nuceno tékat po barevném obrazu, aby se využilo nejvyšší citli-

vosti k barvám u žluté skvrny, kde jsou soustředěny jen čípky. Únava se zvyšuje při nízkém osvětlení promítací plochy.

T A B U L K A VII

Barva předběžně pozorovaná	Barva plochy, na kterou přechází pohled			
	červená	zelená	modrá	bílá
	výsledná barva			
červená	špinavě červená	sytě zelená	azurová	smaragdově zelená
žlutá	nachová	tyrkysově zelená	sytě modrá	fialová
zelená	sytě červená	šedo-zelená	fialová	nachově červená
modrá	oranžová	žluto-zelená	šedo-modrá	naoranžovělá

Únava očí může být dále zaviněna neostrotí barevného obrazu způsobenou i druhem snímku a užitím snímání objektivu. Nepříjemný dojem vyvolaný nezřetelným barevným obrazem se vysvětluje tím, že neostře zachycené pozadí vytváří barevné skvrny a odvrací oko od ostře zachyceného popředí. Divákovo vnímání se rozptýluje: pozoruje ostrý obraz v popředí a zároveň se pokouší rekonstruovat obraz neostře pozadí, vytvořený skvrnami. Divák vnímá neostrot obrazu jako zkreslení odporující naší zkušenosti, neboť pozorovatel získává akomodací ostrý obraz popředí i pozadí.

5. Ošetřování barevných kopií

Barevná kopie na vícevrstevném kinematografickém filmu je při skladování i promítání vydána řadě vlivů, které snižují věrnost barevného podání obrazu. Barevný obraz se mění, odbarvuje jak vlivem světla, tak i při uchovávání v temnu působením fyzikálních a chemických činitelů. Nejchoulostivější je azurové barvivo, které se odbarvuje ve tmě nejvíce a na světle nejméně. Protože doba promítání je proti době skladování velmi krátká, objevuje se u starých kopií ryšavé zabarvení jako následek úbytku azurového barviva a porušení barevného vyrovnání. Za tmy vznikají současně v místech s malou optickou hustotou a v místech závoje produkty žluté a částečně purpurové barvy. Tyto produkty vznikají vlivem oxidace barviv. Také teplota nad 20° C a relativní vlhkost vzduchu nad 70 % má velký vliv na odbarvení barevného obrazu a na vznik nových barev (žlutá a purpurová). Kromě vlivu

světla, vzduchu, teploty a vlhkosti způsobují rozklad barev i zbytky lázní, které v želatině zůstaly po nepostačujícím praní.

Poškozením povrchu filmového pásu dochází také ke změně v barevném podání obrazu. Barevná kopie je na takové poškození mnohem choulostivější než černobílá, protože tloušťka nositelů barevných obrazů je 3x menší.

V průběhu využívání kopie ztrácí citlivá vrstva vodu a stává se křehkou. Tento proces probíhá u barevných kopií příznivěji, protože funkci plastifikátoru zastávají i barviva. Naproti tomu schází bakteriocidní působení kovového stříbra, takže želatina barevných kopií je snáze napadena plísněmi (hlavně *Penicillium* a *Aspergillus*).

Výrobci se snaží sblížit mechanické a fyzikální vlastnosti citlivých vrstev a podkladu. Především hydrofilnost želatiny a hydrofobie podkladu vede k rozdílu v rozměrech a zvýšenému opotřebení kopie.

Preventivní ochrana povrchu barevných kopií se provádí nanesením ochranné vrstvy (čistá želatina, kaseinové látky, hydrovoskové emulze, šelaku, laků z esterů celulózy, přírodní i syntetické pryskyřice), nebo fyzikálně chemickým zpracováním fotografické vrstvy.

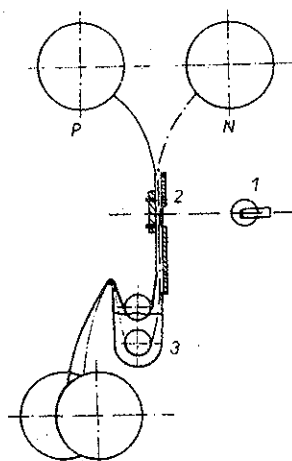
Ochranné vrstvy jsou lehké vyměnitelné. Jsou významné i pro ochranu barevných negativních materiálů, protože se z nich dá zhotovit větší počet kopií. Povrchové utvrzení želatiny se nejlépe dosáhne alkoholickým roztokem formaldehydu. Stupeň i hloubka utvrzení se dá regulovat přísadou chinidel, jejichž vlivem želatina nabobtnává.

Cena barevných kinematografických filmů vede k nutnosti věnovat největší pozornost také čištění a obnově filmových pásů. K tomu slouží stroje, které samočinně provádějí očistu od prachu a oleje, obnovují vlhkost materiálu, provádějí oboustrannou restauraci a preventivní ochranu. Jako rozpouštědlo oleje se pro barevný materiál používá metylénchlorid, tetrachlormetan, benzín. Tato rozpouštědla nepůsobí na podklad, želatinu ani na barviva. K účinné plastifikaci dochází během jedné minuty ve vodném roztoku etylalkoholu, butylalkoholu a benzínu. K nabobtnání želatiny slouží lázeň zředěného roztoku thiomocoviny a soli kyseliny salicylové. V nabobtnalém stavu se fotografická vrstva leští a tak se účinně odstraňují povrchová poškození. Také natavení povrchu želatiny způsobí zalití rýh. Pak následuje nanesení ochranné vrstvy a sušení. Pro odstranění povrchového poškození podkladu metodou povrchového rozpouštění se používá směs acetonu, etylacetátu a butylacetátu. Pro plastifikaci podkladu slouží směs acetonu a etylacetátu a dibutylftalátu.

Obtížnější je oprava barevného podání. Žlutý nebo purpurový závoj se odstraní výběrovým zeslabením na restauračním stroji (rekono) současně s čisticím procesem. Větší před-

nosti má výběrové zesílení oalabeného azurového obrazu, pokud je ve vrstvách zachováno zbytkové stříbro.

Poškození barev při skladování se předejde snížením vlhkosti vzduchu pod 50 %, jeho teploty pod 5 °C a uskladněním ve vzduchoprázdnu nebo v inertním plynu. Filmové materiály se nemají přenášet v místnostech s různou teplotou a vlhkostí.



Obr.59 Imerzní kopírování: 1-kopírovací žárovka, 2-kopírovací oknička, 3-vanička s imerzní kapalinou, N-negativ, P-positiv

Poškozené kopie (děrování, smrštění) se kopírují buď opticky nebo kontaktně imerzním způsobem (obr. 59). Na povrch filmového materiálu se nanáší kapalina s indexem lomu blízkým indexu materiálu. Tím se vytvoří opticky homogenní soustava, v níž povrchové poškození zmizí. Imerzní metoda umožňuje vyrobit velmi kvalitní kopie i z poškozených negativů.

Značně poškozená jednotlivá políčka se promítají po olénku na vhodnou (papírovou) promítací plochu. Retušér opraví vadný obraz, který se pak kamerou snímá.

