

## **Vlastnosti a preventívna ochrana farebných dokumentov**

### **Druhá časť: Atramentová tlač a jej archívna stálosť**

**Michaela Hýllová - Katarína Kianicová - Vladimír Bukovský**

#### **Abstrakt**

Príspevok stručne oboznamuje s tlačovými technikami, pričom svoju pozornosť sústreďuje na atramentovú (inkjetovú) tlač. Postupne analyzuje jednotlivé zložky atramentu používaného v takýchto typoch tlačiarní, pričom uvádza ich vlastnosti a kvalitatívnu úlohu. Tieto poznatky umožňujú vytvoriť obraz o inkjetových výtlačkoch, ich výhodách a nevýhodách a spôsoboch uchovania tak, aby udržali čo najdlhšie svoju kvalitatívnu aj kvantitatívnu zložku.

#### **Úvod**

Tlač v dnešnej dobe zohráva pre človeka veľmi dôležitú úlohu. Pomocou nej je možné reprodukovať texty, obrázky či fotografie na papier, látku, ale aj iný vhodný materiál. Minulosť nám prináša množstvo pokusov, ktorých cieľom bolo priniesť ľudstvu vynález tlače. Medzi tie najznámejšie môžeme zaradiť vynález kníhtlače Johannesom Gutenbergom, ktorý v polovici 15. storočia prišiel s myšlienkou zostaviť tlač. Tlač predstavuje v dnešnej dobe médium sprostredkujúce rôzne druhy obsahov. Tento vynález v priebehu rokov zaznamenal svoj značný vývoj a v súčasnosti sa stretávame s tromi druhmi tlače. Medzi ne patrí ihličková, atramentová (inkjetová) a laserová. Našu pozornosť sústredíme predovšetkým na analýzu inkjetovej tlače.

#### **Zloženie inkjetového atramentu**

Podľa Waltenburgovej (2011) existuje množstvo vzorcov, ktoré sú určené na miešanie inkjetového atramentu. Medzi jeho základné prvky zaraďujeme vodu, farbivá, zvlhčovače, rozpúšťadlá, surfaktanty, stužovače, živice, biocídy, fungicídy a vyrovnávače. Samotná voda, farbivá, rozpúšťadlá a zvlhčovače sú základom každého inkjetového atramentu, bez ohľadu na jeho kvalitu. Gregory (2006) demonštruje percentuálne zostavenie jednotlivých zložiek skúmaných atramentov. Ide predovšetkým o vodu, ktorá má 70-80% zastúpenie, 3-6% je tvorených farbivom, zvlhčovače sú obsiahnuté v 5-10% a látky, ktoré prenikajú do substrátu (penetranty) 2-10%. Waltenburgová (2011) ďalej pokračuje, že kvalita a množstvo každého prvku určuje úroveň akosti a výkonnosti atramentu. Voda, ktorá predstavuje najväčší podiel obsahujúcej zmesi riedi farbivá a ostatné chemikálie, aby mohol byť atrament následne nanášaný v širokých a tenkých vrstvách na potlačované médium. Rozhodujúcim faktorom pri vytváraní kvalitnej zmesi je čistota vody. Čím je voda čistejšia, tým pri tlači vznikajú menšie problémy a zväčšuje sa výkon tlačiarne. Farbivá, ktorých percentuálne zastúpenie je nižšie môžu mať rôznu kvalitu a štýl. Špecifické kombinácie farbív a pigmentov určujú úroveň všetkých chemikálií, potrebných pre výrobu inkjetových atramentov. Farbivá s nižšou kvalitou sťažujú proces vytvárania kvalitného atramentu. Využívaním rozpúšťadla a zvlhčovačov predchádzame vysychaniu zmesi založenej na vodnej báze. Na to, aby sme mohli kontrolovať alebo predísť týmto nepriaznivým zmenám, pridávajú sa do zmesi zvlhčovače ako napr. glykol. Ostatné prípravky a chemikálie bývajú zmiešavané s tromi základnými komponentmi atramentu do finálneho produktu a následne nanášané na vhodný

materiál. Biocídy a fungicídy sú vyrovnávacie prímеси, ktoré pomáhajú udržať atrament bez baktérií a húb, čím je možné obmedziť negatívny vplyv na rovnováhu pH, ktorá je dôležitá pre dlhotrvajúce uchovávanie farieb. Surfaktanty kontrolujú konzistenciu atramentu a umožňujú mu plynulo pretekať cez cartridge. Príliš málo surfaktantov spôsobuje z gumovatenie atramentu, a ich veľké množstvo spôsobuje nadmerné uvoľnenie konzistencie, čo má za následok vytečenie atramentu. Pridávanie živice pozitívne vplyva na vyššiu trvácnosť výtlačkov.

Na stálosť atramentových výtlačkov vplyva predovšetkým *použitá podložka, atramenty a farbonosné zložky*. Podložku môže tvoriť tzv. natieraný papier opatrený prijímacou vrstvou. Dôležitú úlohu pri papierových podložkách zohrávajú samotné vlastnosti papierovej hmoty (prítomnosť lignínu, aditíva). Tieto faktory môžu zapríčiniť poklesnutie pH papierovej hmoty do kyslého pásma, čím sa naštartuje degradačný proces (kyslá hydrolýza). Následne dochádza k strate mechanickej odolnosti a tak dochádza k zvyšovaniu krehkosti a lámavosti papiera. Archívne papiere sú pred týmito následkami chránené. Na druhej strane lignín nachádzajúci sa v dreve sa následkom chemickej výroby buničín eliminuje, čím dochádza k výraznému znižovaniu výťažkov. Jeho znížený obsah v papieri zabezpečuje stabilitu papiera, ktorý je vystavovaný na svetle. V opačnom prípade papier žltne. Polochemická a mechanická výroba buničiny túto zložku zachováva. Optické zjasňujúce prostriedky (optical brightening agents OBA) zastupujú aditíva používané s cieľom dosiahnuť vyššiu bledosť. Výsledkom ich využitia je potlačenie žltého nádychu. Nevýhodou je ich rozklad, ktorý opätovne spôsobuje žltnutie výtlačkov. Okrem papierových podložiek sa v atramentovej tlači využívajú tzv. fotopapiere. Najčastejšou podložkou tohto druhu je RC papier (resincoated- potiahnutý živicom), ktorý je obojstranne laminovaný polyetylénom. Tento typ papiera je považovaný za archívne stály, ale naďalej je umelcami označovaný ako nedôveryhodný (využívaný je pre tvorbu pozitívneho fotografického materiálu). Základným prvkom atramentového výtlačku je tzv. prijímacia vrstva, ktorú môžeme rozdeliť do niekoľkých typov. Ide o konvenčné (cast-coated) prijímacie vrstvy, ktorých zloženie pozostáva z minerálneho a organického spojiva (majú matný až pololesklý povrch, archívne sú stále, degradujú pod vplyvom vysokej vlhkosti). Ďalším typom sú bobtnajúce prijímacie vrstvy (swellable polymer) určené pre tlač fotografií, mikroporézne prijímacie vrstvy sa vyznačujú veľkým množstvom pórov, ktoré spôsobujú rýchly prienik atramentu do potlačovaného média, čím sa urýchli jeho fixácia. Medzi hlavné výhody tejto vrstvy patrí okamžité schnutie a jej povrch sa nelepí. Nevýhodou je mierna zmena farby výtlačku, ktorá je spôsobená dlhodobým odparovaním rozpúšťadla z pórov, čo spôsobuje problémy i pri ich archívnej stálosti (Dzik – Veselý – Stančík, 2009).

*Atramenty a farbonosné zložky* definujeme ako nízko viskóznou homogénnu alebo mikroheterogénnu kvapalinu. Táto kvapalina je zložená z farbonosnej zložky, rozpúšťadla a pomocných látok. Výsledkom farbonosného média je zobrazenie, ktoré je opticky vnímateľné. Rozpúšťadlo nachádzajúce sa v atramentoch určuje dve hlavné a najpoužívanejšie skupiny: vodouriediteľné atramenty (water-based inks) a riedidlové atramenty (solvent inks). Medzi menej používané patria glykolové, sublimačné, voskové a UV – tvrditeľné, ktoré sú zaraďované do skupiny špeciálnych atramentov (Dzik – Veselý, 2003).

*Vodouriediteľné atramenty* sú najpoužívanejšie. Ich základnou zložkou je voda, ktorá je vhodná pre aniónové farbivá. Fixácia atramentov sa uskutočňuje absorbovaním alebo vyparovaním. Nevýhodou je pomalé schnutie výtlačkov. Podľa farbonosnej zložky tieto atramenty delíme do troch tried. Prvou triedou sú farbivové atramenty (dye-based), ktoré obsahujú zložku rozpustnú výlučne vo vode. Tieto atramenty prenikajú hlboko do prijímacích vrstiev a sú charakteristické čistotou a brilantnosťou farieb. Atramentové sady založené na tomto princípe majú veľký farebný gamut. Ich nevýhodou je obmedzená svetlostosť a časom dochádza ku strate farieb. Problematickou je aj ich vodeodolnosť, blednutie pod vplyvom vlhkosti, tmy a plynov (Lavery, 2002). Druhou triedou sú pigmentové atramenty (pigment based), ktoré tvoria nerozpustné pigmenty schopné preniknúť do nosičov s poréznym alebo mikroporéznym povrchom. Na rozdiel od farbivových atramentov farebná sýtosť je nižšia a farebný gamut menší. Výraznou výhodou je ich využitie pri archivácii výtlačkov. Sú odolné voči plynom a majú vysokú svetlostosť. Majú dobrú kondíciu najmä pri vplyve rozmanitých klimatických podmienok (kolísajúca teplota, vlhkosť). Poslednou skupinou sú pigmentované atramenty (pigmented), ktoré sú kombináciou pigmentových a farbivových atramentov. Čierne pigmentové atramenty sa používajú najčastejšie, optická hustota farbiva je vysoká a pigment zvyšuje imunitu výtlačku voči blednutiu (Matz, 2000).

Výhodou *riedidlových atramentov* je, že majú vysokú priľnavosť na každý povrch. Vytlačené materiály majú rýchlu schopnosť schnutia, čo zabezpečuje prehavosť tohto druhu atramentu. Sú ekonomicky výhodné a atraktívne, ale na druhej strane vplývajú negatívne na ľudské zdravie a sú ekologicky škodlivé (Korvink – Smith – Shin, 2012). Špeciálne atramenty môžu byť glykolové, voskové, sublimačné a UV – tvrditeľné (Romano, 2008). Glykolové farbivá sú vodouriediteľné, obsahujú farbivo a glykol, ktorý je ekologický nezávadným rozpúšťadlom, ktoré sa vyznačuje rýchlym odparovaním (rýchle schnutie). Voskové atramenty v priebehu vzniku tlače menia svoju podobu. Atrament v stave rozpustenej kvapaliny dopadá na médium, kde dochádza k okamžitému stvrdnutiu. Je odolný voči oteru a hlbokému presiaknutiu. Vyznačuje sa vysokou kvalitou a využitím pri rôznych typoch potlačovaných materiálov. Sublimačné atramenty sa využívajú najmä na potlač textílií. UV – tvrditeľné atramenty sa vyznačujú mechanickou a chemickou odolnosťou voči oteru a vode. Spojivá týchto atramentov sú často tvorené živicom, ktorej správne vytvrdenie zabezpečuje vysoký lesk výtlačku. Medzi jeho výhody patrí ekologická nezávadnosť a rýchle schnutie. Za zápory je považovaná ich cena a negatívny dopad UV-žiarenia na ľudské zdravie (napr. kožné ochorenia) (Romano, 2008).

### **Inkjetová tlač (tlačiareň)**

Ide o periférne počítačové zariadenie, ktoré produkuje kópie papierov sprejovaním atramentu na papier. Tlačová hlavička tohto mechanizmu má niekoľko malých trysiek, ktoré sprejujú na pohybujúci sa papier pod tlačovou hlavicou atrament a tak vytvárajú text a obrazy. V takejto tlačiarne zvyčajne býva jeden cartridge s čiernym atramentom a jeden takzvaný farebný cartridge obsahujúci atrament základných farieb CMY (azúrová, purpurová, žltá). Niektoré tlačiarne využívajú jednotlivé cartridge s farbami samostatne, niektoré jeden cartridge so všetkými farbami CMYK (Rouse, 2010). Podľa Veselého, Dzika a Stančíka (2007) inkjet predstavuje digitálny tlačový proces, ktorého atrament je priamo prenášaný na podklad pomocou elektronicky riadenej tlačovej hlavy. Vystrekované atramentové kvapky popadajúce

na potlačované médium zasychajú priamo na podklade. Inkjetové technológie rozdeľujeme do dvoch typov, na continual stream inkjet (CS) a drop on demand inkjet (DOD). Technológia inkjetovej tlače continual stream (CS) funguje na princípe vytvárania malého prúdu atramentových kvapiek, ktoré nedopadajú na papier v plnom počte, ale papier zachytáva len ich časť. Následne na ne pôsobí elektrostatické pole vytvárané pomocou nabitej elektródy a tak získajú elektrický náboj. Rozlíšenie takto vytvoreného výtlačku závisí najmä od frekvencie kvapiek, od povrchu a rýchlosti posúvania podkladu a tiež od vzdialenosti inkjetovej hlavice. Inkjetové technológie ponúkajú rozlíšenie 300 až 600 dpi a tak produkujú niekoľko stupňov sivej, pri vysokej frekvencii dokážu však vytvoriť až 30 druhov sivej farby. Niektoré systémy vytvárajú rozlíšenie až do 1200 dpi. Drop on demand (DOD) technológia pracuje na princípe dopadu všetkých vyprodukovaných kvapiek na papier. Tieto systémy tlačia pri rozlíšení, ktoré preyšuje aj 1440 dpi. Základnou výhodou tejto techniky je možnosť využívať ju pri potlačí ťažko spracovateľných materiálov, medzi ne patria napr. plasty (Kipphan, 2001).

### **Výhody a nevýhody inkjetových tlačiarní**

Medzi najväčšie výhody inkjetových tlačiarní patrí ich cena, ktorá je v porovnaní s inými druhmi tlačiarní nízka. Tlačiarne ponúkajú tlač lesklých a matných fotografií s kvalitou porovnateľnou s profesionálnymi producentmi. Takýto typ tlačiarní je ľahký, nezaberú veľa miesta a väčšina modelov má jednoduchú manipuláciu (Rouse, 2010). Nevýhodou inkjetovej tlačiarnie je doba, ktorú potrebuje výtlačok na vyschnutie. Adekvátny čas na vysušenie je zvlášť dôležitý, ak kópia obsahuje veľké plochy čiernej alebo inej farby. Inkjetové tlačiarnie si vyžadujú špeciálny papier (bez pórov). V kancelárskom papieri obsahujúcom bavlnu alebo iné vlákna, môže atrament vytiecť pozdĺž vlákien. Papier navrhnutý špeciálne pre inkjetové tlačiarnie je ťažší ako papier používaný laserovými tlačiarnami a fotokopírkami, má vyšší lesk, je bledší a drahší. Ďalším nedostatkom je fakt, že väčšina inkjetových tlačiarní sú pomalé a nie sú navrhnuté pre veľké tlačiarenské práce. Zatiaľ, čo počiatočná investícia pre inkjetovú tlačiareň je skromná, tento typ tlačiarnie je drahší pri prevádzke ako napr. laserová tlačiareň (Rouse, 2010). Hunkin (2010) vo svojom pokuse zameranom na stálosť výtlačkov uvádza, že existuje veľké množstvo značiek inkjetových tlačiarní, ktoré vytvoria takmer perfektný výtlačok, každá má však svoje výhody a nevýhody. Medzi najznámejšie patria napr. Canon, Epson, HP, Lexmark. Tlačiarne Epson produkujú výtlačky odolné voči vyblednutiu farieb, na druhej strane výtlačky tlačiarní HP a Canon sú málo stabilné, reagujú so vzduchom, čím dochádza k strate farieb. Rizikom pri práci s tlačiarnami Epson je ich zasekávanie a zasychanie atramentov v cartridge po týždňoch nepoužívania. Tlačiarne HP sú odolné voči upchatiu a pracujú aj keď nie je tlačiareň použitá mesiac alebo dva.

### **Atramentová tlač a jej archívna stálosť**

Pre zhotovovanie fotografií sa v súčasnej dobe vo veľkej miere využíva aj spomínaná atramentová tlač. Tento spôsob tlače je možné aplikovať tak v amatérskej ako aj profesionálnej oblasti. Jej využívanie nahrádza klasické mokré halogenidovostrieborné procesy. Atramentová tlač dosiahla za pomerne krátku dobu výrazný rozvoj a tak prosperuje po kvalitatívnej i kvantitatívnej stránke. Preto sa do popredia dostáva úplne nová, dôležitá požiadavka a to archívna stálosť týchto druhov výtlačkov. Proces posudzovania atramentových výtlačkov z oblasti stálosti je ovplyvňovaný rôznymi faktormi. Medzi ne

zaradujeme hlavne osobitné zložky tlačovej technológie (farbivá, pigmenty, nosiče, prijímacie vrstvy) a vplyv vonkajšieho prostredia (teplo, svetlo, vlhkosť, atmosféra) (Dzik, P. – Veselý, M. – Stančík, J., 2009). Najvýznamnejším vplyvom vonkajšieho prostredia na degradáciu atramentových výtlačkov je svetlo, ktoré po absorbovaní do zložiek atramentových výtlačkov (farbivá, pigmenty) spôsobuje spektrálnu zmenu zloženia odrážaného svetla, následkom čoho vznikajú komplexné farebné zmeny vyvolané rôznymi časťami procesov (chemické reakcie) ide napr. o blednutie výtlačkov (zníženie sýtosti farieb, zvyšovanie jasnosti – príčina – rozklad farbonosných častí), žltnutie podložky alebo jej degradáciu. Na rýchlosť týchto degradačných procesov vplyva intenzita a spektrálne zloženie vplyvajúceho svetla. Škodlivejšie účinky oproti VIS (viditeľné svetlo) má UV žiarenie, ktoré je energeticky bohatšie (Wihelm, 2002). Archívy, ktoré ukladajú materiály v podmienkach „dark storage“ (tma a sucho) pozorujú u týchto výtlačkov rozdiely v sýtosti, v zmene farebných podložiek a vyvážení farieb. Zmeny sú spôsobené prirodzeným rozkladom chemických látok, avšak jeho rýchlosť je ovplyvnená najmä teplotou prostredia. Ak dlhodobo pôsobí na výtlačok vlhkosť vyššia ako 70%, prijímacia vrstva absorbuje vodné pary, čo spôsobuje pohyblivosť molekúl farbív. Následne na výtlačku dochádza k znižovaniu ostrosti čiar. Výhody v tejto oblasti majú pigmentové atramenty, ktoré sú odolnejšie a ich častice menej pohyblivé. Ovzdušie môže predstavovať výrazný vplyv na uchovávanie archívnych materiálov. V prípade RC papierov nemá tento faktor taký výrazný účinok ako u klasických papierov, kde dochádza k degradácii a okysličovaniu. Prijímacie vrstvy cast-coated a swellable polymer, ktoré sa vyznačujú nízkou až žiadnou porozitou sú voči vzduchu veľmi odolné. Výrazná zmena vzniká u mikroporéznych vrstiev, ktoré blednú na svetle i v tme (Dzik, P. – Veselý, M. – Stančík, J., 2009).

## **Záver**

Podľa Dzika, Veselého a Stančíka (2009) postupný vývoj tlačových médií, tlačiarní, či softwaru zreteľne vplyva na zvýšenie kvality inkjetového výtlačku. Ich vysokú kvalitu je možné dosiahnuť už relatívne lacnými tlačiarnami, či rôznymi prijímacími médiami (od kancelárskeho papiera až po fotopapier). Problémy archívnej stálosti je možné odstrániť používaním pigmentových atramentov, ktoré majú dobrú svetlostálosť, alebo laminovaním vytlačených obrazov. Keďže výtlačky sú vystavované negatívnym vplyvom, je potrebné zabezpečiť ich povrchovú úpravu. Vrstva laku alebo laminovacej fólie chráni potlačené médium pred teplom, svetlom či vlhkosťou. Tento spôsob je vhodný aj pri rizikách mechanického poškodenia ako napr. poškrabanie či oter. Samotné laminátovanie a lakovanie výtlačkov patria k ich zvyčajným záverečným úpravám.

## Použitá literatura

DZIK, P. – VESELÝ, M. – STANČÍK, J. 2009. Inkoustový tisk fotografií a problémy s jejich archivní stálostí. In Sborník referátů z XIV. Seminář restaurátorů a historiků Brno 2009. [CD-ROM]. Praha : Pobočka České informační společnosti Národního archivu, 2012, s. 219-229.

DZIK, P. – VESELÝ, M. 2003. Inkoustový tisk – současný stav, možnosti a trendy. In Sborník přednášek VII. Polygrafického semináře. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-793-8, p. 80-88.

GREGORY, P. 2006. Digital photography. In *Optics & Laser Technology*. 2006, vol. 38, p. 306-314.

HUNKIN, T. 2010. Inkjet print longevity [online]. 2010 [cit. 2013-02-14]. Dostupné na internetu: <[http://www.timhunkin.com/a115\\_inkjet%20print%20longevity%20tests .htm](http://www.timhunkin.com/a115_inkjet%20print%20longevity%20tests.htm)>

JUNGE, K. – HÜBNER, G. 1987. Fotografická chemie. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1987, 311 s.

KIPPHAN, H. 2001. Handbook of Print Media. In *Technologies and Production Methods*. Nemecko : Springer, 2001. ISBN 3-540-67326-1, p. 711-730.

KORVINK, J. G. – SMITH, P. J. – SHIN, D. Y. 2012. Inkjet - based Micromanufacturing. Nemecko : Betz-druck, 2012. 450 s. ISBN 978-3-527-31904-6.

LAVERY, A. 2002. The environmental stability of digital photopapers. In *The Imaging Science Journal*. 2002, vol. 50, p. 100-106.

MATZ, D. J. 2000. Lightfast Ink Jet Images. In *International Conference on Digital Printing Technologies*. 2000. ISBN 0-89208-230-5, p. 100-106.

ROMANO, F. J. 2008. INKJET! History, Technology, Markets and Applications. Vol. 1. Printing Industries Press and Digital Printing Council. Pittsburgh, 2008. p. 85-127. ISBN 978-0-883662-623-8.

ROUSE, M. 2010. Inkjet printer [online]. 2010 [cit. 2013-04-10]. Dostupné na internetu: <<http://whatis.techtarget.com/definition/inkjet-printer>>

STANČÍK, J. – VESELÝ, M. – DZIK, P. 2009. Hodnocení světlostálosti laminovaných a lakovaných injektových výtisků. In Sborník referátů z XIV. Seminář restaurátorů a historiků Brno 2009. [CD-ROM]. Praha : Pobočka České informační společnosti Národního archivu, 2012, s. 219-229.

VESELÝ, M. – DZIK, P. – STANČÍK, J. 2007. UV Absorbers in Layers Designed for Inkjet Printing. In Sborník přednášek VIII. Polygrafického semináře (Seminar in Graphic Arts). Pardubice : Univerzita Pardubice, 2007. ISBN 978-80-7194-991-6, p. 138-142.

WALTENBURG, D. 2011. Formula for Making Inkjet Ink [online]. 2011 [cit. 2013-04-05]. Dostupné na internete: < [http://www.ehow.com/about\\_4707862\\_formula-making-inkjet-ink.html](http://www.ehow.com/about_4707862_formula-making-inkjet-ink.html)>

WILHELM, H. 2002. How long will they last? An overview of the light-fading stability of ink-jet and traditional color photographs. In DZIK, P. - VESELÝ, M. - STANČÍK, J. 2009. Inkoustový tisk fotografií a problémy s jejich archivní stálostí. Sborník referatů z XIV. Seminář restaurátorů a historiků Brno 2009. [CD-ROM] Praha : Pobočka České informační společnosti Národního archivu, 2012, s. 219-229.

Tento článok vznikol s podporou projektu „Pamäť Slovenska- Národné centrum excelentnosti výskumu, ochrany a sprístupňovania kultúrneho a vedeckého dedičstva“ (ITMS:26220120061) v rámci OP Výskum a vývoj spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

