

# 01 Teorie barvy a měření tiskových parametrů

Barva je z pohledu lidského vnímání subjektivní pojem, barva z pohledu fyzika je pak elektromagnetické záření. Subjektivní pojem může být různý, lidé stejnou barvu vnímají odlišně podle své konkrétní charakteristiky oka, očních vad, nálady, podle zabarvení okolí nebo zejména podle osvětlení předmětu – subjektivních vlivů, které ovlivní rozhodování člověka o barevnosti, je tedy celá řada. Proto se lidé ve většině případů na barevnosti předmětu či tiskoviny neshodnou. Navíc lidské oko je sice výborný pozorovatel, resp. porovnávací nástroj, dokáže tedy velmi přesně od sebe odlišit dvě barvy, pokud jsou vedle sebe a jsou pozorovány zároveň. Nedokáže je ale kvantifikovat, přiřadit jim nějakou číselnou hodnotu, ale ani si v čase barevnost uchovat, zapamatovat si tuto vzpomínku, kterou by později mozek mohl použít pro vyhodnocení. Jak tedy barvu hodnotit? Musí nastoupit fyzika, matematické popisy barev, které vedou k jasným číselným hodnotám, které lze v čase porovnávat mezi sebou nebo srovnávat s etalony – a to vždy konzistentně, shodně a nezávisle na osobě, která hodnocení provádí.

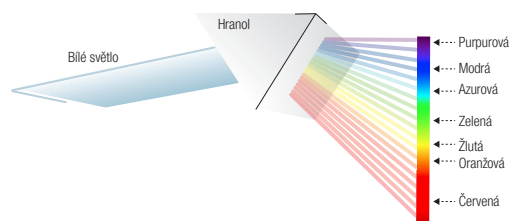
## Elektromagnetické záření

Elektromagnetické záření (zkráceně elmag záření) je jeden ze základních projevů energie v reálném přírodním světě – není to lidský výtvar, existuje bez lidského přičinění, jen se jej člověk snaží využít ke svému prospěchu, zejména některé části jeho spektra. Bez využití elmag záření by nebyla televize, rádio, dálkové přenosy dat, wifi sítě, mikrovlnná trouba, lékařské přístroje typu rentgen či CT (computer tomography), ale také jaderné reakce a jaderné zbraně – to vše produkuje nebo využívá nějaký druh elmag záření.

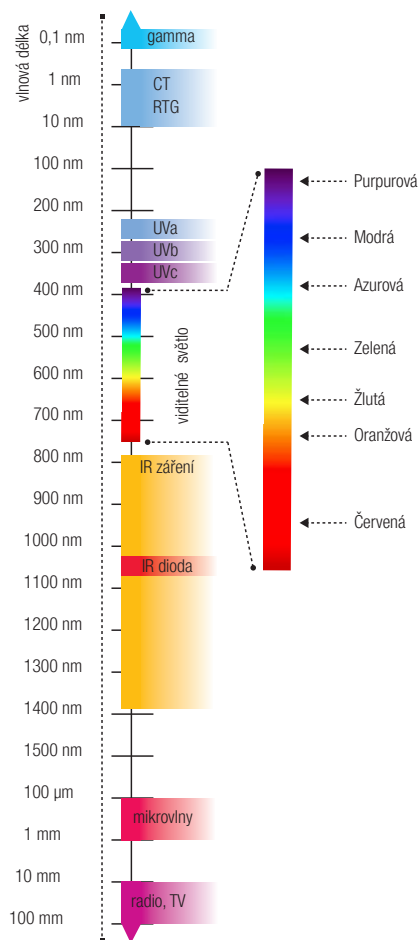
Základní veličinou elektromagnetického záření, která určuje jeho vlastnosti a která jej jednoznačně definuje, je jeho **kmitočet (frekvence vlnění)**, resp. **vlnová délka** – mezi nimi platí pak jednoduchý zákon: čím je vyšší frekvence elmag záření, tím je vlnová délka kratší a elmag záření je „agresivnější“ a zdraví více škodlivé. A naše zkoumaná barva je jen určitý, relativně krátký výsek z celého spektra elmag záření, na který je citlivý náš zrak – dopadající záření excituje čípky a tyčinky v oku, což je pak vedeno jako nervový vzruch do mozku, který tento signál vyhodnotí jako informaci o barvě. Zbylé typy záření, které jsou mimo tento rozsah viditelného spektra, lidské oko nevidí. Určité části spektra elmag záření, navazující na viditelné spektrum, lze vnímat i jinými smysly, např. tepelnými receptory. Avšak drtivá většina elmag záření jde mimo naše smysly – navíc elmag záření s velmi krátkou vlnovou délkou jsou zdraví škodlivá.

Jako viditelné světlo, které vyvolá barevný vjem, je člověk schopen vnímat rozsah elmag záření přibližně **od 380 do 760 nm**. Na dolní části spektra jsou odstíny fialové, které pokračují modrými a azurovými barvami, přes zelené, žluté, oranžové až po červené tóny. V tomto výčtu barev úplně schází barvy jako je „bílá“ a „černá“, které nejsou spektrálně čistými barvami. Jako bílou barvu vnímáme skládané elmag záření, které obsahuje rovnoměrně zastoupené všechny vlnové délky elmag záření – ideálně všechny vlnové délky se stejnou intenzitou. A pokud není přítomno vůbec žádné elmag záření z rozsahu viditelného světla, jde o absolutní černou „barvu“.

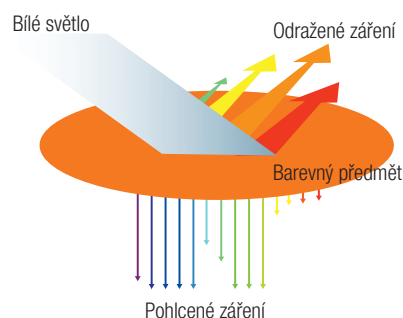
Oblast záření pod 380 nm se nazývá ultrafialové záření (UV záření v rozsahu cca 400 až 200 nm), není viditelné, ale má vliv např. na zhnědnutí kůže po solarizaci. UV světlo se používalo při kopírování analogových ofsetových tiskových desek, dnes pak stále při expozici, vyvolání či stabilizaci flexotiskové matrice. Rozlišují se 3 druhy UV záření:  $UV_a$  (400–320 nm),  $UV_b$  a  $UV_c$  (pod 280 nm), kdy první z nich je to, kterým se flexotiskové desky exponují, zatímco to třetí je to, kterým se desky stabilizují a zbavují se lepivosti ( $UV_c$  je navíc silně desinfekční světlo). UV záření se běžně vyskytuje v denním světle a má vliv na barevné hodnocení tiskoviny.



Lom bílého světla na hranolu, rozklad do barev „duhy“.



Elektromagnetické spektrum s vyznačením oblasti viditelného záření a dalších důležitých oblastí vlnových délek.



Odraz světla od barevného předmětu (odraz vs pohlcení elmag záření)

# 02a Tiskové materiály

Volba a důkladné otestování všech materiálů, potřebných pro ofsetový tiskový proces, je nutnost pro úspěšnou výrobu tiskoviny a každodenního dosahování barevné kvality dle specifikace ISO 12647-2 a dle Fogra referencí. Ke změně tiskových materiálů by pak tiskárna měla přistupovat velmi uvážlivě, neměnit komponenty jen podle nabízené ceny, ale vše si předem důkladně otestovat.

## Tiskové barvy

Na tiskovou barvu a na její vlastnosti je kladena celá řada požadavků. Některé jdou pak vyloženě proti sobě. Podíváme se na ty základní:

1. Tisková barva by měla vykazovat dobrý přenos na tiskový materiál a pevné uchycení v jeho struktuře, musí být po zaschnutí otěruvzdorná a mechanicky stabilní.
2. Tisková barva by měla vykazovat rychlý proces sušení, ale zároveň by neměla zasychat na barevníkových válci, v barevníku, na tiskové desce nebo na ofsetovém potahu. Měla by vykazovat dobrý trapping, tedy dobrou přilnavost barev na sebe při tisku „mokrý mokré“.
3. Tisková barva by měla vykazovat vysokou intenzitu, korektní barevnost a stabilitu barevnosti (dle ISO normy a Fogra referencí) při kolísání dávkování. Zároveň by měla zajistit kvalitní roztěr, tedy homogenní nanášení v tenké vrstvě filmu, přijímat ve správném poměru vlhčící roztok, tedy vytvářet korektní tiskovou emulzi, a vykazoval nejlépe lineární závislost mezi dávkováním (tloušťka filmu barvy) a nárůstem tiskového bodu

## Výroba tiskové barvy

Výrobci tiskových barev **při výrobě používají normu ISO 2846-1**, která určuje, jak má být tisková barva pigmentovaná a v jakém nánosu má dávat správné výsledky. Norma ISO 2846-1 v podstatě říká, že při nánosu barvy ve vrstvičce 0,7 až 1,1  $\mu\text{m}$  má mít barvy určitý odstín CIE Lab s maximální tolerancí  $dE \leq 4$ . Tato norma ovšem neříká, že barva musí splnit tuto definice v celém rozmezí nánosu, ale minimálně v jednom místě. Je logické, že splní-li tisková barva tuto ISO normu v širším rozsahu nánosu, tím je barva lepší a vhodnější pro vlastní tiskový provoz:

Zkoušky tiskové barvy podle této ISO normy se provádějí na speciální papír APCO II, který je bez OBA, aby výsledky nebyly zkresleny množstvím OBA zjasňovačů. Proto jsou zde také jako CIE Lab reference použity odlišné hodnoty než ty, které jsou uvedeny v ISO 12647-2.

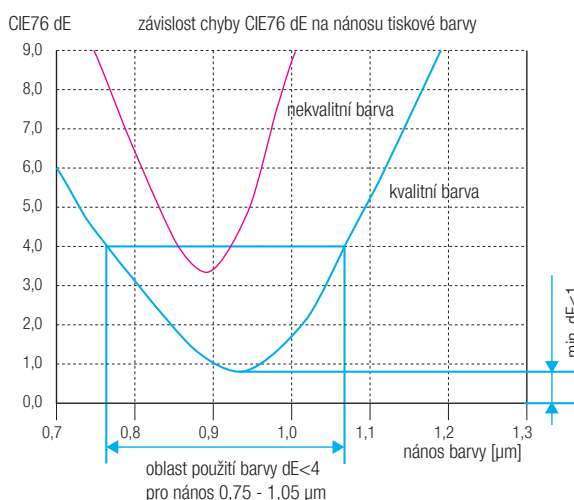
Barva	Nános $\mu\text{m}$	CIE Lab	dE
C	0,7-1,1	57/-39,2/-46	4
M	0,7-1,1	50/76/-3	4
Y	0,7-1,1	91/-5,1/95	4
K	0,7-1,3	18/0,8/0	$L \leq 18$ , $da \pm 1,5$ $db \pm 3$

*Cílové hodnoty pro kontrolu barevnosti tiskové barvy při její výrobě.*

## Praktické zkoušky kvality barvy

Při výběru tiskové barvy je vhodné si ověřit, jak se tisková barva chová při různém dávkování, jaké jsou koordináty CIE Lab a jaká je chyba  $dE$  při různých nánosech. Praktické je měřit nános tiskové barvy jako optickou denzitu a ke každé její hodnotě změřit CIE Lab a vypočítat chybu  $dE$  - výsledkem testu je pak graf závislosti  $dE$  na dávkování tiskové barvy reprezentované optickou denzitou. Čím lepší tisková barva, tím i ve velmi širokém rozsahu dávkování udrží v toleranci k ISO normě, což je velmi důležité zejména z pohledu stability tiskové produkce, kdy se musí počítat s určitými výkyvy. V praktickém testu se ukázalo, že kvalitní tisková barva se v plných plochách bez problémů udrží v toleranci  $dE \leq 5$  v rozmezí denzit  $\pm 0,10$  D.

1. Pro barvu Cyan vyšla optimální denzita 1,45 D, kdy vykazuje minimální  $dE$  cca 3,7. Nejmenší dávka může být 1,30 D při chybě  $dE$  4,5, nejvyšší dávka je pak 1,55 D, kdy  $dE$  činí 4,8. Kolísání denzit při tisku je od  $-0,15$  D až do  $+0,10$  D. Rozsah dávkování, kde se barva udrží v toleranci, je pak celkem 0,25 D.
2. Pro barvu Magenta vyšla optimální denzita na cca 1,50 D, kdy barva vykazuje minimální  $dE$  cca 3,0. Nejmenší dávka může být 1,35 D při  $dE$  4,3, nejvyšší dávka je 1,65 D, kde  $dE$  činí 4,9. Kolísání denzit při tisku je tedy  $-0,15$  D až  $+0,15$  D. Rozsah tisku, kdy se barva udrží v toleranci je pak celkem 0,30 D.
3. Pro barvu Yellow byla optimální hodnota denzity



*Graf popisující hodnocení barvy dle ISO 2846-1. Čím menší  $dE$  a čím širší dno paraboly, tím je barva kvalitnější.*

## 02b Technický stav ofsetového stroje

Mít tiskový stroj připravený na kalibraci a certifikaci dle ISO 12647-2 a Fogra referenci, znamená mít jej po technické stránce v prvotřídním pořádku – ale to by mělo být samozřejmé i při normální výrobě. Popíšeme si několik problémových míst, kde se nejčastěji vyskytují chyby tisku.

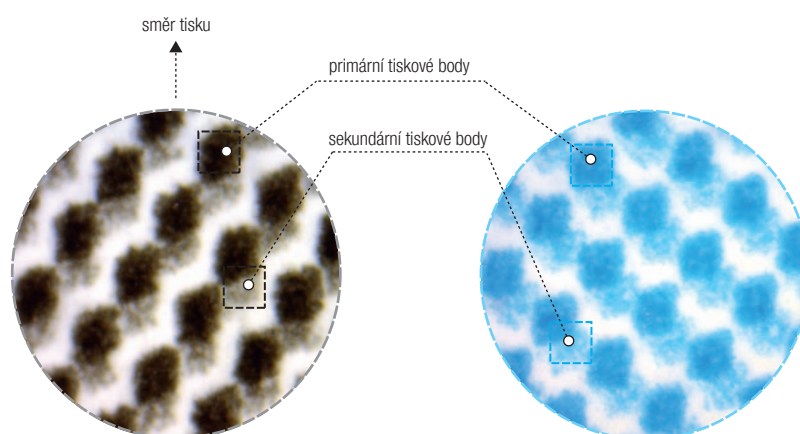
### Mechanické problémy

Za mechanický problém se považuje ten, jehož vznik a chování nejsou závislé na tiskové barvě a systému jejího nanášení. Tyto chyby vznikají pouze mechanickým problémem v enginu tiskového stroje. Jakýkoliv mechanický problém v tiskovém stroji se v tisku projeví zejména zvětšeným nárůstem tiskového bodu oproti „normálnímu“ stavu. Tisk je pak hodnocen jako tmavý, bez tiskového kontrastu, zalitý, ev. s barevným nádechem do odstínu té barvy, na které věži k problému došlo.

### Dublování

Nejčastějším mechanickým problémem je **dublování**, neboli **zdvojení tiskového bodu**. Dublování může nárůst tiskového bodu zvětšit i o více než 10 % nad běžný stav, což je již velmi špatná kvalita tiskové reprodukce.

Dublování vzniká **zpětným přenosem barvy** z ofsetového potahu (gumy) na papír. Zpětný přenos barvy nastává vždy, ale dublováním se stane, až když se barva dostane mimo vlastní pozice tiskových bodů. Na tomto místě se vytvoří „stín“, jakoby sekundární tiskový bod, sice mnohem světlejší než primární tiskový bod, ale s velkým vlivem na měření nárůstu tiskového bodu. Popíšeme si situaci např. při dublování v černé barvě. Na první stolici s černou tiskovou barvou jsou na papír natištěny primární černé body a tiskový arch je předán na druhou stolici, kde se tisknou primární body v barvě Cyan. Dojde zde však k přenosu primárních černých bodů na ofsetový potah tiskové věže Cyan. Po příchodu dalšího tiskového archu se tyto černé body zpětně přenesou jako sekundární tiskové body zpět na tiskový arch. Pokud se dostanou do stejných pozic, ve kterých jsou primární body, nic se nestane. Pokud však předávka nebyla přesná, sekundární body se otisknou mimo pozice primárních tiskových bodů a vzniká jev nazvaný dublování.



*Reálné fotografie dublování v barvách Black a Cyan. Jsou krásně vidět sekundární tiskové body.*

### Detekce dublování

Dublování lze vidět pod lupou či mikroskopem, kde se objeví sekundární tiskové body. Nebo jej lze změřit jako nadnormativní nárůst tiskového bodu. To však nebývá příliš průkazné, proto se konstruuje speciální tiskové prvky, které se skládají z jemných linek. Prvek pro detekci dublování se nazývá SLUR a obsahuje jemné linky ve směru tisku a stejné linky kolmo na směr tisku. Linka a mezera mezi linkami mají stejnou velikost a musí simulovat 50% rastr. Tento prvek se může jako pole dát do tiskové škály, nebo jej rozmnožit a umístit na tiskový arch tak, aby bylo možno tento parametr kontrolovat v jeho různých místech. To je důležité pro technické testy, kdy je nutno od sebe odlišit dublování vzniklé předávkami (projeví se všude v ploše archu) a dublování vzniklé nestejným roztahováním papíru (to se projeví většinou jen na konci archu).

Vyhodnocení přítomnosti dublování se provede změřením denzity obou částí pole SLUR. Na linkách ve směru tisku se dublování z principu nemůže projevit, na linkách kolmo na směr tisku se projeví nejmarkantněji, takže pole „ztmavne“, naměřená denzita je vyšší než ta naměřená na linkách po směru tisku. Pokud je rozdíl větší než 10 % (někdy se uvádí 7 %), jedná se o „dubl“.

Ověřením dublování může být i jednoduchý tiskový test, kdy je v tlaku pouze ta stolice s podezřením na dublování. Další věže netisknou, a tedy na nich nemůže dojít ke zpětnému přenosu tiskového bodu – nárůst tiskového bodu se okamžitě výrazně sníží oproti běžnému stavu tiskové produkce. Z toho také plyne, že na poslední tiskové věži nikdy nemůže dublování vzniknout – schází totiž zpětný přenos tiskové barvy na následující stolici.

### Příčina dublování

Nejčastější příčinou dublování jsou **nepřesné předávky** mezi tiskovými věžemi. Nepřesnosti předávek mezi jakýmkoliv dvěma věžemi mohou být maximálně 10 µm, pak dublování nevzniká, resp. jen v minimální míře. Předávky a jejich přesnost lze takto přesně změřit jen speciální video kamerou na speciálních kontrolních prvcích. To může provádět pouze servis dodavatele tiskového stroje.



# 03a Norma ISO 12647-2:2013

Norma ISO 12647-2 (s názvem „Proces kontroly výroby barevných separací, nátisku a produkčního tisku – část 2: ofsetové procesy“) popisuje, jaké parametry má splnit **výsledný produkt ofsetového tisku**, aby mohl být hodnocen jako standardní, kvalitní a prodejný, barevně blízký certifikovanému digitálnímu nátisku. Norma se zabývá oběma typy ofsetového tisku – **archovým i heatsetovým kotoučovým**.

Jsou definovány základní procesní hodnoty, které se mají v tiskovém procesu měřit, sledovat v čase, porovnávat s etalonovými hodnotami a odchylky vyhodnocovat. Vše je definováno pro osm tříd tiskových substrátů, do kterých by se měly být schopny zařadit všechny typy papírů, reálně používané pro komerční tisk. Kromě vlastního tisku se norma stručně věnuje také kvalitě tiskových dat, tiskové formy či certifikovaného digitálního nátisku. V přílohách (Annex A/B) normy lze nalézt postupy pro definici neutrální šedé soutiskové barvy, nebo pro výpočet nových referencí pro nestandardní tiskové materiály.

První vydání ISO normy bylo publikováno již v roce 1996, ale nedočkal se většího praktického použití. Zato při druhém vydání z roku 2004 začalo její rychlé pronikání do praxe a to i zásluhou certifikovaného digitálního nátisku, který byl v tomto roce mnoha firmami představen na veletrhu Drupa. V návaznosti na toto vydání vznikla pak první reálně použitelná reference Fogra27L (a s ní spojený ICC profil ISOcoated). Ta však měla několik nepřesností, reálným tiskovým procesům ne vždy odpovídala, proto vyšel v roce 2007 pozměňovací doplněk ISO 12647-2:2004/Amd1:2007 (Amendment 1), který realističtěji popsal barevnost ofsetového tisku - a na jejím základě byla generována reference Fogra39L (plus ICC profil ISOcoated\_v2), která se stále ještě při přípravě dokumentů používá (bohužel). Prozatím poslední, a tedy čtvrté, **vydání ISO normy je z roku 2013**. S touto poslední a tedy jedinou platnou verzí normy je spojena reference Fogra51 (a tedy ICC profil PScoated\_v3).

*ISO12647-2 dnes existuje již ve 4. vydání. Historicky asi nejvíce důležitá je verze z roku 2007, která specifikuje referenci Fogra39. A samozřejmě ta poslední z roku 2013, která definuje nové reference Fogra51/52.*

## Příjem a identifikace tiskových dat teoreticky

Tisková ISO norma hovoří o tom, že data mají být do tiskárny dodávána společně s certifikovaným digitálním nátiskem nebo vzorovým OK archem. Doporučujeme první variantu, protože nátisk je „čerstvě“ vyrobený, obsahuje kontrolní škálu a certifikační nálepkou. Je tedy důvěryhodný, lepší než vzorový OK arch (v praxi často jde i o knihařsky dokončený produkt), který v čase stárne, mění své parametry, nemusí obsahovat tiskovou škálu, nemá definované referenční hodnoty.

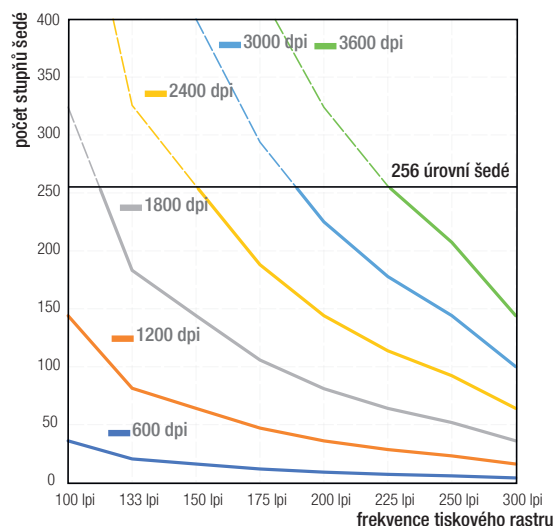
Norma dále říká, že tisková data mají být v barvovém prostoru CMYK (nebo CMY), mají být dodána v některém z formátů PDF/X, který obsahuje identifikaci tiskových podmínek (Output Intent), pro která byla data separována a dále připravována. Identifikace může být provedena povoleným identifikátorem Fogra, např. Fogra51, nebo příslušným ICC profilem.

## Příjem a identifikace tiskových dat prakticky

Malá praktická vsuvka do článku o ISO normě: Jak poznat, o jaký typ tiskových dat, o jakou barevnost jde? Jde o barevnost podle staré reference Fogra39L nebo podle nové Fogra51? Podle čeho se tedy orientovat? Metod určení barevnosti je ale hned několik.

1. Zákazník data připraví ve formátu PDF/X-1a nebo PDF/X-4 a do výstupního záměru reprodukce (Output Intent) zapíše korektní identifikátor Fogra39L nebo Fogra51, čímž je řečeno vše. Příjemce dat se může podle tohoto záměru orientovat a data zpracovat příslušným způsobem. Použitelnost v praxi: 5 % (téměř nikdo nepřipravuje PDF/X data).
2. Zákazník se svými „obecnými“ PDF daty dodává i certifikovaný digitální nátisk. PDF data sice neobsahují výstupní záměr, ale certifikovaný nátisk bezpečně informuje o tom, jaký simulační ICC profil nebo reference byla použita při jeho výrobě. Pak lze téměř s jistotou předpokládat, že stejnou barevnost si klient přeje i na výsledném ofsetovém tisku. Bohužel mnoho klientů certifikované nátisky nedodává. Použitelnost v praxi: 20 % (šetří se, nátisky nikdo nechce platit).
3. A na závěr jedna jediná, plně funkční metoda, jak zjistit, o jakou barevnost se jedná – tou je obchodní komunikace. Tiskárna musí vyvinout systém komunikace, kdy klient je nucen do objednávky zadat pro jakou referenci byla data připravena, a trvat na tom, aby se tímto problémem zabýval ještě před tím, než se začne zakázka zpracovávat. Klient by barevnost měl specifikovat jako referenci Fogra39/Fogra51 nebo jako ICC profily ISOcoated\_v2/PScoated\_v3. A pokud tedy i přes opakované výzvy obchodníka klient toto není schopen určit, pak je nutné jej informovat (či to mít v obchodních podmínkách), že neznámá/neurčená data budou zpracována pro novou barevnost Fogra51. Použitelnost v praxi: 100 % (naráží to ale na nechuť obchodníků komunikovat s klientem).

*Graf, který popisuje závislost 3 veličin: počet stupňů šedé vs. rozlišení CtP vs. tiskový rastr o specifikované frekvenci.*



# 05 Systém Fogra referencí

Reference Fogra se staly základem standardizace ofsetového tisku, jak ve vlastní výrobě tiskoviny, tak zejména v oblasti grafického návrhu a předtiskové přípravy. Dnes jsou tyto reference barevnosti k dispozici pro všechny základní druhy tiskových postupů souvisejících s normou ISO 12647-2. Fogra reference jsou **přesně definované barevné gamuty ofsetových tiskových procesů** (archové/kotoučové), provedené na různých tiskové substráty, ev. s různými tiskovými rastry (AM/FM). Tyto reference jsou jedině přípustné při jednání o zakázce a její barevnosti mezi zákazníkem a zhotovitelem. Pokud se tito domluví na zvolené referenci, např. Fogra51, pak zákazník je povinen tisková data v této barevnosti připravit a zhotovitel je povinen tuto barevnost v procesu výroby dodržet. Fogra reference tvoří souvislou řadu s pořadovým číslem reference. Mezi základní výhody systému Fogra referencí patří:

*Fogra reference: Jsou reálné, jsou kvalitně připravené, jsou zdarma, jsou snadno dostupné, jsou důvěryhodné...  
Je nutno pokračovat? Stačí se je naučit používat.*

1. Fogra reference jsou známé a jsou snadno dostupné (lze je stáhnout z webu jako je [www.fogra.de](http://www.fogra.de), [www.eci.org](http://www.eci.org)).
2. ICC profily, které se z Fogra referencí generují, jsou dnes většinou součástí grafických aplikací, takže není nutno je dohledávat, stačí je nastavit a používat. Pokud někde chybí, jsou volně ke stažení z [www.eci.org](http://www.eci.org).
3. Fogra reference odpovídají požadavkům definovaných normou ISO12647-2 pro daný tiskový proces a materiál. Takže jejich dodržováním získáte „právní“ oporu pro tiskovou výrobu.
4. Fogra reference od verze Fogra39L jsou reálné (lze tedy jejich gamut v tisku dosáhnout, resp. se mu významně přiblížit).
5. Fogra reference a s nimi spojené ICC profily jsou zdarma. Celý vývoj a veškerou práci s nimi hradí Fogra, německý svaz bvdm či mezinárodní sdružení ECI.

## Způsob vzniku referencí Fogra

Jaký je vztah mezi normou ISO 12647-2 a referencemi Fogra? Poměrně přímý a logický. Zatímco norma je sada cílových parametrů, tedy papírový dokument, tak Fogra reference popisují reálný odraz parametrů ISO normy při tisku na kalibrovaném ofsetovém tiskovém stroji. Cílem Fogra referencí je být barevně velmi blízko všech možných kombinací stroj, barva, materiály a měřicí přístroje. Těchto kombinací je v praxi téměř nekonečně mnoho, proto nikdy nemůže každý konkrétní tiskový proces barevně úplně dokonale odpovídat referenci Fogra, ale je garantováno, že vždy bude barevně blízko ní. Fogra reference vznikají následovně:

1. Několik ofsetových tiskových strojů různých výrobců s různými tiskovými materiály bylo kalibrováno na maximální shodu s parametry normy ISO 12647-2. Záměrně to bylo provedeno pro různé stroje, při různých konkrétních materiálech (samožřejmě v rámci jedné třídy např. premium coated) a s různými tiskovými barvami. Cílem nebylo naprosto přesně popsat jeden tiskový proces, ale vytvořit referenci, která bude s dobrou přesností odpovídat „všem“ tiskovým podmínkám.
2. Na takto kalibrovaném ofsetovém stroji, kdy parametry tiskového procesu jsou v toleranci k ISO normě, byl proveden tiskový test, kde na tiskový arch byl umístěn buď terč ECI2002, nebo modernější IT8/7.4. Z nákladu bylo odebráno více tiskových archů, testovací terč byl vícenásobně změřen a měření byla průměrována. Z průměrného měření vznikl textový normalizovaný zápis, kde v běžném otevřeném textovém souboru nalezneme uspořádanou dvojici hodnot CMYK/CIE Lab, které charakterizují barevnost. Údaj o procentním zastoupení CMYK hodnoty je definován složením targetu ECI2002 (obsahuje více než 1485 polí) nebo IT8/7.4 (obsahuje více než 1617 polí). Hodnota CIE Lab pak přesně popisuje barevný odstín, který po tisku z těchto výtahů vznikl.
3. Měření testovacího terče bylo provedeno nejenom na více tiskových arších, ale také více druhy měřicích přístrojů (XRite, Techkon, Minolta atd.). Každý z měřicích přístrojů barvu identifikuje malinko jinak, proto je nutno nalézt průměrnou hodnotu každého pole terče. Reference Fogra musejí vyhovět jak různým podmínkám tisku, tak i měření různými přístroji. Fogra reference se používají nejenom při řízení tiskového stroje, ale také v předtiskové přípravě, kde trž s měřicími přístroji ovládá sonda XRite i1 Pro2. Proto i tato sonda byla použita k měření, i když její přesnost není na tak vysoké úrovni jako např. XRite eXact.



*Generování Fogra referencí: za Fogra referencemi stojí několik kalibrovaných tiskových strojů, několik tisků targetu IT8.7/4, měření různými spektrálními fotometry - vše zprůměrováno, aby reference „pokrývala“ širokou škálu reálných tiskových podmínek.*

## 06 Certifikovaný digitální nátisk

Certifikovaný digitální nátisk má za úkol barevně maximálně přesně reprodukovat zvolenou tiskovou referenci, tuto přesnost ověřit a vyhodnotit. Bez certifikace není digitální nátisk věrohodný.

Jakou barevnost má certifikovaný digitální nátisk simulovat si určuje sama tiskárna nebo grafické studio, toto není předmětem žádné ISO normy. Nejčastěji jde o **dohodnutou referenci Fogra**, ale může jít také o simulaci konkrétního tiskového procesu. Fogra reference se používají tam, kde se pracuje se standardní barevností tisku, tedy zejména v ofsetových tiskárnách (archové i kotoučové). Konkrétní barevnost specifikovanou zákaznickým ICC profilem se používá v případě, že jde o nestandardní, specifickou barevnost. Nejčastěji se to využívá v oblastech potisku plastů či kovů např. pomocí flexotiskové technologie.

Jak danou **barevnost ověřit a kvantifikovat je popsáno normou ISO 12647-7**. První vydání přišlo v roce 2007, druhé pak v roce 2013, poslední publikace je z roku 2016. Tato ISO norma specifikuje postupy pro měření a tolerance, které musí digitální nátisk splnit, aby byl prohlášen za certifikovaný. ISO norma tedy není o výrobě nátisku, ani o tom, co má simulovat, ale pouze o kontrole jeho parametrů.

### ISO 12647-7:2016

Tato ISO norma má v překladu název „Nátiskovací procesy vznikající přímo z digitálních dat“ a specifikuje požadavky na systémy, které se používají k výrobě digitálních nátisků určených k simulaci tisku, který je definovaný sadou charakterizačních dat, např. Fogra. Obsahuje doporučení a popis vhodných zkušebních metod pro kontrolu barevnosti.

Parametr	Tolerance
Odchylka simulace substrátu	$dE_{00} < 3,0$
Průměrná chyba na celé škále	$dE_{00} < 2,5$
Maximální chyba na celé škále	$dE_{00} < 5,0$
Chyba primárních barev CMYK	$dE_{00} < 3,0$
Chyba odstínu primárních barev CMYK	$dH < 2,5$
Průměrná chyba CMY neutrálních šedých	$dC_h < 2,0$
Maximální chyba CMY neutrálních šedých	$dC_h < 3,5$

### Chyba CIE2000 dE

Pro praxi nejdůležitější novinkou této ISO normy oproti starším verzím je změna výpočtu barevné chyby dE. V minulosti se všechny odchylky počítaly jako klasická chyba CIE76 dE, tedy chyba, vycházející z čisté eukleidovské vzdálenosti dvou barev v prostoru CIE Lab. Matematicky jde o Pythagorovu větu v 3D prostoru, která ve všech částech CIE Lab prostoru poskytuje shodné výsledky bez ohledu na konkrétní odstín hodnocené barvy. To však úplně přesně neodpovídá tomu, jak odlišnosti barev hodnotí lidské oko. Klasickým příkladem jsou

*Základní kolorimetrické vyhodnocení: Jde o parametry, které se vyhodnocují pro každý výtisk, ty určují, zda se po barevné stránce jedná o certifikovaný nátisk či nikoliv.*

barevné odstíny v okolí 100 % Yellow. V této části barevného spektra lidské oko není příliš citlivé, nerozliší od sebe ani velké chyby CIE76 dE a hodnotí tyto barvy jako téměř shodné. Naopak v oblastech s neutrální šedou je lidský zrak velmi kritický, vidí sebemenší detaily a rozpozná i velmi drobné odchylky barev reprezentované i malou chybou CIE76 dE.

V novém vydání normy ISO 12647-7:2016 se všechny barevné odchylky počítají jako **chyba CIE2000 dE**, která je vizuálně přesnější, protože v různých částech barevného spektra je citlivá na daný odstín barvy podobně, jako lidské oko. Podle výše uvedeného příkladu, tedy ve žlutých oblastech spektra je CIE2000 dE „tolerantní“, zatímco v oblastech s neutrálními tóny, či v oblastech s modrou barvou je naopak „velmi přísná“ na barevné změny, stejně jako lidské oko. Hodnocení barevné věrnosti podle CIE2000 dE přináší lepší konformitu mezi měřením, tedy číselným hodnocením digitálního nátisku a jeho vizuálním vnímáním lidským zrakem. Nová ISO 12647-7:2016 tedy spolu s chybou CIE2000 dE zpřísňuje tolerance, ve kterých se mají kontrolované parametry pohybovat:

Měření se provádí na škále **Fogra Media Wedge 3**, která obsahuje **celkem 72 polí** a její definice zůstala shodná se starou ISO normou z roku 2013. Na této škále tedy najdeme plné (100 %) a rastrové plochy (20 %/40 %/70 %) primárních CMYK barev a jejich sekundárních soutisků, dále pak na ní nalezneme škálu Black, vedle ní škálu s neutrálními CMY odstíny šedých barev, jedno pole se simulací substrátu (bílý bod) a nakonec celkem 15 polí s důležitými soutisky, např. pleťové barvy, listová zeleň atd.

### Přímé barvy

Dále přijde jedna velmi důležitá novinka pro praktické použití digitálního nátisku, zejména v obalovém průmyslu. Poprvé je definována odchylka simulace primárních barev CIE2000 dE.

**Tip:** ISO norma nespécifikuje cílovou hodnotu CIE Lab přímé barvy, neudává z jakého Pantone vzorníku se má nabrat, či jak se k ní jinak dostat, např. měřením vzorku. Takže tuto hodnotu CIE2000 dE pod 2,5 nelze brát tak, že každá přímá barva musí být reprodukována takto přesně, v mnoha případech to nebude ani možné, protože gamut inkoustové tiskárny nemůže obsáhnout gamut všech přímých, např. Pantone barev. Je vždy nutno provést test, zda konkrétní přímá barva má svůj ekvivalent v gamutu inkoustové tiskárny či nikoliv, a pokud ano, pak teprve aplikovat výše popsaný kontrolní mechanismus.

Parametr	Tolerance
Chyba přímé barvy	$dE_{00} < 2,5$

*Přímá barva: Kvalita simulace přímé barvy je závislá na tom, zda se její pozice CIE Lab nachází v gamutu inkoustové tiskárny či nikoliv.*

# 07 Pantone barvy

Přímé barvy, nejčastěji barvy z Pantone vzorníku, jsou běžnou součástí mnoha tiskoviny, obalový design se bez nich neobejde. Na první pohled by se mohlo zdát, že v této oblasti se nemůže vyskytnout žádný problém, vzorníky jsou známé, přesné a všichni jim věří. Ukážeme si, že tato část tiskové výroby skrývá mnoho záludností, rozporuplných tvrzení nebo dokonce omylů. Budeme analyzovat problém s papírovými vzorníky Pantone, popíšeme technologii a přesnost jejich výroby, proces stárnutí a podíváme se na měření přímých barev, na kalibrace nárůstu tiskového bodu, na jejich správnou definici v grafických aplikacích a vizualizaci na monitoru či na digitálním nátlaku, či na komunikaci o Pantone barvách mezi zadavatelem a zhotovitelem.

## Pantone Matching System

Systém barev Pantone Matching System (PMS) je **systém míchání přímých tiskových barev**. Jde o systém 18 základních pigmentů (colorantů), který umožní připravit konkrétní přímou barvu buď pomocí předdefinovaných poměrů, nebo ji pak zpřesnit konkrétním recepturováním, tedy mícháním a opakovaným měřením vzorku přímé barvy. Z toho vyplývá, že PMS tedy není systémem barev pro grafiky nebo reklamní agentury, aby pomocí něj definovaly přesný odstín přímé barvy – je to však tak chápáno a již desítky let i používáno. To s sebou přináší velká nedorozumění a následně i dohady o správné barevnosti. Pokusíme se upozornit na úskalí systému PMS, nejenom, jak je definován, ale zejména, co od něj (neoprávněně) očekávají uživatelé.

## Pantone papírové vzorníky

Systém PMS je systém míchání přímých tiskových barev, nikoliv standard barevnosti, za který je často mylně vydáván. Papírový vzorník Pantone je **pouze vizualizační pomůckou**, která pomáhá určit, jak dopadne, resp. jak může dopadnout tisk s takto namíchanou Pantone tiskovou barvou na jednom typu substrátu jednou určitou technologií. Už zde jsou první dvě velmi omezující podmínky, aby se bylo možno spolehnout na přesnost barevnosti papírového vzorníku:

1. Substrát (papír), na který budete reprodukovat vámi zvolenou přímou Pantone barvu, musí být shodný s papírem ze vzorníku (druh, lesk, bělost, množství OBA, opacita atd.).
2. Technologie, kterou se bude reprodukovat zvolená přímá barva, musí být shodná s technologií použitou při tisku papírového vzorníku (tomuto tématu bude věnována samostatná část tohoto článku, kde si popíšeme, o jakou technologii tisku se jedná).

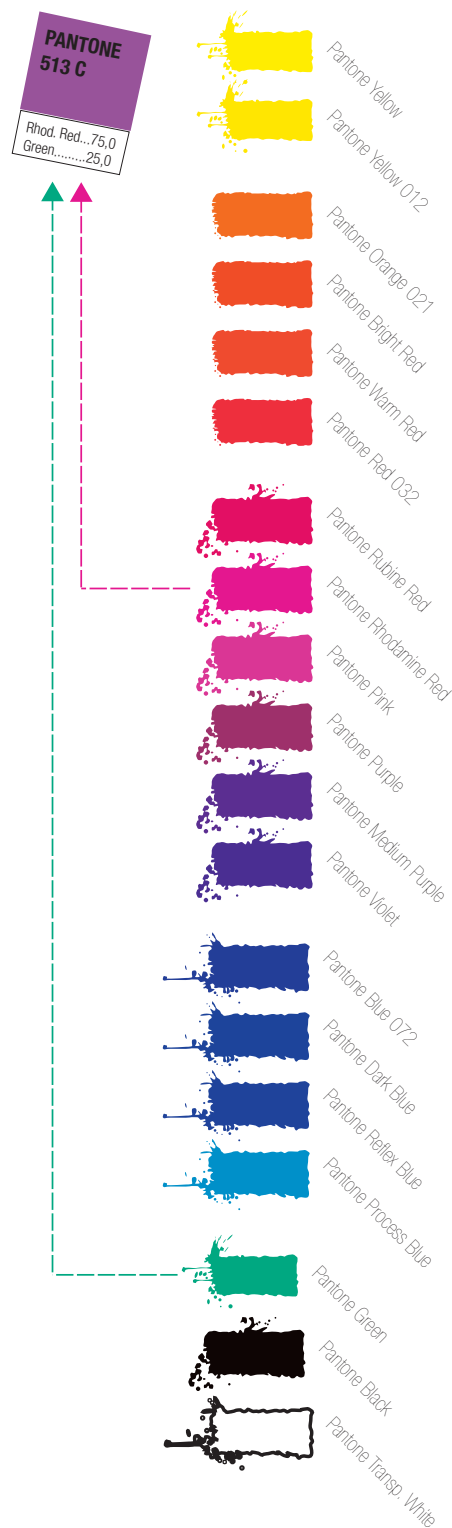
Zjednodušeně řečeno, ani jedna z podmínek není v tiskové praxi bezvýtku splněna, takže je logické, že odstín reálně tištěných Pantone barev se od jejich „master“ vzoru ve vějířovém vzorníku může značně lišit.

Na úvod uvedeme základní popis PMS Formula Guide vějířových vzorníků (Formula Guide se dá přeložit jako „**průvodce recepturováním**“). Dnes existují pouze dva typy vzorníků PMS, označené jako C (coated) a U (uncoated), vizualizující reprodukce přímých Pantone barev na natíraném a nenatíraném papíru. Dnes tyto vzorníky obsahují 2161 barev, které jsou řazeny chromaticky (tedy podle barevného odstínu, nikoliv podle čísel), tedy tak, aby maximálně usnadnily hledání odstínu grafikovi, nikoliv však tiskaři (naštěstí součástí vzorníku je index barev, kde lze stránku s danou barvou vyhledat). Od roku 2008 se jednotlivé edice přímých barev velmi rozšířily:

- V roce 2010 bylo přidáno 224 barev (Pantone 7548 – 7771).
- V roce 2012 bylo přidáno 336 barev (Pantone 2001 – 2336)
- V roce 2014 bylo přidáno 84 barev (Pantone 2337 – 2427)
- V roce 2016 bylo přidáno 112 barev (Pantone 2428–3599)
- V roce 2019 bylo přidáno 294 barev (Pantone 4001 – 4294)

Takže pokud ve vašem vzorníku nějakou z barev nemůžete najít, máte starý vzorník, kde může scházet celkem až 1050 barev.

18 základních Pantone barev (pigmentů)  
+ transparentní bílá



*Pantone Matching System je systém míchání tiskových barev, není to vzorník barev! Každou Pantone barvu lze namíchat pomocí 18 základních Pantone pigmentů plus pomocí transparentní bílé barvy. Vzorník Formula Guide u každé Pantone barvy definuje její procentní skládání. Je to první přiblížení, tento poměr je nutno upravit zejména vzhledem k substrátu, na který se bude tisknout, a k dávkování tiskové barvy.*

## 08 Extended Color Gamut (ECG)

Ofsetový tiskový proces s použitím **procesních barev CMYK má limitovaný barevný gamut**, dokáže reprodukovat jen omezené spektrum barevných odstínů. Pokud porovnáte shodný obraz v RGB na monitoru spolu s jeho tiskovou kopií, uvidíte, kde jsou hlavní nedostatky klasického CMYKu. Jde zejména o oblasti sytých sekundárních barev, tedy modré, zelené a červené, které jsou v RGB módu zářivé a jasné. Tiskový CMYK proces je vytiskne mdlé, tmavě, „špinavě“. Limitovaný barevný gamut pokrývá jen málo barev ze systému Pantone PMS, z čehož vyplývá, že jejich reprodukce soutiskem je problematická. Systémy **rozšířeného barevného gamutu (Extended Color Gamut, ECG)** si kladou za cíl pomoci **dalších, doplňkových, barev gamutu tisku rozšířit**, aby pokryl velkou většinu rozsahu systému Pantone PMS a zlepšil reprodukci barev v oblasti sekundárních RGB tónů. Inspirací může být řada tiskových systémů z oblasti digitálního světa. Příkladem může být systém IndiChrome pro tiskové stroje HP Indigo, který obsahuje více pozic pro tiskové barvy. Klasický CMYK doplňuje Orange, Green a Violet, díky kterým se může reprodukovat až 97 % Pantone barev. Nebo dnes již většina inkoustových LFP tiskových strojů, např. firem Epson či Canon, které kromě CMYK inkoustů, či jejich „odlehčených“ verzí, obsahují inkousty Orange, Violet, Red nebo Green. Tentokrát se záměrem zvětšit gamut pro tisk obrazů v režimu RGB. Historie pokusů, jak toto v ofsetové technologii provést, je poměrně dlouhá.

### 7barvový tisk (ECG)

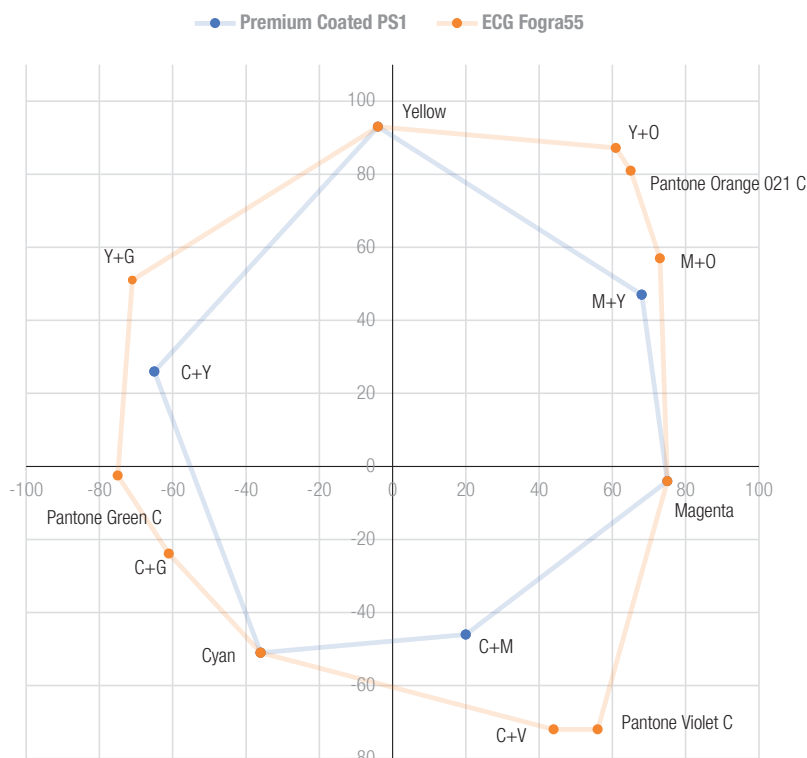
Prvním pokusem o ECG, který byl v ofsetové praxi realizovatelný, byl systém Pantone Hexachrome, jenž byl vyvinut a začal se používat na přelomu 21. století. Vzhledem k tomu, že za ním stála významná firma Pantone, byly do něj vkládány velké naděje. Z pohledu výsledků tisku šlo o plně funkční systém, který alespoň v určitých oblastech barevných odstínů dával předpokládané výsledky, tedy zlepšil podání barev v oblasti červených a zelených odstínů. Šlo o 6barevný systém, kdy ke klasickému CMYKu byly doplněny další dvě barvy Orange a Green (CMYKOG).

Společnost Pantone dokonce vydala vzorníky Hexachrome, kde byly vizualizovány soutisky těchto barev, aby návrháři mohli v tomto systému pracovat. Bohužel byl Hexachrome koncipován jako barevný prostor zejména určený pro vylepšení barevnosti bitmapových obrazů v klasických tiskovinách, což nedávalo ekonomický smysl. Klient nebyl ochoten za zlepšení barevnosti platit zvýšené náklady (náročná separace, šest tiskových desek či šest příprav tiskového stroje). Dnes je systém Pantone Hexachrome mrtev.

Doba však znovu spěje k zavedení modelu 7barevného tisku, ale s jiným určením. Německý institut Fogra od roku 2019 pracuje na popisu **standardního 7barevného ECG gamutu, např. v podobě reference Fogra55**, včetně definice kontrolních škál např. pro certifikaci digitálního nátisku. Cílem těchto pokusů není zlepšit barevnost bitmapových obrazů, ale spíše umožnit **náhradu přímé barvy pomocí soutisku výtažkových barev**. To dává dobrý ekonomický smysl. Tisk se 7 barvami tedy směřuje do obalového průmyslu, kde se tiskne Pantone barvami. Co zákazník, to se použije jiná přímá tisková barva, jedna nebo i více. Přímé barvy se musejí recepturovat, míchat, skladovat a evidovat jejich množství, hospodařit s jejich zbytky. Následně se tiskový stroj musí stále přemývat, barvu vybrat a novou nalít, což je příčinou jejich dalších ztrát. ECG barvové systémy si tedy kladou za cíl tyto činnosti eliminovat. V tiskovém stroji bude stále stejná sada tiskových barev, kterou půjde reprodukovat většina Pantone barev. Ideální stav nastává v případě možnosti 7barevného tisku, kdy se vytvoří kompletní ECG (extended color gamut) pomocí barev Orange, Green nebo Violet. Pokud je však k dispozici jen 5 nebo 6 tiskových jednotek, určitá část spektra zůstane nedosažitelná.

**Praktická informace:** Fogra pro testy ECG gamutu používá barvy Pantone Orange 021 C, Pantone Green C a Pantone Violet C. Tento systém ECG pokrývá gamut o rozsahu přes 84 % gamutu Pantone barev, které je schopen reprodukovat s chybou  $dE_{00}$  pod hodnotou 2. Fogrou byly testovány i 7barevné tisky s pomocí barev Orange, Green a Blue, nebo pomocí barev Red, Green a Blue. Ty však měly

Gamut ofsetového tisku v CIE L\*a\*b\* prostoru



Porovnání gamutů: Modrý rozsah je klasický CMYK tisk standardu Fogra51, oranžový rozsah je gamut 7barevného tisku z připravované reference Fogra55.



# 09 Vizuální kontrola tisku a podmínky náhledování

Norma ISO 3664 z roku 2009 popisuje **podmínky pro vizuální kontrolu** tiskových materiálů, tedy odrazových nebo průhledných kopií či předloh. Součástí jsou i přesné definice korektního zdroje světla. Význam této ISO normy pro ofsetovou praxi je značný, neboť je stále větší tlak na kvalitu a přesnost reprodukce barev. Definice světelných podmínek dává stabilní předpoklad pro rozhodování o barevné kvalitě.

Vlastní ISO norma je poměrně rozsáhlá, popisuje podmínky vizuálního pozorování jak odrazových, tak i průhledových předloh a to pro tři typická použití:

1. Podmínky pro **kritické** srovnání.
2. Podmínky pro **praktické** hodnocení tisků.
3. Podmínky pro hodnocení obrazů zobrazených na barevných monitorech.

## 1. Podmínky pro kritické srovnání P1

Takzvané kritické srovnání probíhá vždy mezi **dvěma (nebo více) kopiemi stejného obrazu**, např. vzorky z tiskového nákladu versus předloha ve formě digitálního nátisku. Pro kritické srovnávání se používá vysoká úroveň jasu osvětlení, která umožní detailnější a přesnější hodnocení sobě odpovídajících barev. Tato definice však není příliš vhodná pro běžné vnímání barev při „normální“ úrovni osvětlení, např. při denním světle nebo v místnosti.

Pro tento typ pozorování se zavádí zkratka P1 (adekvátně existuje i definice T1, která popisuje kritické srovnání průhledových předloh).

intenzita osvětlení (jas)	2000 lx ( $\pm$ 500 lx)
teplotu chromatičnosti světla včetně tolerance (Luv)	D50 ( $\pm$ 0,005 v každé ose u,v)
hodnotu Color Rendering Index (CRI)	> 90
hodnotu indexu metamerie (MI)	< 1,0 (lépe < 0,5)
hodnotu indexu UV metamerie (UVMI)	< 1,5 (lépe < 1,0)
uniformitu osvětlení pracovní plochy	> 75%
odrazivost pracovní plochy	20 % - 60 %

*Podmínky P1 (kritické srovnávání):*

*Jde o typické podmínky panující u ovládacího pultu tiskového stroje, kde se přímo srovnává tiskový arch se vzorovou předlohou, nejčastěji s digitálním nátiskem. Velký pozor na světelnou kontaminaci pracovní plochy okolním osvětlením (běžné žárovky nebo zářivky), jejichž světlo se sčítá s korektním osvětlením D50.*

Tento typ pozorování používá světelný zdroj s vysokou intenzitou osvětlení, náhradní teplotou chromatičnosti D50 (tolerance  $\pm$ 0,005 v každé ose u,v). Color Rendering Index (index podání barev) popisuje, jak pravdivé, či korektní, je podání hodnocených barev při použitím zdroji světla. Pokud je CRI = 0, pak barvy není možno rozpoznat. Při CRI = 100 jde o ideální stav. Index vizuálního metamerismu určuje, jak je hodnocená barva daným světlem ovlivněna, zejména čárovou spektrální charakteristikou zdroje. Index UV metamerismu hovoří o změnách barvy jako o reakci na dopadající UV záření. Okolí musí být neutrálního tónu s matným povrchem, pracovní plocha by měla mít středně šedou neutrální barvu a odrazivost okolo 20 %. Rovnoměrnost osvětlení pracovní plochy musí být do 75 % (srovnává se jas osvětlení ve 4 rozích a na 4 hranách se středem pracovní plochy). Podložka by měla přesahovat pozorovaný tiskový materiál minimálně o 1/3 rozměru a měla by být černá nebo bílá podle zvolených podmínek pro měření a referenčních hodnot.

**Praktická informace:** Pozorování P1 je typickým **u tiskových strojů**, kde se porovnává nátisk s tiskem či OK arch s tiskovou produkcí. Také barva podložky (černá) a okolních předmětů (šedá) je většinou v souladu s požadavky této normy.

## Uniformita osvětlení v praxi

Uvedeme praktický případ, který nalezneme v desítkách tiskáren, který ilustruje důležitost parametru uniformity osvětlení u ovládacího pultu tiskového stroje. Většina pultů má zdroje světla umístěny nad hlavou tiskaře ve vodorovné poloze. Všechny pulty mají polohovací pracovní plochu, kam tiskař pokládá tiskové archy. Většinou jsou tyto pracovní plochy zvednuty nahoru pod úhlem 20 ° až 30 °. To znamená, že světlo vyslané z vodorovně umístěných trubíc, má blíže k hornímu okraji tiskového archu než k dolnímu, který je v základní poloze.

