

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Katedra polygrafie a fotofyziky

Elektrofotografický tisk – prokazování dotisku v úředních dokumentech

Veronika Beňová

Bakalářská práce

2023

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Veronika Beňová**
Osobní číslo: **C19387**
Studijní program: **B0531A130014 Polygrafie**
Téma práce: **Elektrofotografický tisk – prokazování dotisku v úředních dokumentech**
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

1. Prostudujte odbornou literaturu a zpracujte stručnou rešerši týkající se daného tématu.
2. Navrhnete metodu prokázání případného dotisku informací do podepsaných úředních dokumentů. Otestujte navrženou metodu pomocí výtisků z různých tiskáren.
3. Výsledky přehledně zpracujte.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Vališ, Ph.D.**
Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání bakalářské práce: **26. února 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. června 2023**

L.S.

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Tomáš Syrový, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 13. února 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Elektrofotografický tisk – prokazování dotisku v úředních dokumentech jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24. 6. 2023

Veronika Beňová v. r

Rada by som poďakovala vedúcemu práce pánovi Ing. Jánovi Vališovi, Ph.D. za trpezlivosť, pomoc a cenné rady, ktoré som dostala pri spracovaní bakalárskej práce.

Bakalářská práce vznikla za podpory projektu Modernizace praktické výuky a zkvalitnění praktických dovedností v technicky zaměřených studijních programech, reg. číslo CZ.02.2.67/0.0/0.0/16_016/0002458 operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



ANOTÁCIA

Cieľom bakalárskej práce je určiť vhodnú metódu pre skúmanie spochybnených dokumentov. V teoretickej časti je popísaná technológia elektrofotografickej tlače. Taktiež sú vysvetlené pojmy spojené so skúmaným dokumentom, ako homogénne a heterogénne kríženie sa čiar podpisu a atramentu. V experimentálnej časti je popísaná použitá metóda pre skúmanie spochybnených dokumentov a ich následne pozorovanie.

KLÚČOVÁ SLOVÁ

Elektrofotografia, optická mikroskopia, forenzné skúmanie, postupnosť krížiacich sa čiar

TITLE

Electrophotographic printing - proving reprinting in official documents

ANNOTATION

The aim of the bachelor thesis is to determine the appropriate method for examining contested documents. The theoretical part describes the technology of electrophotographic printing. Concepts related to the examined documents, such as homogeneous and heterogeneous crossing of signature and ink lines, are also explained. In the experimental section, the method used for examining the challenged documents and their subsequent observation is described.

KEYWORDS

Electrophotography, optical microscopy, forensic examination, sequence of intersecting lines

Obsah

ZOZNAM OBRÁZKOV	10
ZOZNAM TABULIEK.....	12
ZOZNAM SKRATIEK.....	13
ÚVOD.....	14
1 TEORETICKÁ ČASŤ	15
1.1 Elektrofotografia	15
1.2 Technológia elektrofotografickej tlače.....	16
1.2.1 Nabitie tlačovej formy.....	17
1.2.2 Vytvorenie latentného obrazu	17
1.2.3 Vyvolanie latentného obrazu.....	18
1.2.4 Prenos obrazu	19
1.2.5 Fixácia toneru na potlačovaný materiál	19
1.3 Forenzné skúmanie spochybných dokumentov	20
1.3.1 Druhy kríženia čiar.....	20
1.3.2 Metódy skúmania atramentu	22
2 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	24
2.1 Experimentálne prístroje	24
2.2 Príprava vzoriek	26
2.3 Vyhodnotenie	27
2.4 Skúmanie pretínajúcich sa čiar tonera s atramentom	28
2.4.1 Canon i-SENSYS MF4890dw	28
2.4.2 Xerox Phaser 3052	31
2.4.3 Triumph Adler 2508ci.....	34
2.4.4 Konica Minolta AccurioPress C3070.....	39
2.5 Skúmanie častíc tonera pretínajúcich sa s atramentom	43
2.5.1 Častice tonera z tlačiarne Canon i-SENSYS MF4890dw	43
2.5.2 Častice tonera z tlačiarne Xerox Phaser 3052	45
2.5.3 Častice tonera z tlačiarne Triumph Adler 2508ci.....	48
2.5.4 Častice tonera z tlačiarne Konica Minolta AccurioPress C3070	49
2.6 Zhodnotenie kritérií.....	51
2.6.1 Hodnotenie tonerových bodov	51

2.6.2	Hodnotenie tonerových častíc	54
ZÁVER		57
POUŽITÁ LITERATÚRA		58
ZOZNAM PRÍLOH		60

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1	Schéma rozdelenia digitálnej tlače.....	15
Obrázok 2	Základná elektrofotografická jednotka	16
Obrázok 3	Znázornenie nosiča a toneru	18
Obrázok 4	Mechanizmy prenosu tonera na substrát pomocou koronového výboja (a) a prenosového valca (b)	19
Obrázok 5	Príklad mechanizmu zapekacej jednotky	20
Obrázok 6	Príklad homogénneho kríženia čiar z tlačiarne a guľôčkového pera	21
Obrázok 7	Príklad heterogénneho kríženia čiar (spodná vrstva – tlačiareň, vrchná vrstva – guľôčkové pero)	21
Obrázok 8	Výsledok slepého testu dokazujúci presnosť mikro-ATR FTIR.....	23
Obrázok 9	Výsledok testu podpisov pomocou mikro-ATR FTIR.....	23
Obrázok 10	Panel nastavenia objektívov a obrazu	25
Obrázok 11	Snímanie Z-sekvencie	26
Obrázok 12	Skúmané vzorky z tlačiarne Canon i-SENESYS MF4890dw (vľavo je vzorka vytlačená a následne popísaná, vpravo sa jedná o opačnú vzorku)	27
Obrázok 13	Tlačový bod vyhotovený tlačiarňou Canon i-SENSYS MF4890dw	28
Obrázok 14	Vzorky z tlačiarne Canon s použitým perom BIC Cristal Soft.....	29
Obrázok 15	Vzorky z tlačiarne Canon s použitým čiernym perom.....	30
Obrázok 16	Vzorky z tlačiarne Canon s použitým perom Schneider Tops 505 F.....	31
Obrázok 17	Tlačový bod vyhotovený tlačiarňou Xerox Phaser 3052	31
Obrázok 18	Vzorky z tlačiarne Xerox s použitým perom BIC Cristal Soft	32
Obrázok 19	Vzorky z tlačiarne Xerox s použitým čiernym perom	33
Obrázok 20	Vzorky z tlačiarne Xerox s použitým perom Schneider Tops 505 F	34
Obrázok 21	Tlačový bod vyhotovený tlačiarňou Triumph Adler 2508ci.....	35
Obrázok 22	Vzorky z tlačiarne TA s použitým perom BIC Cristal Soft.....	35
Obrázok 23	Žlté body z tlačiarne TA s použitým perom BIC Cristal Soft	36
Obrázok 24	Vzorky z tlačiarne TA s použitým čiernym perom.....	37
Obrázok 25	Žlté body z tlačiarne TA s použitým čiernym perom	37
Obrázok 26	Vzorky z tlačiarne TA s použitým perom Schneider Tops 505 F.....	38
Obrázok 27	Žlté body z tlačiarne TA s použitým perom Schneider Tops 505	39
Obrázok 28	Tlačový bod vyhotovený tlačiarňou Konica Minolta AccurioPress C3070	39

Obrázok 29	Vzorok z tlačiarne Konica Minolta s použitým perom BIC Cristal Soft.....	40
Obrázok 30	Žlté body z tlačiarne Konica Minolta s použitým perom BIC Cristal Soft.....	41
Obrázok 31	Vzorok z tlačiarne Konica Minolta s použitým čiernym perom	41
Obrázok 32	Žlté body z tlačiarne Konica Minolta s použitým čiernym perom	42
Obrázok 33	Vzorok z tlačiarne Konica Minolta s použitým perom Schneider Tops 505 F	42
Obrázok 34	Žlté body z tlačiarne Konica Minolta s použitým perom Schneider Tops 505 F	43
Obrázok 35	Častice tonera z tlačiarne Canon za použitia pera BIG Cristal Soft	44
Obrázok 36	Častice tonera z tlačiarne Canon za použitia čierneho pera.....	45
Obrázok 37	Častice tonera z tlačiarne Canon za použitia pera Schneider Tops 505 F	45
Obrázok 38	Častice tonera z tlačiarne Xerox za použitia pera BIC Cristal Soft.....	46
Obrázok 39	Častice tonera z tlačiarne Xerox za použitia čierneho pera	47
Obrázok 40	Častice tonera z tlačiarne Xerox za použitia pera Schneider Tops 505 F.....	47
Obrázok 41	Častice tonera z tlačiarne TA za použitia pera BIC Cristal Soft.....	48
Obrázok 42	Častice tonera z tlačiarne TA za použitia čierneho pera.....	49
Obrázok 43	Častice tonera z tlačiarne TA za použitia pera SCHNEIDERTOPS 505 F	49
Obrázok 44	Častice tonera z tlačiarne Konica za použitia pera BIC Cristal Soft	50
Obrázok 45	Častice tonera z tlačiarne Konica za použitia čierneho pera.....	50
Obrázok 46	Častice tonera z tlačiarne Konica za použitia pera Schneider Tops 505 F	51

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1	Vybrané parametre použitých tlačiarní	24
Tabuľka 2	Vyhodnotenie kritérií vzoriek vyhotovené pretlačou.....	52
Tabuľka 3	Vyhodnotenie kritérií vzoriek vyhotovené ako klasický dokument	53
Tabuľka 4	Vyhodnotenie kritérií vzoriek s tonerovými časticami vyhotovené dotlačou.....	54
Tabuľka 5	Vyhodnotenie kritérií vzoriek tonerových častíc vyhotovený ako klasický dokument.....	55

ZOZNAM SKRATIEK

dpi	dots per inch bod na palec
FTIR	Fourier transform infrared spectroscopy Infračervená spektrometria s Fourierovou transformáciou
GC	Gas Chromatography Plynová chromatografia
HPTLC	High-performance thin-layer chromatography Tenkovrstvá chromatografia
LDI	Laser Desorption Ionization laserová desorpčná ionizácia
LED	Light Emitting Diode Luminiscenčná dióda
MIC	Machine Identification Code Identifikačný kód prístroja
µm	mikrometer
OPC	Organic Photoconductor organická Fotovodivá štruktúra
UV	ultrafialové žiarenie

ÚVOD

Elektrofotografická tlač patrí v dnešnej dobe medzi najrozšírenejšie metódy tlače v bežných podmienkach. Táto technika tlače sa využíva okrem iného aj na dokumenty s úradným významom, rôzne zmluvy, a iné, právne záväzné dokumenty.

Neraz však nastávajú situácie, kedy do dokumentov s cieľom pozmeniť ich význam alebo inak zvýhodniť stranu páchatel'a sú napr. po jeho podpise vpísané alebo dotlačené informácie, o ktorých poškodená strana v čase podpisu nemá vedomie. Okrem trestnoprávneho aspektu takýchto činov je potrebné venovať pozornosť aj metodikám dokazovania takto vykonanej dotlače.

Cieľom tejto práce je teda overiť, či je možné optickou mikroskopiou relevantne preukázať, že došlo k dotlači dokumentu, pričom dôraz práce leží na dokázaní tejto skutočnosti na základe pretínajúcich sa heterogénnych čiar, čo znamená, že sa bude skúmať vzájomné správanie toneru a atramentu guľôčkových pier slúžiacich napr. na podpis dokumentu v mieste ich kríženia.

Teoretická časť práce vymedzí základné teoretické princípy fungovania elektrofotografickej tlače a zároveň sa bude venovať aj metodikám forenzného skúmania takýchto dokumentov.

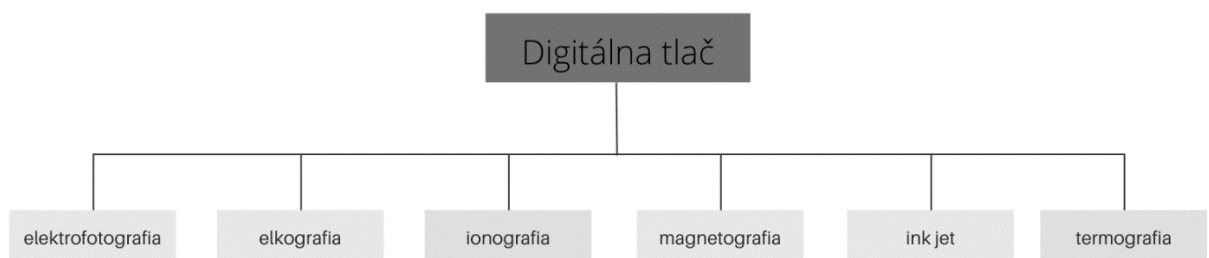
Experimentálna časť tejto práce sa bude predovšetkým sústreďovať na vyhodnotenie jednotlivých vzniknutých vzoriek s dôrazom na tlačové body, ich všeobecným vlastnostiam podľa toho, ako vzorky vznikli a z akej pochádzajú tlačiarne. Rovnako budú skúmané aj tonerové častice z jednotlivých tlačiarňí a ich význam v preukazovaní dotlače do spochybnených dokumentov.

1 Teoretická časť

Prvá kapitola tejto práce sa venuje teoretickým východiskám potrebným k jej vypracovaniu, ako napr. princípy elektrofotografie alebo forenznému skúmaniu spochybnených dokumentov.

1.1 Elektrofotografia

Obecné techniky, ako sú napr.: flexotlač, sieťotlač, ofset, hĺbkotlač alebo kníhtlač majú spoločné to, že k prenosu obrazu na materiál je potrebná tlačová forma. To však neplatí pre digitálnu tlač, u ktorej sa obraz prenáša priamo z digitálnych dát. Aj napriek vývoju v priebehu 20. storočia sa táto tlačová technika dostala na komerčný trh až v 90. rokoch [1].



Obrázok 1 Schéma rozdelenia digitálnej tlače [2]

Digitálna tlač má rozličné možnosti využitia svojej technológie. Rozlišuje sa napr. podľa systému, či využíva tlač s atramentom alebo tonerom. V závislosti na výbere technológie je možné využiť tekuté alebo práškové tonery, príp. rôzne typy atramentových kaziet. Vhodnou voľbou technológie a tonerov umožňuje digitálna tlač potlačiť širokú škálu materiálov, od savých až po nesavé. Obrázok 1 znázorňuje technológie, ktoré spadajú pod digitálnu tlač. Každá z nich sa líši v princípe tvorby obrazu či použitia tlačových farieb. Medzi najznámejšie a najpoužívanejšie digitálne techniky patrí tzv. ink jet a elektrofotografia [2].

Elektrofotografia, alebo tiež aj laserová elektrofotografia či laserová tlač, je technika, ktorá využíva farby na báze toneru [2]. Ako už napovedá názov, k vytvoreniu obrazu na fotovodivom bubne sa využíva laserová technológia. Laser je v dnešnej dobe do značnej miery nahradený svetelnými diódami (LED) [3].

Elektrofotografia využíva suché práškové tonery, ktoré sú zväčša dvojzložkové. Tie sú tvorené z dvoch základných častí, a to nosič (carrier) a samotný toner [1]. Medzi ďalšie technológie digitálnej tlače, ktoré využívajú práškový toner, patria napríklad iónografia alebo magnetografia [2].

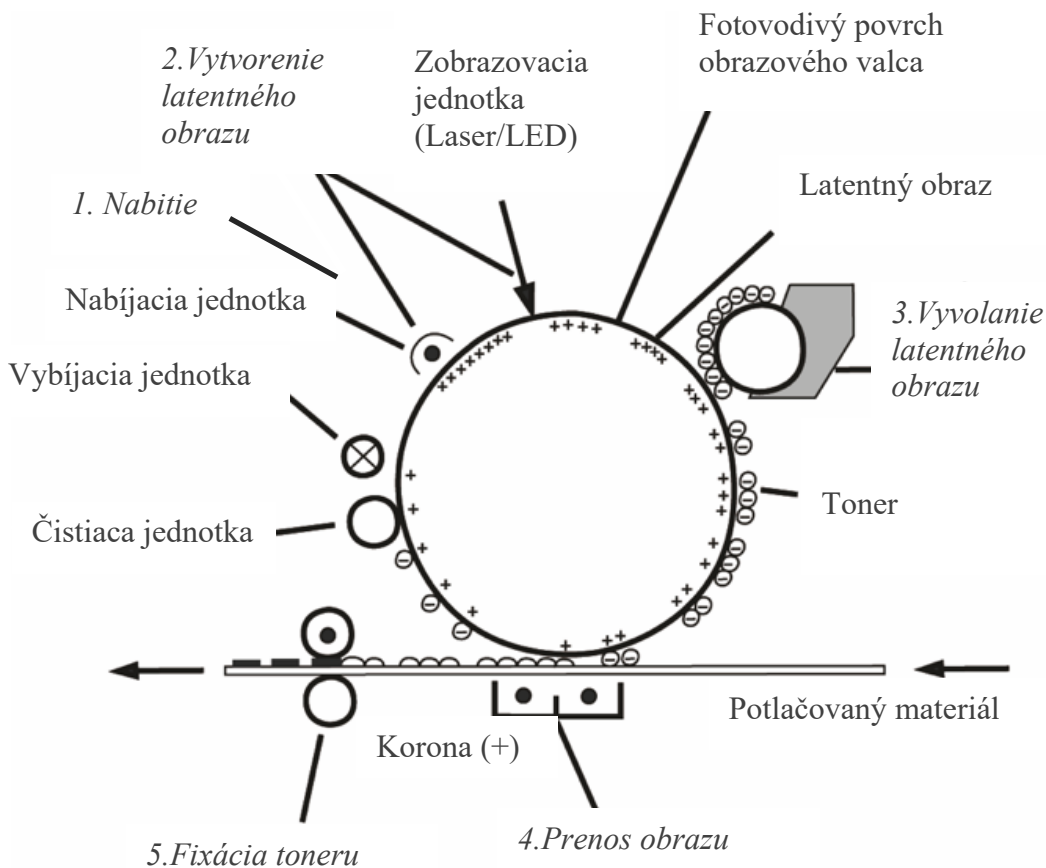
História elektrofotografie siaha až do druhej polovice 20. storočia. Jej technológiu si nechal v roku 1938 patentovať Charles Carlson. Hlavnou úlohou bolo nahradiť drahé a pomalé fotografické kopírovanie. Prvá funkčná tlačiareň bola v 50. rokoch uvedená firmou Xerox. S nástupom prvých počítačov ku koncu 70. rokov 20. storočia bolo potrebné zmeniť analógový postup vytvorenia obrazu na digitálny [1].

V roku 1993 uviedla spoločnosť Xerox na trh prvý plnofarebný digitálny tlačový stroj s valcovým podávačom. Jednalo sa o prvú elektrofotografickú tlačiareň, ktorá tlačila plnofarebne na obe strany papiera v jednom priechode [3].

1.2 Technológia elektrofotografickej tlače

Elektrofotografický tlačový cyklus je možné rozdeliť do piatich základných krokov [1]:

1. nabitie tlačovej formy,
2. vytvorenie latentného obrazu,
3. vyvolanie latentného obrazu,
4. prenos obrazu,
5. a fixácia toneru na potlačovaný materiál.



Obrázok 2 Základná elektrofotografická jednotka (upravené z [5])

Elektrofotografická jednotka, ktorá je znázornená na obrázku 2, je zložená z niekoľkých častí. Základom je obrazový valec, ktorého povrch je tvorený z fotovodivého materiálu. Okolo valca sú umiestnené nabíjacie, vybíjacie a zobrazovacie jednotky. Nabíjacia jednotka nabíja fotovodivý povrch obrazového valca kladným alebo záporným nábojom. Osvitom zo zobrazovacej jednotky, dochádza k vybitiu určitých miest, čo má za následok vytvorenie tzv. latentného obrazu, ktorý je následne vyvolaný pomocou elektricky nabitého toneru, vo vyvolávacej jednotke.

Toner z vyvolaných miest sa preniesie na potlačovaný materiál a vďaka zapekacej jednotke sa pri vysokej teplote zafixuje. Aby sa mohol obrazový valec využívať aj naďalej, je potrebné pomocou mazacej jednotky odstrániť latentný obraz z obrazového valca. Následne vybíjacia jednotka odstráni zostatkový náboj pre ďalšiu tvorbu obrazu [1].

1.2.1 Nabitie tlačovej formy

Základom elektrografického procesu je, aby obrazový valec mal správne množstvo náboja. Ten sa na ňom tvorí vďaka koronovému výboju, ku ktorému dochádza v nabíjacej jednotke. Tá je tvorená elektródou (spravidla to býva tenké wolfrámové vlákno), na ktorú sa privádza určité napätie, kde pri prekročení jeho kritickej hodnoty, dôjde ku požadovanému koronovému výboju [1]. Ide o elektrický proces, ktorý využíva ionizovaný vzduch na nabitie povrchu valca, potrebné pre následné priľnutie tonera k obrazovému valcu [4].

Podľa fotovodivosti materiálu sa zvolí požadovaná nabíjacia jednotka. Môže byť buď pozitívna, čo znamená, že fotovodivý materiál je nabitý kladne, alebo sa pre opačný proces používa negatívna jednotka. Na základe požiadaviek na výslednú tlač je možné využiť viacero typov nabíjacích jednotiek, napr. pri zariadeniach s vysokou rýchlosťou tlače sa využívajú nabíjacie jednotky s viacerými elektródami v sérii (coroton), ktoré zvyšujú rovnomernosť náboja [1].

1.2.2 Vytvorenie latentného obrazu

Dôležitou súčasťou elektrografickej tlače je vytvorenie tzv. latentného obrazu. Latentný obraz vzniká správnym osvitom obrazového valca. Ako bolo spomenuté v predošlom pododdieli, obrazový valec je zložený z fotovodivého materiálu, ktorým je zvyčajne zliatina selénu. Bez osvetlenia funguje fotovodivý povrch ako izolant, takže sa na ňom pôsobením koronového výboja vytvorí súvislá vrstva náboja. Fotovodivá vrstva je nanosená na vodivý valec (často napríklad z hliníka). Pri osvite sa povrch valca stáva vodivým a náboj je odstránený z povrchu – dochádza k vybitiu osvietených miest [1].

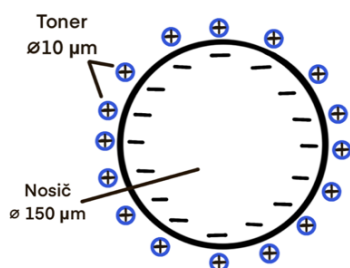
Najbežnejšou zliatinou je triselenid arzénu (As_2Se_3), ktorý vďaka vysokej mechanickej stabilite umožňuje jednoduchšie nanášanie a odstraňovanie tonera. Okrem zliatin selénu sa používajú aj viacvrstvé organické fotovodivé štruktúry (OPC), ktoré sú citlivé na široký rozsah vlnových dĺžok, a preto sú vhodnejšie pre rôzne typy zdrojov žiarenia, od viditeľnej, až po infračervenú oblasť. Ich hlavnou nevýhodou je horšia mechanická odolnosť ako v prípade zliatiny selénu [1].

Expozícia obrazu sa uskutočňuje prostredníctvom žiarenia cez zobrazovaciu jednotku, ktorá prijíma digitálne tlačové podklady [1]. Zobrazenie sa môže vykonávať laserom alebo svetelnou diódou (LED) [5]. LED diódy sú v zobrazovacej jednotke usporiadané tak, že každá dióda zodpovedá jednému tlačovému bodu. Tým sa zabráni deformácii bodu, ktorá vzniká pri laseri jeho chvením. LED diódy umožňujú súčasné spracovanie väčšieho objemu dát, čo urýchľuje tlač. Keďže u diód je možnosť regulovať intenzitu ich žiarenia, je možné meniť veľkosť elementárneho bodu [1].

1.2.3 Vyvolanie latentného obrazu

K vyvolaniu obrazu dochádza vďaka toneru. Toner sa nanáša vo vyvolávacej jednotke, ktorá zviditeľňuje latentný obraz pomocou jemných, elektrostaticky nabitých častíc. Používa sa niekoľko typov tonerov, napríklad práškové či tekuté, ktoré sa líšia svojím zložením [5]. Ako už bolo spomenuté vyššie, toner pozostáva zo základnej dvojzložkovej zmesi, ktorá je tvorená nosičom a samotným tonerom [1].

Nosič je guľovitá či nepravidelná častica, buď z ocele alebo železa. Jej priemer sa pohybuje medzi 100 až 300 μm . Nosič je pokrytý tenkou plastovou vrstvou, ktorou je možné regulovať jeho vodivosť, a tým ovplyvniť nabíjanie tonera. Premiešaním tonera s nosičom, vzniká triboelektrický náboj [1]. Veľkosť náboja sa líši v závislosti od použitého vyvolávacieho zariadenia a zmesi [1]. Samotný proces prebieha vo vyvolávacej jednotke.

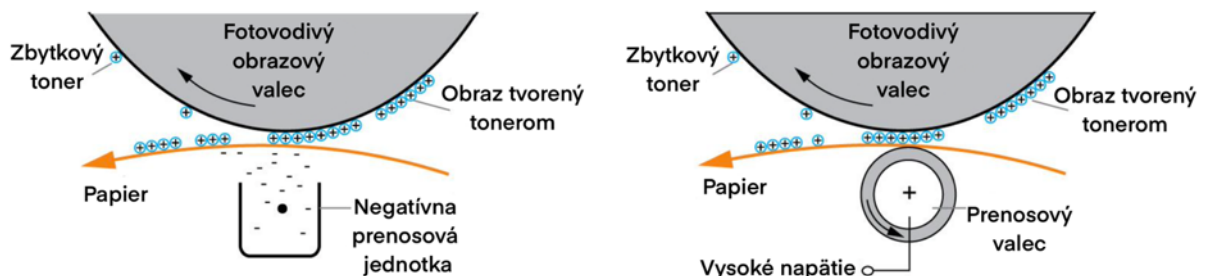


Obrázok 3 Znárodnenie nosiča a toneru (upravené z [1])

1.2.4 Prenos obrazu

Prenos tonera sa môže uskutočňovať dvomi spôsobmi, ako je znázornené na obr. 4. U prvého dochádza k tzv. bezkontaktnému prenosu. Mechanizmus je zložený z prenosovej jednotky, v ktorej sa nachádza koronová výbojka. Vďaka nej je substrát z jednej strany nabitý opačným nábojom než toner, ktorý je tak priťahovaný na potlačovaný materiál. Nevýhoda tohto mechanizmu je v tom, že dokáže preniesť iba slabú vrstvu tonera [1].

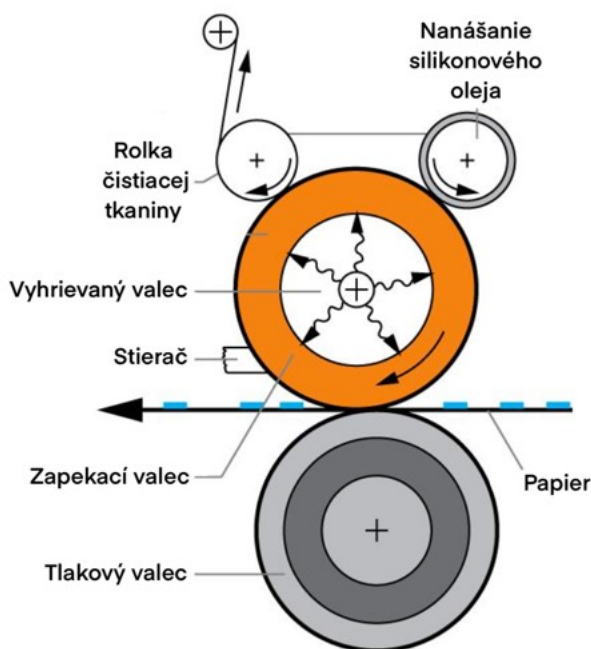
Druhý spôsob využíva k prenosu tonera na substrát priamy kontakt. Je zložený z prenosového valca, ktorý je tvorený kovovým vodivým jadrom a na povrchu má mäkkú, pryžovú vrstvu s daným elektrickým odporom. Potlačovaný materiál prechádza medzi obrazovým a prenosovým valcom, kde sa na neho toner rovnomerne preniesie [1].



Obrázok 4 Mechanizmy prenosu tonera na substrát pomocou koronového výboja (a) a prenosového valca (b) (upravené z [1])

1.2.5 Fixácia toneru na potlačovaný materiál

Aby sa toner pevne zafixoval k potlačovanému materiálu, je potrebná vysoká teplota, ktorá má za následok zmäknutie a lepiivosť tonera. Všetky častice tonera sa vďaka teplote spoja, a následne vzniká tenká vrstva na povrchu substrátu. K tomu aby sa vrstva uchytila, je potrebný tlak. Na obrázku 5 je zobrazený príklad schémy zapekacej jednotky tzv. kontaktného spôsobu. Materiál prechádza medzi zapekacím (vyhrievaným) a tlakovým valcom, kde sa toner zafixuje. Pre správne prenesenie tonera, je na povrch zapekacieho valca nanesený silikónový olej. Po následnom vychladnutí, musí byť vrstvička toneru opäť nelepivá [1].



Obrázok 5 Príklad mechanizmu zapekacej jednotky (upravené z [1])

1.3 Forezné skúmanie spochybnených dokumentov

Analýza spochybnených dokumentov je dôležitým forezným postupom, ktorý môže odpovedať na otázky týkajúcich sa sporných dokumentov s významnou finančnou hodnotou, ako sú napríklad poisťné zmluvy, závety a daňové priznania, nakoľko doplnenie alebo zmena podpisu, môže zásadne zmeniť podmienky a priniesť falšovateľovi benefit [6].

Jedným z významným problémom u dokazovania pravosti dokumentu, je okrem iného overenie jeho podpisu. Zhodnotiť jeho pravosť, môže byť napríklad vďaka overenia autorstva, na základe pravých rukopisných znakov alebo charakteristiky zloženia použitých atramentov, či podľa postupnosti krížiacich sa čiar podpisov [6].

Kriminalistická veda, ktorá sa zaoberá skúmaním písomných stôp a ťahov sa nazýva písomoznalectvo alebo takzvaná expertíza ručného písma. Jej hlavným cieľom je zistiť a určiť daného autora dokumentov alebo písomností [7].

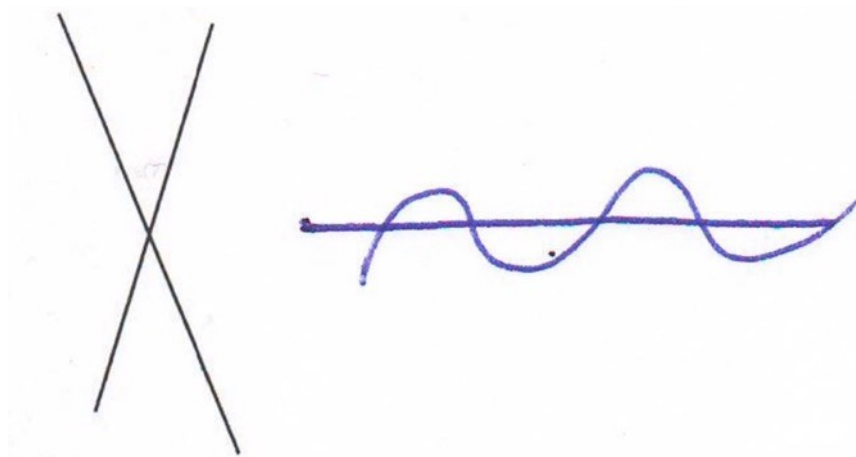
1.3.1 Druhy kríženia čiar

Pri samotnej analýze danej vzorky, je možné skúmať napríklad aj to, ako sa čiary pretínajú, a ktorý z daných podpisov bol prvý alebo či bol daný dokument pretlačený. To má význam predovšetkým v prípadoch, kedy je potrebné preskúmať, či dokument po ručnom podpise nebol manipulovaný resp. pretlačený, čím mohlo dôjsť k jeho pozmeneniu, čo môže v prípade cenných dokumentov alebo zmlúv významne meniť ich podmienky. Analýza

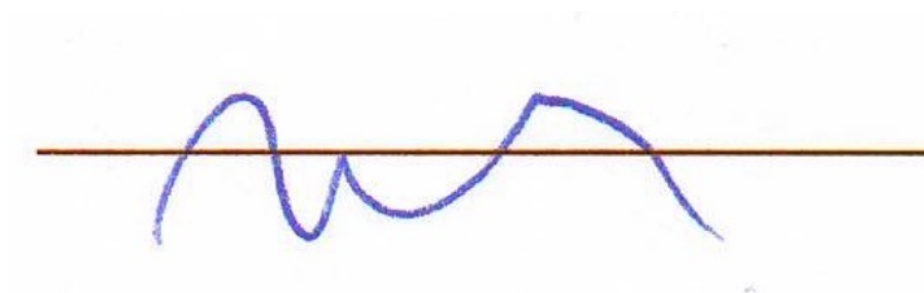
kríženia čiar má obzvlášť význam v prípade, ak dotlač pretína pôvodný atrament alebo podpis. Kríženie čiar sa rozdeľuje do dvoch základných kategórií [6]:

- **Homogénne kríženie čiar** – je také, u ktorého dochádza k prekrytiu pretínajúcich sa čiar vzniknutých jedným typom písacieho nástroja (t. z. atrament z pera, z tlačiarne, atď.),
- **Heterogénne kríženie čiar** – jedná sa o opak homogénneho kríženia, čo znamená, že priesečník čiar je vytvorený dvoma rôznymi druhmi písacieho nástroja.

Na obr. 6 je možné vidieť dva príklady homogénneho kríženia čiar, pričom vľavo je kríženie čiar z elektrofotografickej tlačiarne a vpravo kríženie atramentu z guľôčkového pera. Na obr. 7 je zase možné vidieť heterogénne kríženie čiar, čo znamená, že boli použité dva rozdielne druhy zdrojov čiar. Je dôležité v kontexte tejto práce poznamenať, že z obr. 6 a 7, ktoré boli vyhotovené bežným kancelárskym skenerom, nie je možné určiť poradie kríženia čiar, z čoho vyplýva, že na určenie poradia je potrebné použiť precíznejšiu metódu, ako napr. optickú mikroskopiu, ktorá bola využitá pri vyhotovení analytickej časti tejto práce.



Obrázok 6 Príklad homogénneho kríženia čiar z tlačiarne a guľôčkového pera (vytvorené autorom)



Obrázok 7 Príklad heterogénneho kríženia čiar (spodná vrstva – tlačiareň, vrchná vrstva – guľôčkové pero) (vytvorené autorom)

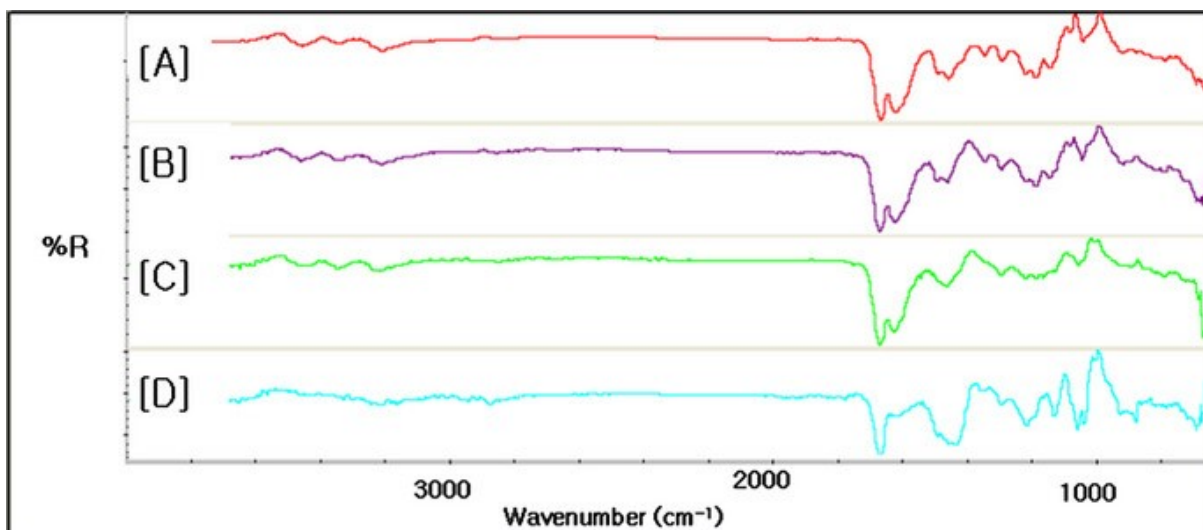
1.3.2 Metódy skúmania atramentu

V mnohých prípadoch rôznych vyšetrovaní je dôležité overenie pravosti dokumentu, resp. dokázanie pravosti podpisu. Takéto overenie však nie je možné zhodnotiť voľným okom, a určiť, či bol vytlačený dokument neskôr podpísaný, alebo došlo k dodatočnej tlači na už podpísaný dokument. Pri skúmaní takéhoto dokumentu je zároveň potrebná aj analýza atramentu, ktorú je možné rozdeliť na dva základné typy; deštruktívnu a nedeštruktívnu [6].

Deštruktívne metódy, sú také, pri ktorých musia forezní experti odstrániť časť dokumentu s atramentom, dôsledkom čoho sa dokument stáva výrazne znehodnoteným a nemusí byť už viac použiteľný pre ďalšie šetrenie. Medzi takéto techniky patria napr. tenkovrstvá chromatografia (HPTLC), plynová chromatografia (GC), laserová desorpčná ionizácia (LDI) a iné [6].

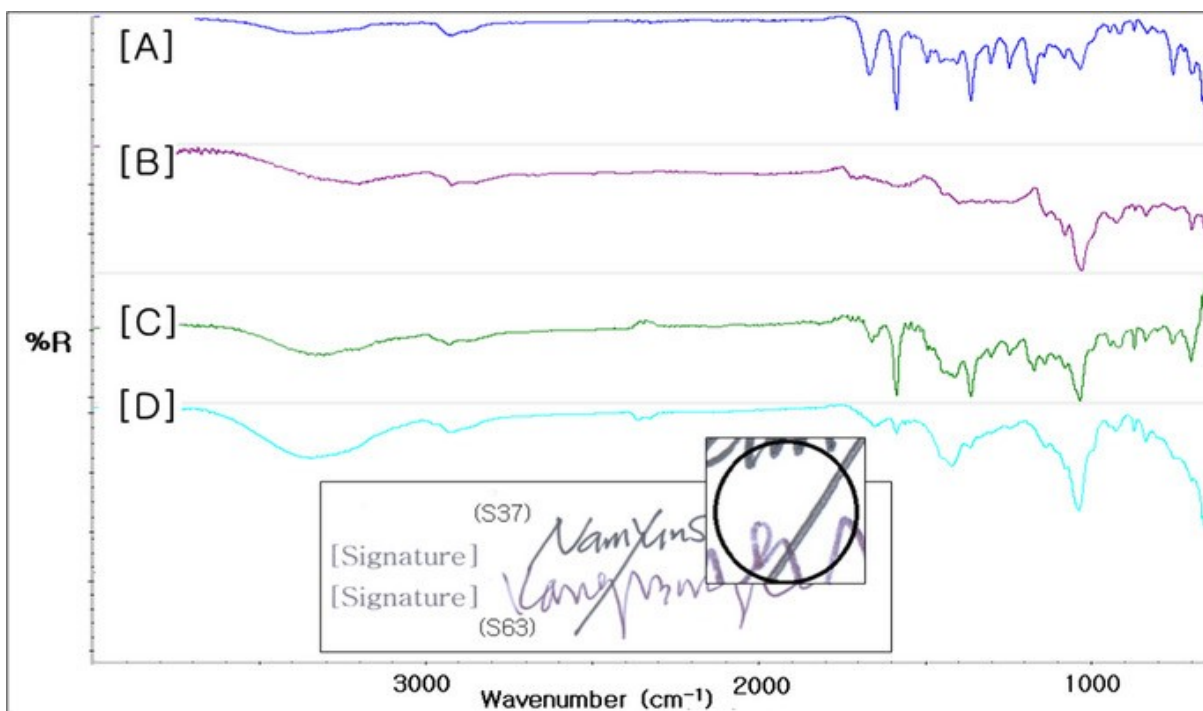
Nedeštruktívne metódy, sú naopak žiadanejšie než deštruktívne, keďže zachovávajú vzorku neporušenú a je možné ju použiť pre ďalšie šetrenie. Medzi základné metódy patria obecné optické techniky ako napr. optická mikroskopia alebo infračervená spektrometria s Fourierovou transformáciou (FTIR) [8].

Podľa článku publikovanom v časopise Forezná veda, skupina vedcov z Kórejskej inštitúcie vedy a technológie skúmala možnosť použitia FTIR. Štúdia sa zaoberala objektívnym určením pôvodu atramentu guľôčkového pera použitého pre podpisy z databázy a k určeniu poradia homogénnych pretínajúcich sa čiar v podpise písaných dvomi rôznymi guľôčkovými perami. Pre výskum sa použilo 63 rôznych guľôčkových pier čiernej farby a následne sa z nich vyhotovila spektrálna databáza. Táto databáza automaticky skúmala tisíce spektier a porovnávala neznáme spektrá s najpodobnejšími. Algoritmus je založený na porovnávaní intenzity spektier, polohy a veľkosti pík. Následne sa vyhotovil slepý test, v ktorom sa porovnávali štyri rôzne podpisy, z toho jeden bol vytvorený neznámym atramentom guľôčkového pera (vzorka A). Ako je vidieť na obrázku 8, podľa veľkostí vrcholov, má najväčšiu hodnotu zhody so vzorkom B. Slepé testy sa vyhotovili ešte niekoľkokrát s odlišnými druhmi guľôčkových pier. Výsledky ukázali že databáza je schopná identifikovať značku a pôvod atramentu guľôčkového pera vďaka najvyššej hodnote zhody [6].



Obrázok 8 Výsledok slepého testu dokazujúci presnosť mikro-ATR FTIR [6]

K skúmaniu homogénnych pretínajúcich sa čiar podpisov vedci použili dva druhy rôznych pier, pomocou ktorých vytvorili štyri pretínajúce sa podpisy. Obrázok 9 ukazuje výsledok testu pomocou mikro-ATR FTIR. Vzorky A a B reprezentujú vybrané rozdielne perá s ktorými sa vytvorili vzorky C a D, kde sa tieto podpisy vytvorili s rozdielnou postupnosťou pier. Podľa pozorovania a skúmania, je možné u vzorky C väčšinu vrcholov pripísať vzorku A. Avšak u vzorky D sú pozorovateľné obe perá, kde sa maximá pripočítavajú vzorku A a minimá vzorku B. Vďaka tomu je možné rozlíšiť poradie pretínajúcich sa čiar podpisov [6].



Obrázok 9 Výsledok testu podpisov pomocou mikro-ATR FTIR [6]

2 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experimentálna časť tejto bakalárskej práce je rozdelená na dve časti. Prvá časť sa zaoberá skúmaním daných vzoriek, a následným vyhodnotením, či je možné určiť postupnosť pretínaných sa čiar tonera a atramentu. V druhej časti je princíp skúmania rovnaký, s tou odlišnosťou že sa pozorujú pretínajúce sa čiastočky toneru, ktoré vznikajú prášením, spolu s atramentom pera. Pre experiment bolo zvolených niekoľko druhov tlačiarní, vďaka ktorým bolo možné nezávisle pozorovať danú postupnosť čiar.

2.1 Experimentálne prístroje

Typy použitých tlačiarní boli vyberané nezávisle na sebe. Pre prácu bolo potrebné skúmanie niekoľkých vzoriek a druhov guľôčkových pier, a preto sa vybrali tlačiarne od rôznych výrobcov a taktiež odlišné značky guľôčkových pier. Jednotlivé parametre tlačiarní sú zhrnuté v tabuľke 1, kde je možné vidieť skoro totožné špecifikácie.

Tlačiarne Canon a Xerox sú klasické, kancelárske či domáce tlačiarne, ktoré sú užívateľsky jednoduché a dokážu vyhotoviť čiernobielu tlač v kvalitnom rozlíšení [9, 10]. Tlačiarne Konica Minolta a Triumph Adler sa líšia v tom, že umožňujú aj farebnú tlač. Jedná sa o výkonné tlačiarne, kde je dokonca u zariadenia spoločnosti Konica Minolta možné prispôbiť ho na prianie zákazníkov [11, 12].

Tabuľka 1 Vybrané parametre použitých tlačiarní

Druh tlačiarne	Typ tlače	Rozlíšenie	Max. rozlíšenie
Canon i-SENSYS MF4890dw	čiernobiela	600 × 600 dpi	1200 × 600 dpi
Triumph Adler 2508ci	farebná a čiernobiela	600 × 600 dpi	1200 × 1200 dpi
Xerox Phaser 3052	čiernobiela	600 × 600 dpi	1200 × 1200 dpi
Konica Minolta AccurioPress C3070	farebná a čiernobiela	1200 × 1200 dpi	1200 × 3600 dpi

Zdroj: [9, 10, 11, 12]

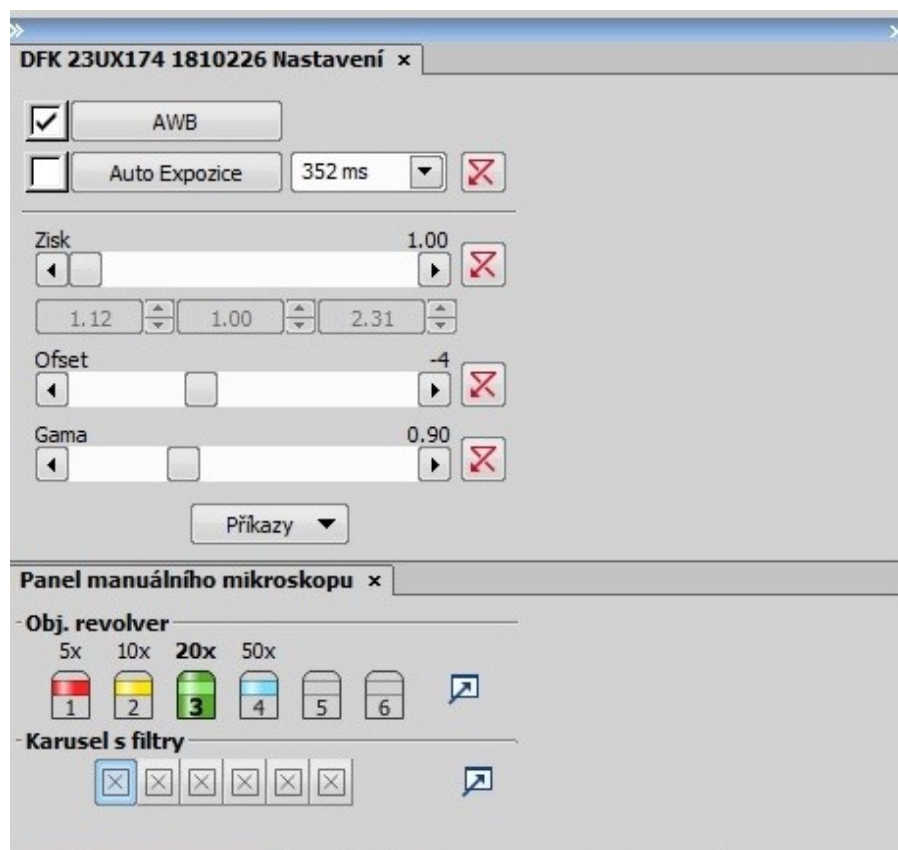
Pri voľbe guľôčkových pier boli zvolené tri rôzne perá od rôznych výrobcov, a to BIC Cristal Soft a Schneider Tops 505 F, pričom obe perá majú modrý atrament a líšia sa v jeho odtieni. Schneider Tops 505 F má svetlejší odtieň modrej ako BIC Cristal Soft. Tretie bolo zvolené guľôčkové pero s čiernym atramentom od neznámeho výrobcu.

Dôležitým experimentálnym prístrojom v tejto práci je mikroskop značky Nikon. Mikroskop je zložený z viacerých odlišných častí. Základnou časťou je osvetľovač LV-UEPI-N, ktorého funkciou je zabezpečiť rovnomerné svetlo s vysokou intenzitou, aby sa svetlo dostalo cez kondenzor k vzorke. Obsahuje napr. posuvníky polarizátora, filtrov, či analyzátora. Vďaka nim je možné meniť intenzitu a polarizáciu svetla. Zdrojom svetla je halogénová žiarovka. Na osvetľovači je pripevnený tubus okulára [13].

Ďalšou zo základných častí je samotné telo mikroskopu LV-FM, ktoré má manuálne zaostrenie na boku tela [14]. Statív mikroskopu ECLIPSE LVDIA-N obsahuje spodné osvetlenie a šošovku, na ktorom je umiestnený kondenzor diaskopického osvetlenia a sklenený stolík, kam sa umiestňujú skúmané vzorky.

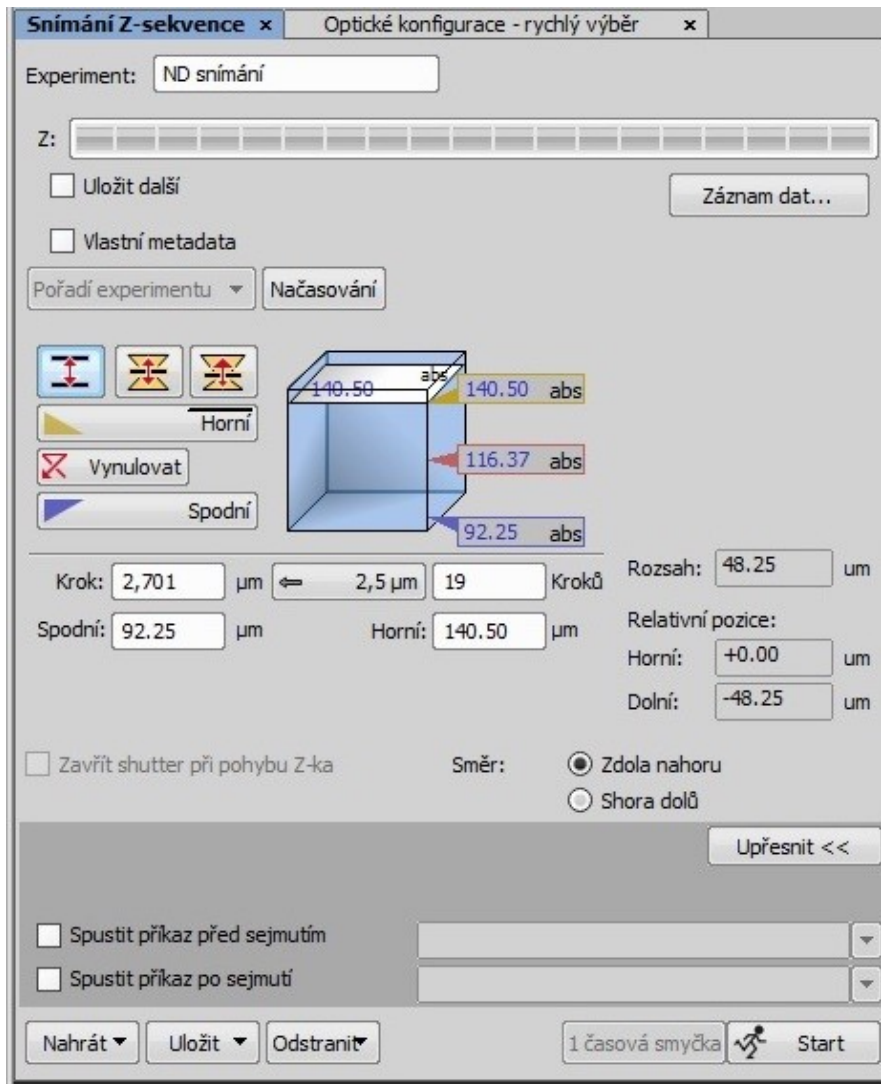
Poslednou časťou mikroskopu, sú jeho objektívy. Objektívy sú pripevnené na nosiči objektívov, ktorý sa nachádza zospodu osvetlenia LV-UEPI. Na nosiči sa nachádzajú 4 objektívy s 5-, 10-, 20- a 50-násobným zväčšením. [15].

Pre ovládanie mikroskopu a vytvorenie snímok bol použitý softvér NIS – ELEMENTS BR 5.01.00 značky NIKON. Časť jeho užívateľského rozhrania je možné vidieť na obrázku 10, ktorý ukazuje panel nastavenia obrazu, kde je možné meniť expozíciu a tiež panel manuálneho mikroskopu, kde sa vyberie správny objektív podľa zrovna použitého objektívu.



Obrázok 10 Panel nastavenia objektívov a obrazu (vyhotovené autorom)

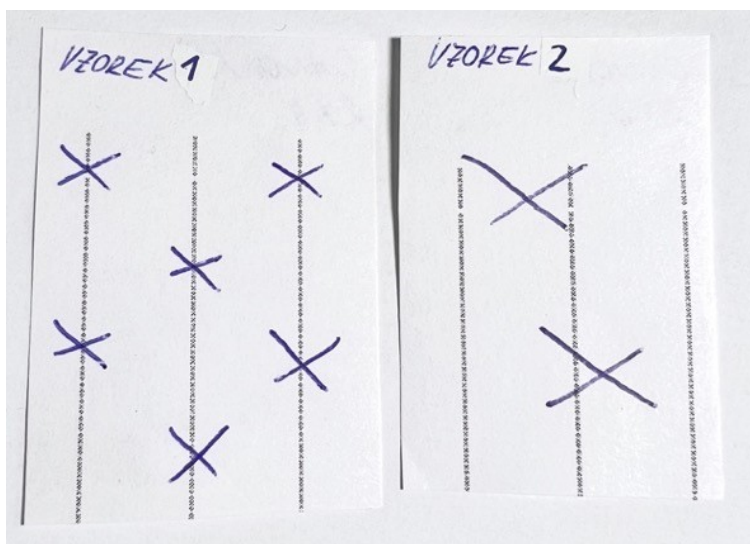
Dôležitý panel programu je snímanie Z-sekvencie, ktorý je zobrazený na obrázku 11. Jeho funkciou je zaznamenať obraz vzorku, pre následné skúmanie, čo znamená, že najprv sa zaostrí obraz a následne sa vyberie spodná a vrchná hladina, ktorá nám udá počet krokov (snímok). Vďaka tomu sa vyhotovia snímky určujúce jednotlivé hladiny vzorky podľa ostrosti.



Obrázok 11 Snímanie Z-sekvencie (vyhotovené autorom)

2.2 Príprava vzoriek

Z každej tlačiarne sa vyhotovilo 6 vzoriek. Každá vzorka reprezentovala iný druh guľôčkového pera a inú postupnosť krížiacich sa čiar. Pre každé pero sa vyhotovili dve vzorky, to znamená že jedna bola vyhotovená pretlačením pera tlačiarňou (vzorka 1) a druhá bola najprv vytlačená a následne popísaná perom (vzorka 2). Príklad vzoriek je možné vidieť na obrázku 12. Dohromady bolo teda skúmaných 24 vzoriek.



Obrázok 12 Skúmané vzorky z tlačiarne Canon i-SENESYS MF4890dw (vľavo je vzorka vytlačená a následne popísaná, vpravo sa jedná o opačnú vzorku)

2.3 Vyhodnotenie

Pre základ skúmania je potrebné si na začiatok stanoviť, ako by jednotlivé vzorky mali vyzerieť, čo znamená, charakterizovať vzorku, ktorá bola vyhotovená ako klasická tlač a vzorku, ktorá bola vytvorená ako pretlač.

U vzorky vytvorenej ako klasický dokument by malo byť vidieť, ako atrament guľôčkového pera pokrýva tlačový bod. Dá sa predpokladať, že bod by mal mať na povrchu odlišné sfarbenie, a zároveň by mali byť vidieť odlesky ktoré atrament na jeho povrchu vytvára.

Naopak vzorka vytvorená ako pretlač, by mala vykazovať odlišné vlastnosti. Na bode by nemala byť vidieť žiadna vrstva atramentu. Taktiež fixácia toneru na potlačovaný materiál by sa nemala líšiť. Keďže atrament sa nachádza pod tonerom, môže zapríčiniť zlé prilnutie na potlačovaný materiál. To by znamenalo že vrstva atramentu bráni toneru sa správne zafixovať.

Na základe týchto charakteristík boli stanovené kritéria, podľa ktorých určuje, či požadovaná vzorka spĺňa podmienky, a teda či je možné rozoznať pretlač od klasickej tlače.

Prvé kritérium, ktoré bolo skúmané, sú odlesky. Vďaka odleskom je v niektorých prípadoch možné rozhodnúť o postupnosti pretínajúcich sa čiar atramentu a tonera, nakoľko ak sú odlesky viditeľné, znamená to, že atrament pera je nanosený na už vytlačený bod.

Ďalšie z kritérií, ktoré môže pomôcť pri rozhodovaní o dôveryhodnosti dokumentu je samotný atrament guľôčkového pera. Podľa tlaku ktorý človek vynaloží pri písaní, pero zanechá na povrchu papiera slabú vrstvu atramentu, ktorá pod mikroskopom vyzerá ako sfarbené vlákna papiera. Avšak, ak ťahu z pera príde do cesty iná štruktúra než papier,

v tomto prípade toner, atrament bude mať odlišné chovanie. To sa hlavne odrazí na jeho vsiakavosti, keďže kvôli toneru sa nevsiakne do papiera, čo sa prejaví na inom sfarbení toneru.

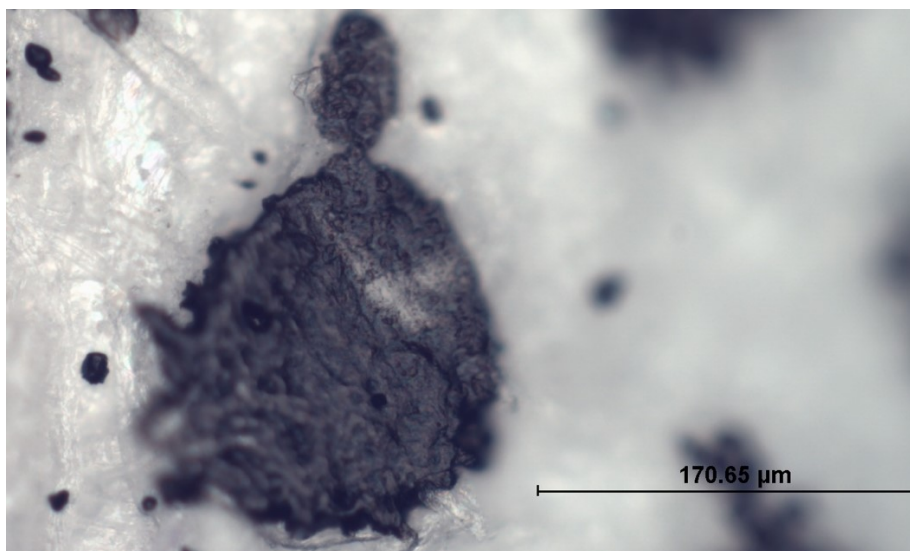
Posledným skúmaným kritériom je aj tvar tlačového bodu. Ten má na základe technologických vlastností tlačiarne určitý charakter (napr. celistvosť). Avšak pri zmene potlačovaného materiálu, môže nastať zmena jeho veľkosti a aj jeho štruktúry. Odchýlka charakteristiky tlačového bodu môže byť zapríčinená práve prítomnosťou atramentu na potlačovaného archu.

2.4 Skúmanie pretínajúcich sa čiar tonera s atramentom

2.4.1 Canon i-SENSYS MF4890dw

V prvom skúmaní boli použité vzorky z tlačiarne Canon i-SENSYS MF4890dw. Pre pozorovanie sa pripravili dve vzorky vytvorené kancelárskym perom BIC Cristal Soft. Vzorka A1 bola vyhotovená tak, že atrament pera bol pretlačený tonerom tlačiarne a vzorka A2 opačne, t. j. najprv toner a potom atrament pera.

Na obrázku 13 je vyobrazený tlačový bod, ktorý vytvorila tlačiareň Canon. Z obrázka je možné posúdiť jeho charakteristiku. Bod je ucelený, čo znamená, že častice toneru sa vďaka vysokej teplote spojili, zafixovali na potlačovaný materiál a vytvorili na povrchu tenkú vrstvu v podobe tlačového bodu.



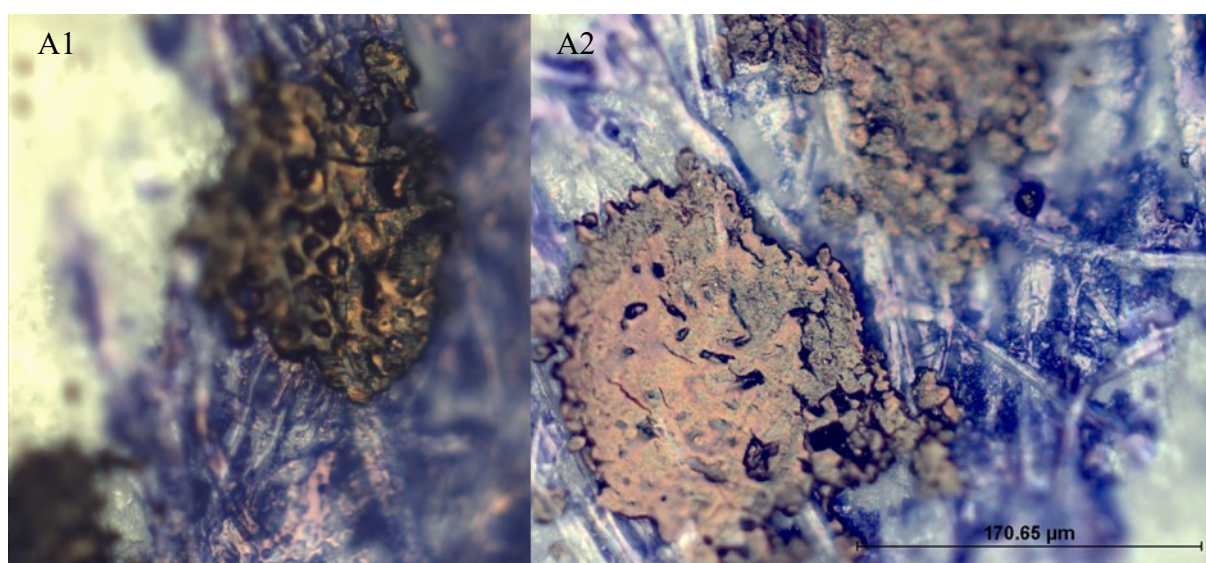
Obrázok 13 Tlačový bod vyhotovený tlačiarňou Canon i-SENSYS MF4890dw

Táto charakteristika môže dopomôcť pre lepšie zhodnotenie nasnímaných vzoriek. Z pozorovania je možné posúdiť, že tlačový bod u vzorky A2 má podobné vlastnosti, čo znamená že bod je ucelený, a to môže znamenať, že pod bodom sa nenachádza atrament.

Naopak tonerový bod na vzorke A1 vykazuje znateľné rozdiely. Je viac deformovaný a pórovitý, čo znamená, že fixácia toneru neprebehla správne. To mohla zapríčiniť vrstva atramentu pera nachádzajúca sa pod tonerom, ktorá mu bráni správne sa vsiaknuť do papiera, a tým pádom nevytvára ucelenú vrstvu ako u vzorky A2.

Zároveň je na bode vidieť náznaky odleskov, čo by v tomto prípade znamenalo, že sa na bode nachádza vrstva atramentu, čo však rozporuje tomu, že táto vzorka je vyhotovená ako dotlač. Možným vysvetlením by bolo, že tlačový valec svojou vyššou teplotou čiastočne naleptal na potlačovanom archu zaschnutý atrament guľôčkového pera, ktorý sa následne miestami preniesol aj na tlačový bod.

Podobne je vrstva atramentu je vidieť aj na vzorke A2, kde sú ale odlesky výraznejšie a tvoria ucelenejšiu vrstvu na povrchu tlačového bodu. Tu by zároveň vrstva atramentu mala byť vidieť, keďže sa jedná o klasickú tlač, a teda na bod bola po vytlačení nanosená vrstva atramentu. Z toho vyplýva, že odlesky na tlačovom bode spôsobené atramentom môžu byť nápomocné pri určovaní postupnosti krížiacich sa čiar.



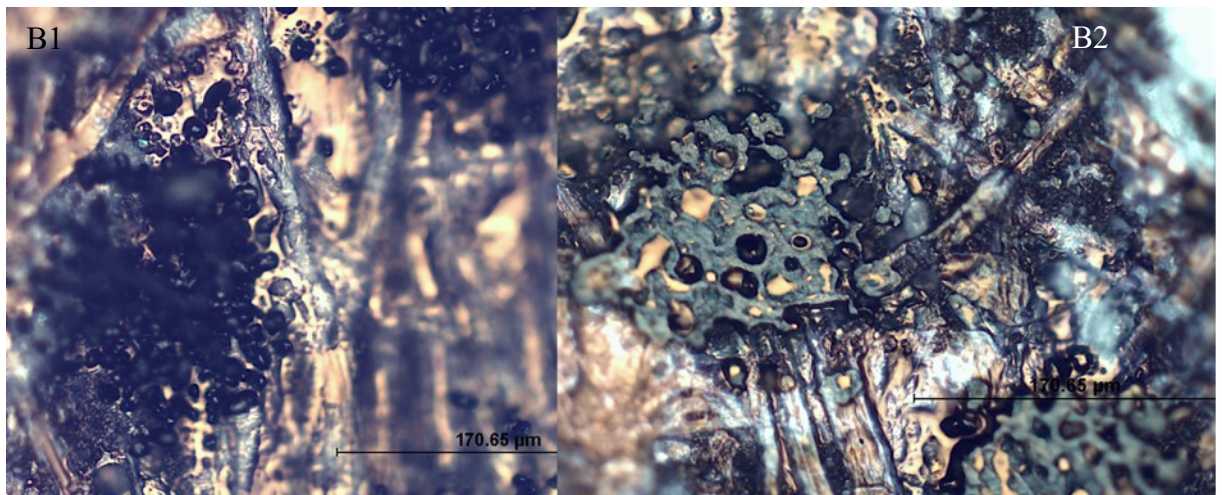
Obrázok 14 Vzorok z tlačiarne Canon s použitým perom BIC Cristal Soft

Ďalšie skúmané vzorky boli vyhotovené čiernym atramentom guľôčkového pera, ktoré sú vidieť na obrázku 15.

Zo snímok je vidieť, že u vzorky B2 je charakteristika tlačového bodu podobná ako pôvodný tlačový bod. To znamená, že je viac ucelený a miestami v ňom vznikajú póry či menšie priehlbiny, do ktorých sa dostal atrament guľôčkového pera. Tento parameter lepšie preukazuje to, že sa jedná o klasickú tlač, ktorá bola následne popísaná perom.

Naopak, u vzorky B1 nie je možné pozorovať tieto charakteristické rysy. Tlačový bod nie je tak ucelený a je zložený z malých častíc toneru, ktoré sa nedokázali dobre spojiť a následne zafixovať. To mohlo zapríčiniť zloženie atramentu pera, ktoré negatívne ovplyvnilo súdržnosť tonerových častíc, a tie sa následne nevsiakli do papiera, ale zaschli na povrchu, ktorý bol popísaný.

Na základe odleskov a štruktúr bodov sa teda dá nie len spozorovať rozdiel medzi jednotlivými vzorkami, ale zároveň s vysokou pravdepodobnosťou určiť poradie nanosenia jednotlivých vrstiev.

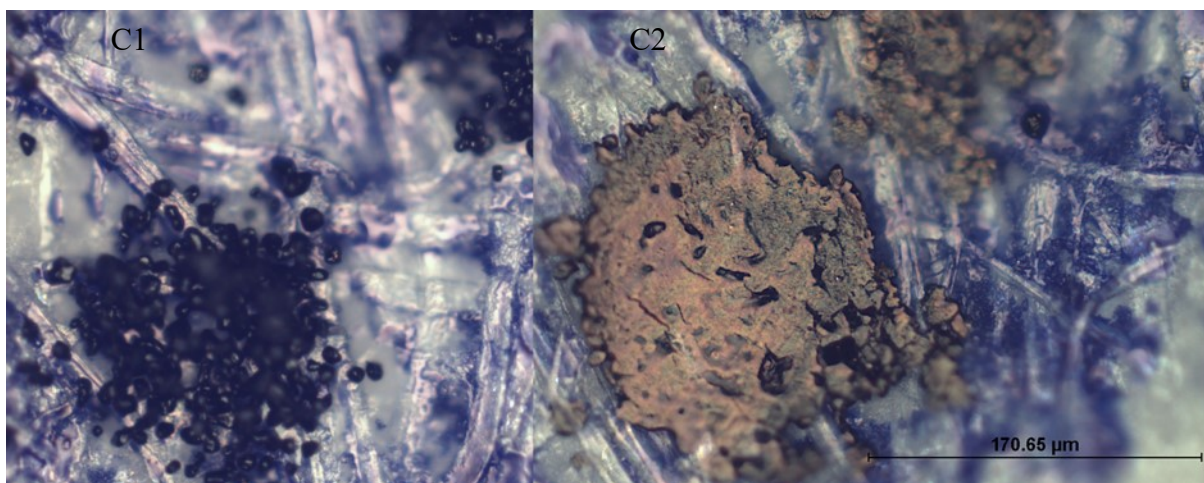


Obrázok 15 Vzorky z tlačiarne Canon s použitým čiernym perom

Na skúmanie posledných vzoriek tlačiarne Canon sa použilo guľôčkové pero značky Schneider Tops 505 F. Vzorky C1 a C2 sú vyobrazené na obrázku 16.

Tlačový bod ktorý je zobrazený na vzorke C1, má podobné vlastnosti ako bod u predošlého skúmania vzorky B1, kde opäť nedošlo k vytvoreniu spojitého bodu, pravdepodobne vplyvom už nanoseného atramentu. Rovnako u vzorky nie je možné pozorovať odlesky, čo naznačuje, že atrament sa nachádza pod tlačovým bodom.

Avšak opačné vlastnosti má vzorka C2, kde je vidieť, že sa toner správne zafixoval na potlačovaný materiál. Aj keď sú miestami vidieť priehlbiny, tak jeho plocha a tvar sú ucelené. Taktiež je možné pozorovať odlesky, ktoré vznikli vďaka vrstve atramentu ktorá sa na ňom nachádza.

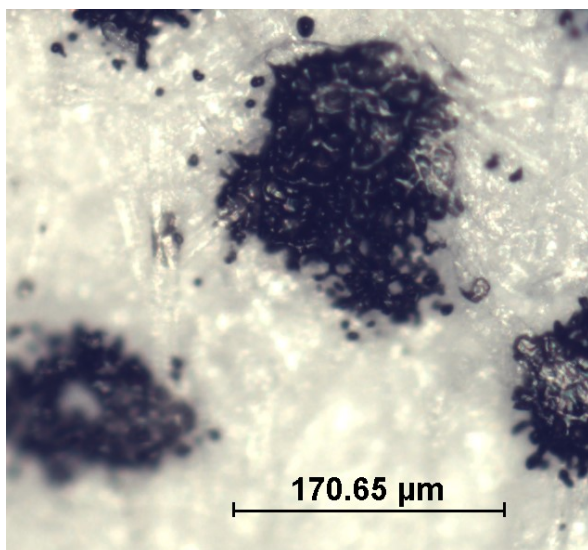


Obrázok 16 Vzorky z tlačiarne Canon s použitým perom Schneider Tops 505 F

2.4.2 Xerox Phaser 3052

V ďalšom skúmaní boli vyhotovené vzorky z tlačiarne Xerox Phaser 3052. Následne sa z nej vytvorilo 6 vzoriek, tie sa nasníмали mikroskopom a pripravili k hodnoteniu.

Snímok samostatného tlačového bodu je možné vidieť na obrázku 17. Bod vykazuje opticky podobné vlastnosti ako u predošlej tlačiarne, je však možné pozorovať drobné rozdiely, predovšetkým čo sa týka jeho celistvosti a bod je viac pórovitý. Zároveň sa bod u tejto tlačiarne miestami javí, že na potlačovanom materiáli je slabšia vrstva toneru. To môže byť spôsobené odlišným typom výrobcu, respektíve odlišnými parametrami tlačového stroja.

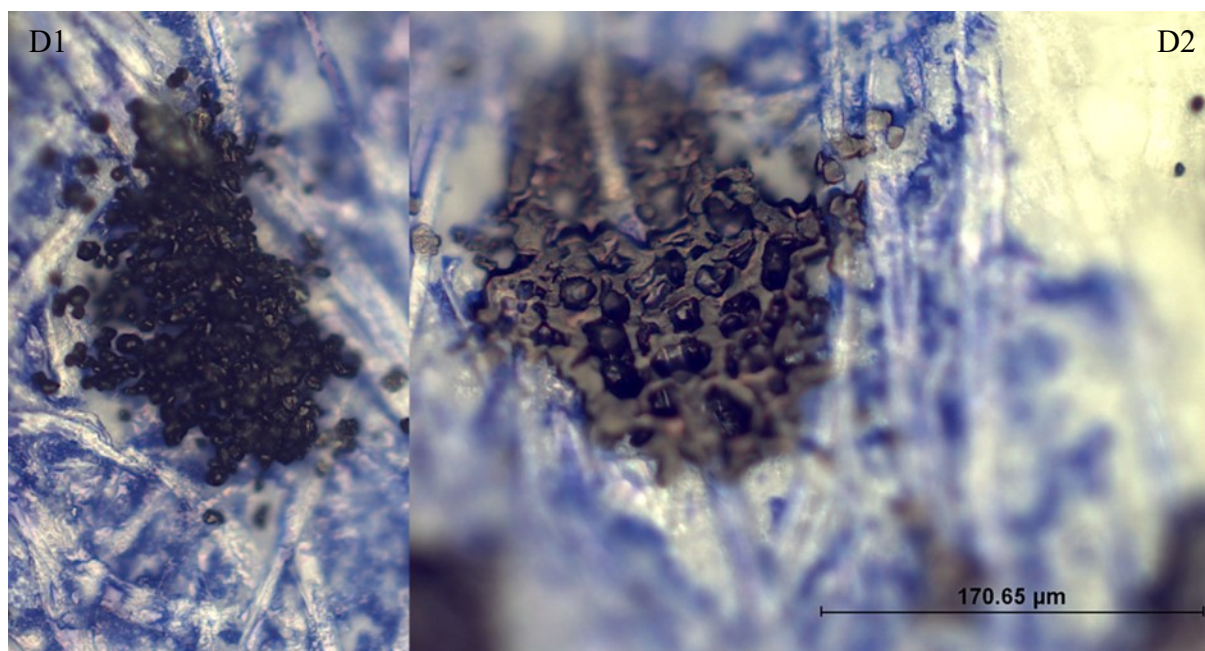


Obrázok 17 Tlačový bod vyhotovený tlačiarňou Xerox Phaser 3052

Skúmané vzorky D1 a D2 vyhotovené modrým guľôčkovým perom značky BIC Cristal Soft sú vyobrazené na obrázku 18.

Čo sa hodnotenia odleskov týka, vykazuje vzorka D1 na niektorých miestach tlačového bodu drobné odlesky. Nie sú tak intenzívne, aby bolo možné posúdiť či sa jedná o vrstvu atramentu. Taktiež je pri posudzovaní charakteristiky bodu vidieť, že toner sa nezafixoval správne a tým pádom má tlačový bod odlišný tvar. Je možné pozorovať tonerové častice, ktoré sa kvôli vrstve atramentu nesprávne spojili.

Na vzorke D2 je miestami vidieť, že tonerový bod má odlišné sfarbenie, čo by mohla zapríčiniť vrstva atramentu, ktorá sa na ňom nachádza. Na základe tohto kritéria však nie je možné s určitosťou rozhodnúť o aký druh postupnosti čiar ide, keďže vrstva atramentu je malá, a ako sme videli u vzorky A1, aj u vzoriek, ktoré vznikli dotlačou sa môžu nachádzať stopy atramentu. Zároveň charakteristika bodu je výrazne odlišná. Bod sa javí ucelene, miestami sa však vytvárajú póry.



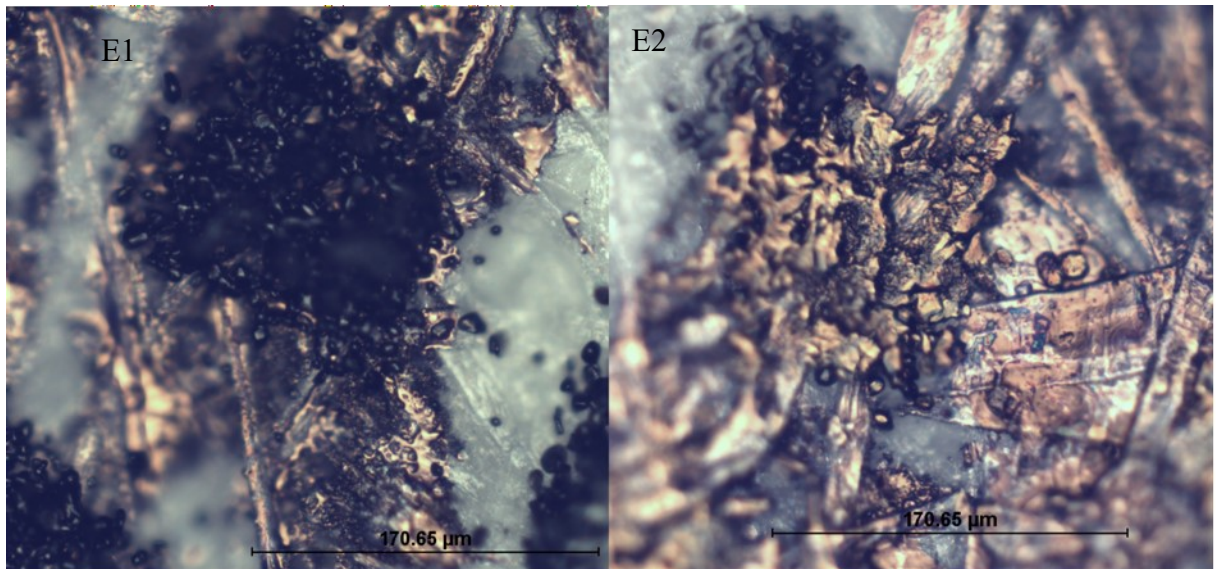
Obrázok 18 Vzorky z tlačiarne Xerox s použitým perom BIC Cristal Soft

Ďalšie skúmanie je vyobrazené na obrázku 19, kde sú vyhotovené vzorky E1 a E2 pomocou čierneho atramentu gul'ôčkového pera.

Z pozorovania štruktúry bodu vzorky E1 je možné usúdiť, že tlačový bod nebol správne zafixovaný na povrch papiera. Má odlišný charakter ako tlačový bod, ktorý je vyobrazený na obrázku 17. To môže napovedať, že časticiam toneru u vzorky E1 zabránila vrstva atramentu správne sa zafixovať na potlačovaný materiál. Taktiež odlesky vznikajú iba na miestach kde sa vyskytuje atrament.

Aj napriek horšej viditeľnosti bodu na vzorke E2 je možné pozorovať pomerne ucelenú štruktúru bodu. Vďaka atramentu nachádzajúcom sa na tlačovom bode je možné s presnosťou

určiť postupnosť čiar, keďže je jednoznačne vidieť odlišné sfarbenie, ktoré na bode vzniká. Je teda možné predpokladať, že vzorka vznikla najprv tlačou, až následne popísaním, čo tak aj skutočne bolo.



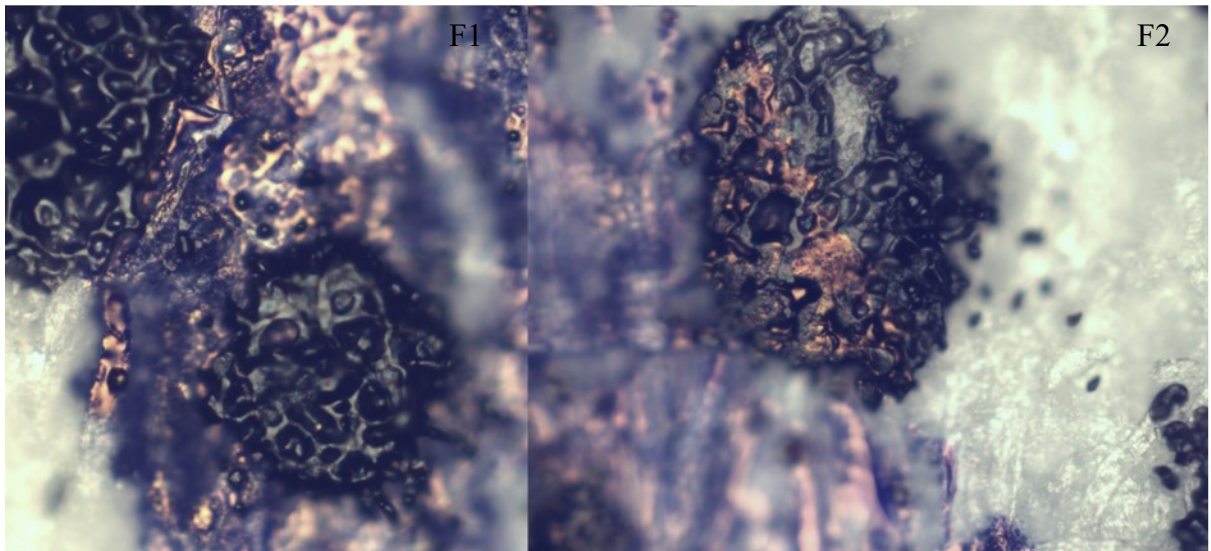
Obrázok 19 Vzorky z tlačiarne Xerox s použitým čiernym perom

Ďalšie skúmané vzorky F1 a F2 vyobrazené na obrázku 20 boli vyhotovené pomocou modrého pera značky Schneider Tops 505 F.

Ako už bolo povedané v predošlých odstavcoch, výrazné odlesky vznikajú hlavne na atramente pera. Rovnako to platí aj pre vzorky F1 a F2, kde najmä u vzorky F2 je možné pozorovať, ako atrament pera vytvára odlesky iba na časti plochy tlačového bodu, ktorým prechádza rozmedzie línie vytvorenej od pera.

U vzorky F1 sa odlesky síce vyskytujú, ale nie na tlačovom bode. Vznikajú totiž na atramente, ktorý sa nachádza okolo neho. Tým pádom je možné povedať, že sa atrament nachádza pod tlačovým bodom. To dokazuje aj fakt, že toner nemá odlišné sfarbenie ako u vzorky F2.

Pri hodnotení charakteristiky bodu je v oboch prípadoch vidieť, že body sú podobné, resp. bod u vzorky F1 má podobnú pórovitosť ako bod u vzorky F2. Paradoxne čo sa celistvosti bodu týka, sú oba body pomerne celistvé.



Obrázok 20 Vzorky z tlačiarne Xerox s použitým perom Schneider Tops 505 F

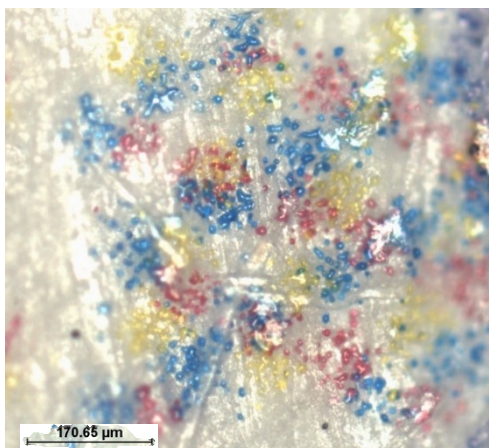
2.4.3 Triumph Adler 2508ci

Ďalšia tlačiareň, ktorá bola použitá pre túto experimentálnu časť je Triumph Adler 2508ci (ďalej len TA). Jedná sa o výkonnú tlačiareň, ktorá je využívaná prevažne pre firemné účely. Tento rozdiel od predošlých vzoriek ovplyvňuje aj vlastnosti vzoriek, ktoré budú ďalej popísané. K pozorovaniu sa vyhotovilo niekoľko snímok, avšak boli využité iba tie, kde sú vzorky vyobrazené s najväčším možným zväčšením.

Zároveň sa na týchto vzorkách našli žlté body, resp. identifikačný kód prístroja (Machine Identification Code – MIC). Tieto body sa vytvárajú na každej vytlačenej strane a sú bežným okom neviditeľné. K ich pozorovaniu sú potrebné buď veľmi dobré svetelné podmienky alebo UV žiarenie, a zároveň mikroskop alebo skener [15]. Keďže tieto body bolo možné vypozerovať taktiež u tlačiarne Konica Minolta, ktorá je popísaná v ďalšom pododdieli, boli použité k pozorovaniu a hodnoteniu.

Na obrázku 21 je vyobrazený tlačový bod. Už na prvý pohľad je bod odlišný od predchádzajúcich tlačiarň, ktoré boli popisované v minulých pododdieloch. Keďže behom vyhotovenia skúmaných vzoriek, bola nastavená farebná tlač, tlačové body sú vytvorené pomocou troch procesných farieb a to azúrovej, purpurovej a žltej. Samozrejme, takto farebný bod je bez použitia mikroskopu pre bežné oko čierny, keďže pri zmiešaní týchto farieb je výsledná farba čierna.

Na snímku je možné vypozerovať jeho charakteristiku. Tonerové častice sú na prvý pohľad viditeľné, aj keď miestami je vidieť, že sa spojili do vrstvy. Avšak nie je to tak ucelená štruktúra, aká bola u predošlých dvoch tlačiarň.

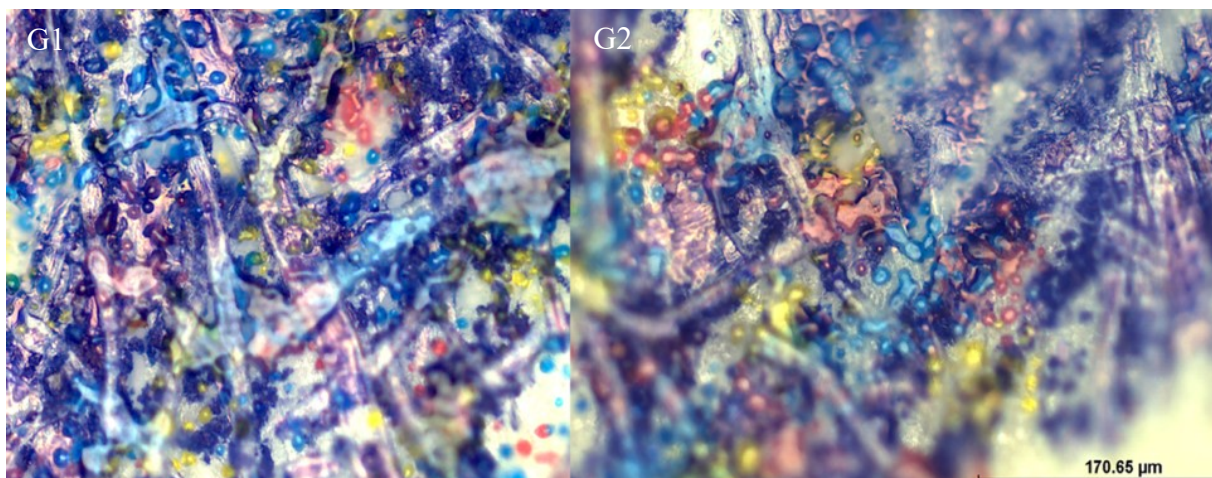


Obrázok 21 Tlačový bod vyhotovený tlačiarňou Triumph Adler 2508ci

Prvé skúmané vzorky G1 a G2 boli vyhotovené modrým perom značky BIC Cristal Soft, ktoré sú vyobrazené na obrázku 22.

Tlačové body u oboch vzoriek majú takmer totožnú charakteristiku, čo znamená že majú podobnú štruktúru ako základný tlačový bod na obrázku 21. Avšak pri lepšom skúmaní je možné spozorovať, že u vzorky G2 majú častice väčšiu tendenciu sa spojovať než u vzorky G1. Zároveň je nutné poznamenať, že aj u vzorky G1 je možné miestami pozorovať spojené častice, ale v oveľa menšej miere.

U ďalšieho kritéria je zložité posúdiť, ako sa atrament správa na tlačovom bode. Odlesky na jednotlivých časticách resp. bodoch nie sú veľmi viditeľné, čo môže byť pre výsledné hodnotenie v porovnaní s predošlými vzorkami skresľujúce. Z hľadiska intenzity farieb tonera majú u vzorky G1 častice intenzívnejšiu farbu než u G2, čo však môže byť spôsobené svetelným nastavením mikroskopu.



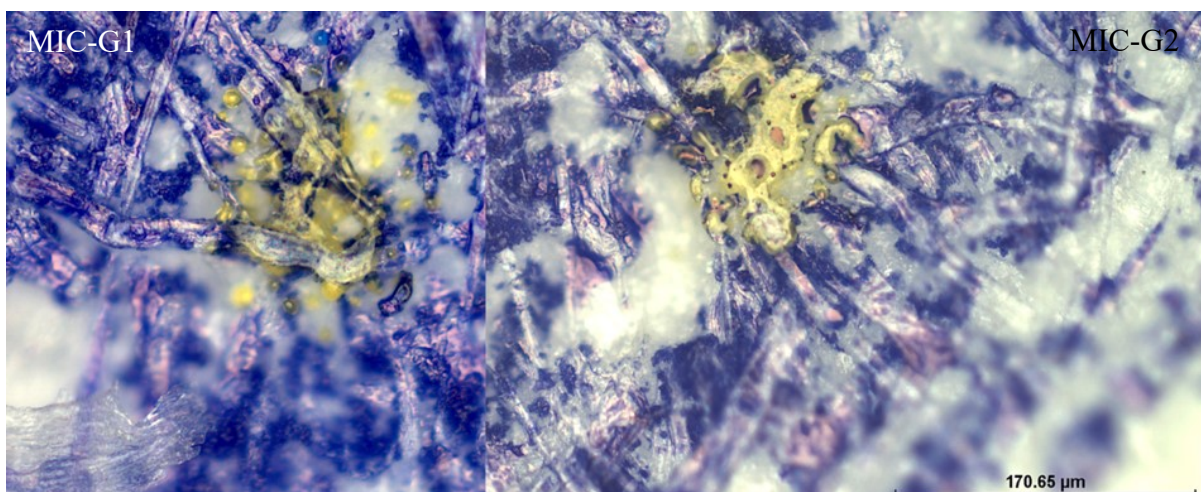
Obrázok 22 Vzorky z tlačiarne TA s použitým perom BIC Cristal Soft

Pri ďalšom skúmaní boli využité vzorky, na ktorých sú vyobrazené žlté body. U týchto bodov sa kritéria hodnotia jednoznačnejšie, keďže bod je jasnejší. Už z prvého pozorovania je vidieť rozdiely v samotnom tlačovom bode. U vzorky MIC-G2 je tlačový bod ucelený, čo znamená že tlač prebehla v poriadku a toner sa správne zafixoval na potlačovaný materiál.

Toto tvrdenie neplatí u vzorky MIC-G1, kde fixácia toneru neprebehla v poriadku, čo má za následok, že častice toneru sa nespojili správne. U pôsobenia atramentu na toneri nie je možné s určitosťou zhodnotiť dané kritérium tak, ako u predošlých vzoriek.

Aj keď vzorka MIC-G2 vykazuje, že miestami môže byť bod pokrytý atramentom, nie je to jednoznačné. Tento jav je vidieť tiež na vzorke MIC-G1, kde je taktiež možné povedať, že miestami na bode je viditeľný atrament. To môže mať za následok, že samotný toner je rozčlenený na niekoľko častíc ktoré sa správne nespojili a tým sa zviditeľnila vrstva atramentu ktorá je pod ním.

Čo sa týka odleskov, tie sú miestami viditeľné, ale nie v takej intenzite aby bolo podľa nich možné povedať, o akú vzorku sa jedná.

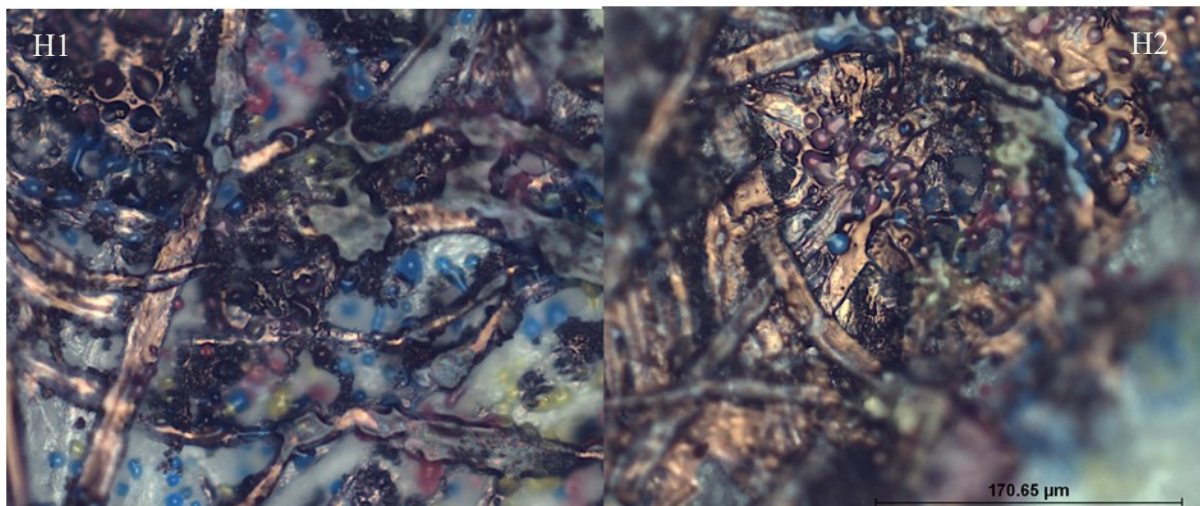


Obrázok 23 Žlté body z tlačiarne TA s použitým perom BIC Cristal Soft

K ďalšiemu pozorovaniu boli vyhotovené vzorky s použitím čierneho guľôčkového pera, ktoré sú vyobrazené na obrázku 24. V tomto prípade sú viditeľné rozdiely, keďže bol použitý čierny atrament.

Odlesky sa vytvárajú na povrchu atramentu pera na oboch vzorkách, pričom na vzorke H2 sú odlesky výraznejšie, čo zapríčiňuje vrstva atramentu nachádzajúca sa na bode. Taktiež je možné spozorovať menšiu intenzitu bodov, čo mohlo zapríčiniť to, že na ich povrchu sa nachádza vrstva atramentu.

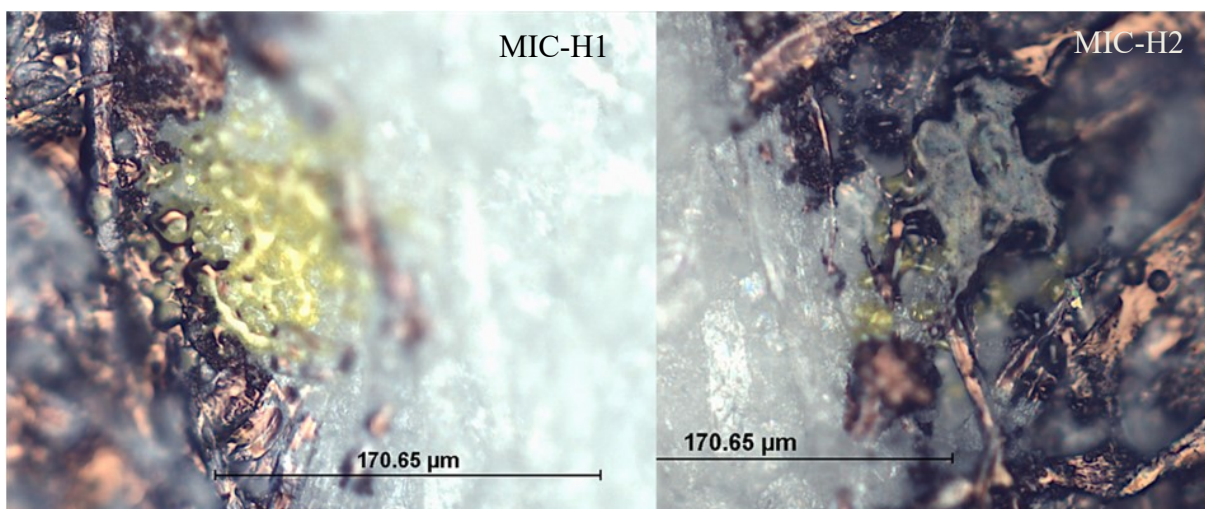
Charakteristika tlačového bodu je v oboch prípadoch skoro totožná. Na vzorke H2 dochádza k tomu, že bod sa javí nesprávne zafixovaný. Rovnaké správanie vykazujú aj body u vzorky H1, kde je to ale očakávateľné, keďže správnej fixácií bráni vrstva atramentu, ktorá sa nachádza pod tlačovým bodom.



Obrázok 24 Vzorok z tlačiarne TA s použitým čiernym perom

K popisu vzoriek so žltým bodom poslúžia snímky na obrázku 25. Už na prvý pohľad je možné zhodnotiť, o akú postupnosť čiar sa jedná. Tonerový bod na vzorke MIC-H2 je pokrytý vrstvou atramentu čierneho guľôčkového pera, ktorá dokazuje, že táto vzorka bola vytvorená dotlačou.

Na vzorke MIC-H1 je vidieť, časť plochy tonerového bodu sa nachádza na vrstve atramentu, pričom opticky sa javí, že žltý toner je nanesený na vrstve čierneho atramentu.

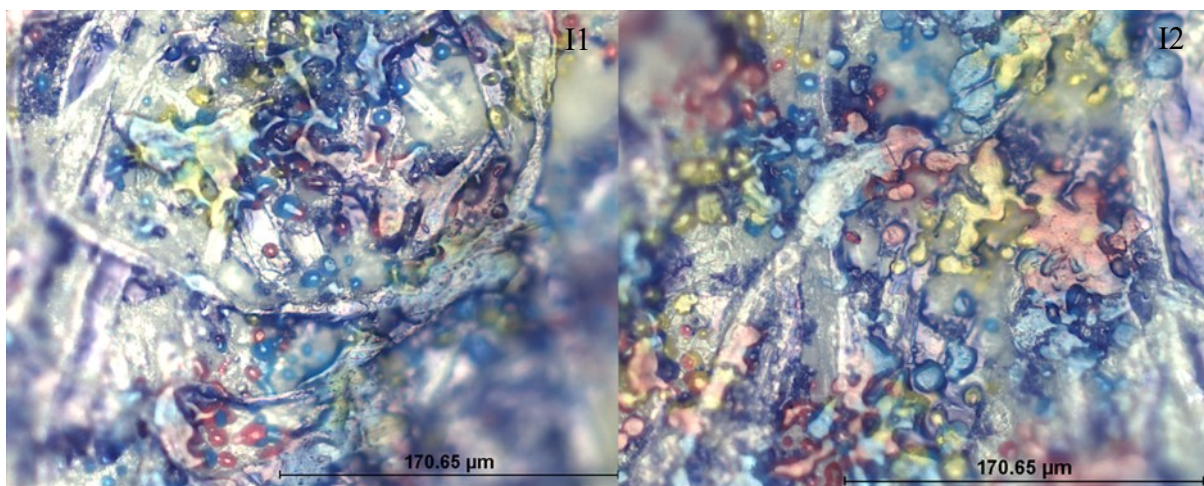


Obrázok 25 Žlté body z tlačiarne TA s použitým čiernym perom

Posledné skúmané vzorky pri tlačiarňi TA boli vyhotovené pomocou modrého guľôčkového pera značky Schneider Tops 505 F, ktoré sú vyobrazené na obrázku 26.

Tonerové body u vzorky I2 sú čiastočne ucelené, čo znamená že fixácia toneru prebehla v poriadku. Taktiež je možné miestami spozorovať ako vrstva atramentu pokrýva tonerové častice, zatiaľ čo na vzorke I1 sú tonerové častice viac rozprášené, čo mohla spôsobiť vrstva atramentu z pera. Pri lepšom pozorovaní sa zároveň javí, že častice sú na vzorke I1 opticky nad vrstvou atramentu.

Pri pozorovaní odleskov je vidieť, že výraznejšie sa vytvárajú na vzorke I2, kde to mohla zapríčiniť vrstva atramentu ktorá sa na časticách nachádza, nie je to však tak jednoznačné, ako napr. pri vzorkách z tlačiarne Canon alebo TA.

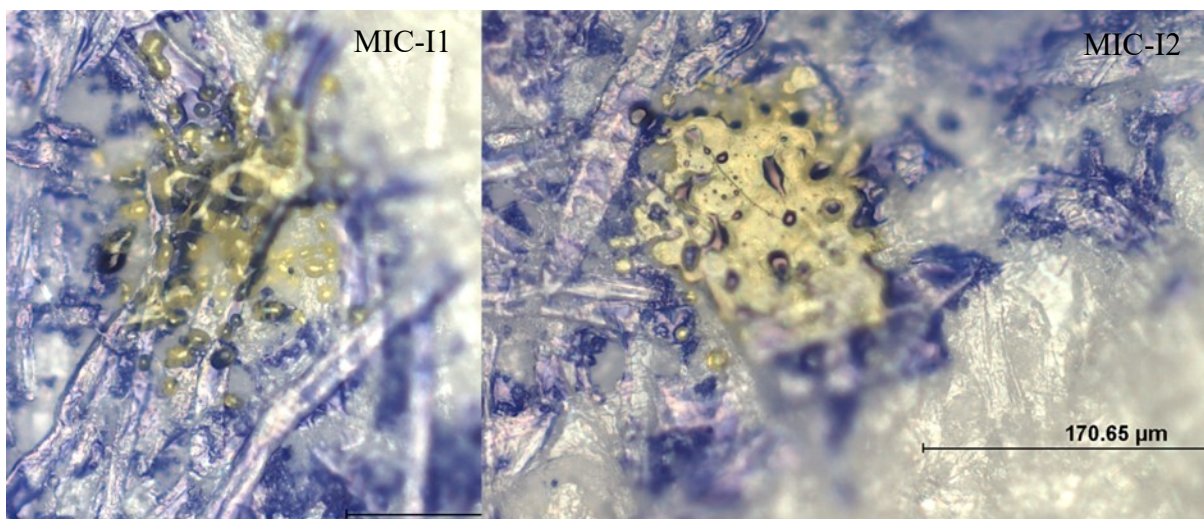


Obrázok 26 Vzorky z tlačiarne TA s použitým perom Schneider Tops 505 F

Na ďalšie skúmanie poslúži obrázok 27, ktorý vyobrazuje snímky so žltými bodmi. Na vzorke MIC-I2 je vidieť bod dôkladnejšie a podľa toho možno zhodnotiť, že bod je v porovnaní s bodom na vzorke MIC-I1 oveľa celistvejší a je vidieť iba minimálne množstvo rozprášených častíc v okolí bodu.

Taktiež je možné vypozerovať náznaky atramentu ktoré sa miestami vyskytujú na tlačovom bode, resp. v jeho póroch, avšak nie v plnej a krytej vrstve, čo môže mať spôsobovať odlišné zloženie toneru, kvôli čomu atrament správne neprilne.

Naopak bod na vzorke MIC-I1 je oveľa viac rozptýlený, čo spôsobila vrstva atramentu nachádzajúca sa pod ním. Zároveň je opäť u farebného toneru možné pozorovať jav, že toner je opticky nad vrstvou atramentu.

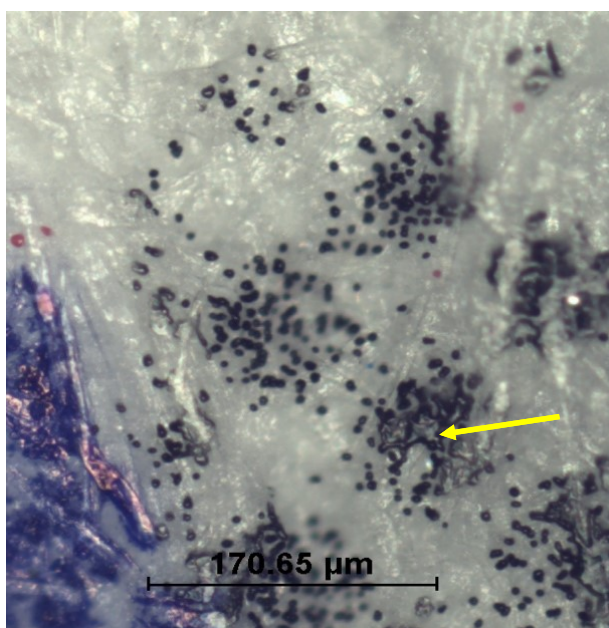


Obrázok 27 Žlté body z tlačiarne TA s použitým perom Schneider Tops 505

2.4.4 Konica Minolta AccurioPress C3070

Štvrtá z tlačiarňí, z ktorej boli vytvorené skúmané vzorky, je Konica Minolta AccurioPress C3070, ktorej základné špecifikácie sú vypísané v tabuľke 1. Nakoľko sa jedná o profesionálnu tlačiareň, aj na týchto vzorkách bolo možné pozorovať vyššie popisované, žlté MIC body.

Na úvod je na obrázku 28 vyobrazený tlačový bod na čistom papieri. Už na prvý pohľad je vidieť podobné črty, ako mal bod u tlačiarne TA, pričom body z týchto dvoch tlačiarňí sú zložené z veľkého množstva rozprášených častíc. Miestami je možné spozorovať, ako sa jednotlivé častice spojili (bod označený žltou šípkou).

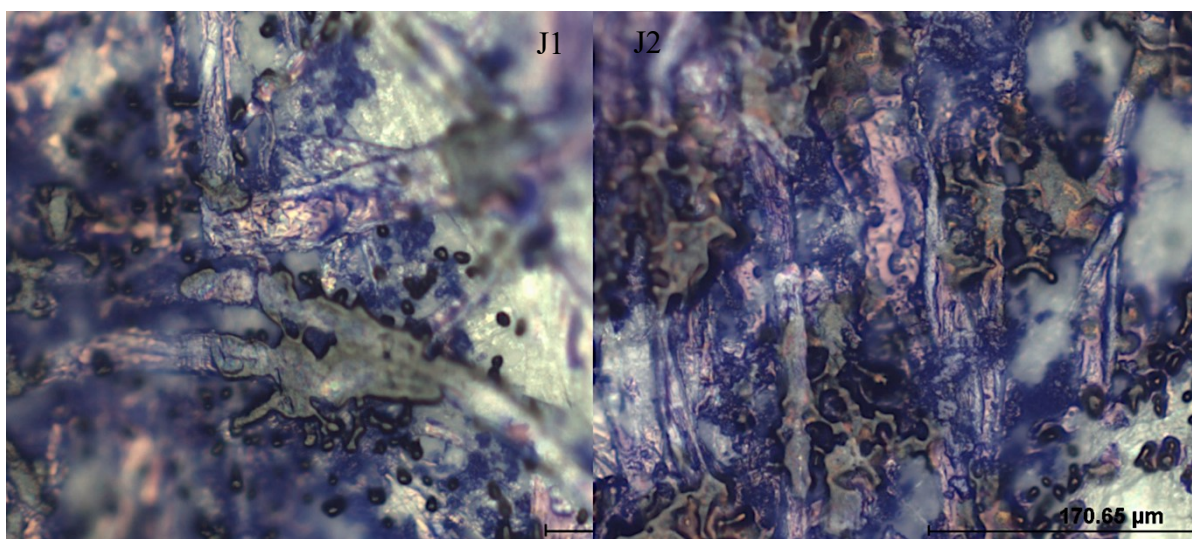


Obrázok 28 Tlačový bod vyhotovený tlačiarňou Konica Minolta AccurioPress C3070

Prvé skúmané vzorky sú opäť vyhotovené guľôčkovým perom značky BIC Cristal Soft ako je možné vidieť na obrázku 29. Už na prvý pohľad je vidieť značné rozdiely.

Čo sa charakteristiky bodu na vzorkách týka, do istej miery sú si podobné, pomerne ucelené, miestami pórovité. Na vzorke J1 je však určite potrebné spomenúť vyššie množstvo rozprášených častíc v okolí bodu. To naznačuje, že vzorka bola vytvorená dotlačou, čo tak aj v skutočnosti bolo. Častice u vzorky J2 je možné pozorovať, ale v oveľa nižšej miere, čo naznačuje, že toner sa zafixoval správne a nebránila mu žiadna vrstva atramentu. Zároveň na vzorke J2 je možné pozorovať čiastočné odlesky, ktoré odkazujú na prítomnosť atramentu na tlačovom bode.

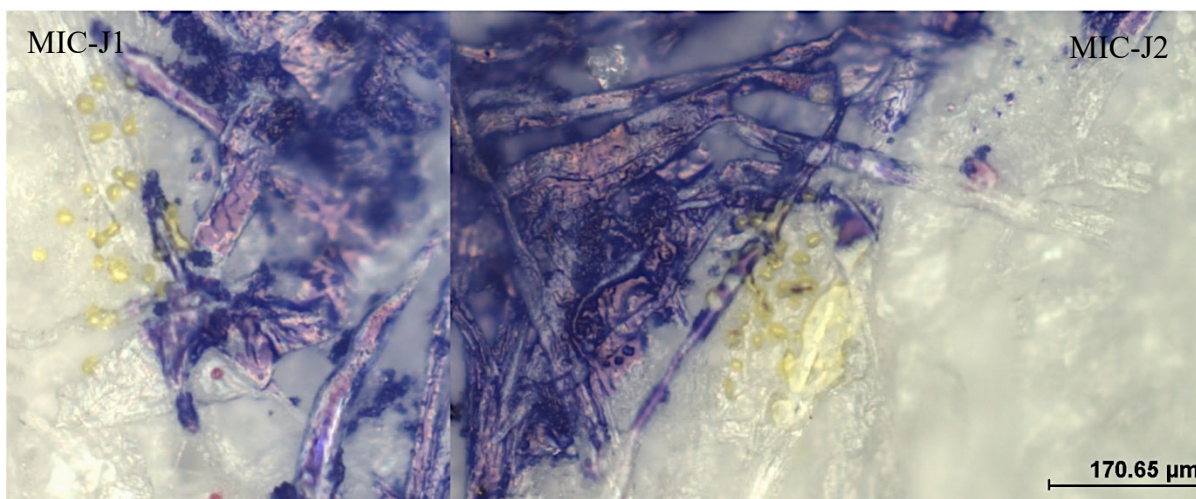
Na vzorke J1 je rovnako možné vidieť, že miestami modrý atrament presvitá cez tlačový bod, a to predovšetkým v miestach, kde sa bod rozpil na vrstve atramentu.



Obrázok 29 Vzorky z tlačiarne Konica Minolta s použitým perom BIC Cristal Soft

Skúmanie žltých bodov bolo o niečo náročnejšie ako u tlačiarne TA, keďže bolo problematické nájsť bod, ktorý zasahuje do atramentu a tým pádom je použiteľný pre skúmanie.

Na obrázku 30 sú vyobrazené vzorky MIC-J1 a MIC-J2. Na prvý pohľad sa vzorky zdajú podobné. Avšak pri posúdení charakteristiky bodu je možné spozorovať odlišné črty. U vzorky MIC-J1 je bod zložený z tonerových častíc ktoré sa nespojili. Tieto vlastnosti sú vidieť aj na vzorke MIC-J2, ale miestami je taktiež vidieť, že sa častice spojili správne.

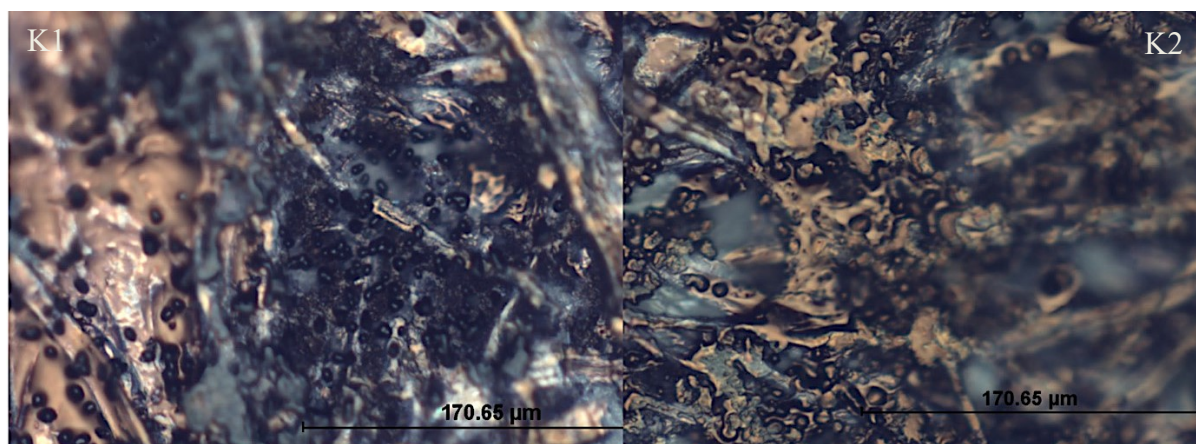


Obrázok 30 Žlté body z tlačiarne Konica Minolta s použitým perom BIC Cristal Soft

Ďalšie skúmané vzorky K1 a K2 zobrazené na obrázku 31 sú vyhotovené čiernym guľôčkovým perom.

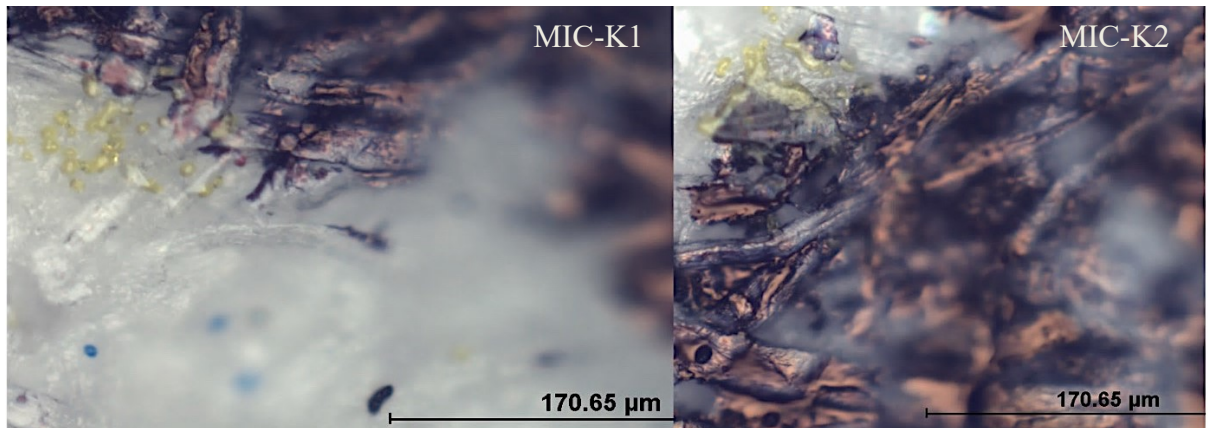
Charakteristika bodu na vzorke K2 je opäť podobná ako u predchádzajúcich vzoriek, čo znamená, že bod je spojitý a došlo k správnej fixácii tlačového bodu na povrch papiera. O aké kríženie čiar sa jedná naznačuje aj atrament, ktorý z veľkej časti pokrýva tlačový bod, z čoho vyplýva, že sa jedná o klasickú tlač.

Vzorka K1 naopak vykazuje odlišné vlastnosti. Podobne, ako u predošlých vzoriek pri dotlači, bod sa nezafixoval správne, čo je možné vidieť na tonerových časticiach, ktoré sa správne nespojili a sú rozptýlené po povrchu papiera. Taktiež nie je vidieť odlesky z atramentu na povrchu bodu. Výrazné odlesky sa vytvárajú mimo tonera, respektíve iba na atramente ktorý sa nachádza pod ním.



Obrázok 31 Vzorky z tlačiarne Konica Minolta s použitým čiernym perom

U žltých bodov MIC-K1 a MIC-K2, ktoré sú zobrazené na obrázku 32, bolo posudzovanie jednotlivých kritérií náročnejšie. Body sa totiž iba z malej časti prekrývajú s čiernym atramentom. V celistvosti bodov je možné vidieť drobné rozdiely, pričom bod na vzorke MIC-K2 sa javí spojený lepšie, ale vzhľadom k tomu, že oba body ležia na bielom povrchu papiera, nie je z toho možné vyvodiť žiaden záver.

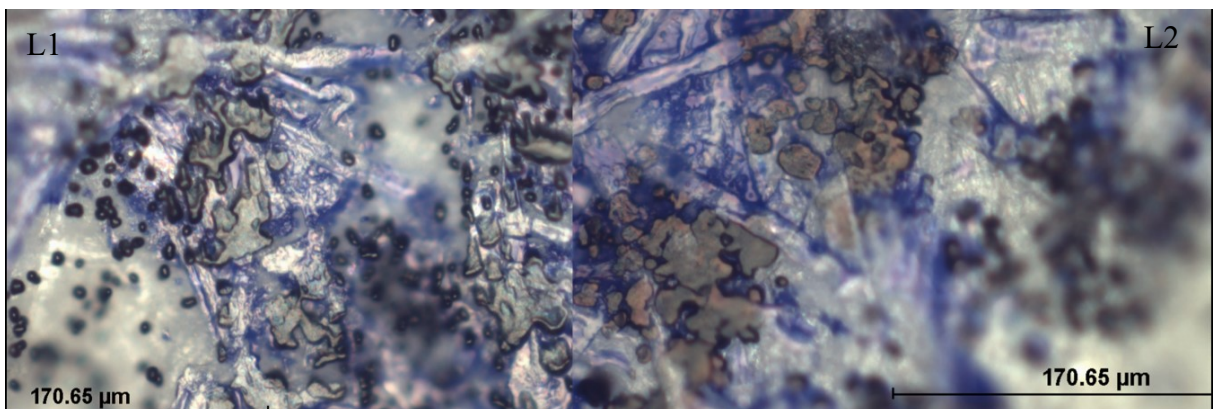


Obrázok 32 Žlté body z tlačiarne Konica Minolta s použitým čiernym perom

Skúmanie vzoriek L1 a L2, ktoré sú vyobrazené na obrázku 33, bolo o čosi jednoduchšie, keďže už zo snímok je vidieť značné rozdiely.

Bod na vzorke na L2 sa javí lepšie spojený a na jeho povrchu je možné vidieť odlesky spôsobené vrstvou atramentu pera.

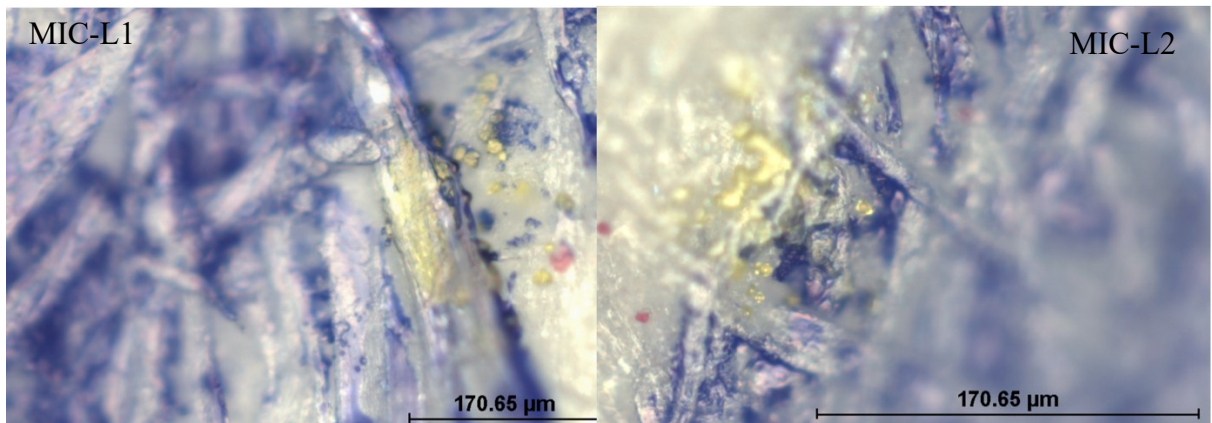
Odlišné vlastnosti má bod na vzorke L1, kde sa z väčšej časti tonerové časti nespojili. Taktiež jeho farebnosť je na všetkých miestach rovnaká, čo znamená že ho žiadny atrament neprekrýval, ako to je možné vidieť u vzorky L2.



Obrázok 33 Vzorky z tlačiarne Konica Minolta s použitým perom Schneider Tops 505 F

Posledné skúmané žlté body sú vyobrazené na obrázku 34. V tomto prípade je charakteristika bodov odlišná. U vzorky MIC-L2 je bod ucelenejší, respektíve sa lepšie

zafixoval na potlačovaný materiál než u vzorky MIC-L1, u ktorej sú častice toneru viditeľné. Taktiež je možné spozorovať u vzorky MIC-L1, že v niektorých miestach je bod výrazne tmavší, čo mohla zapríčiniť vrstva atramentu ktorá sa nachádza pod ním.



Obrázok 34 Žlté body z tlačiarne Konica Minolta s použitým perom Schneider Tops 505 F

2.5 Skúmanie častíc tonera pretínajúcich sa s atramentom

Druhá experimentálna časť sa zaoberá skúmaním tonerových častíc, ktoré nie je možné voľným okom spozorovať. Jedná sa o častice, ktoré vznikajú pri prášení tonera počas tlače. Nakoľko ide o veľmi malé častice, bolo zložitejšie nájsť miesta, kde dochádza ku styku tonera s atramentom. Taktiež samotné skúmanie bolo zložitejšie než u predošlej časti.

Vzhľadom k tomu, že ide o tie isté vzorky, aké boli skúmané v predošlých oddieloch, tak postup ich pozorovania a príprava sú rovnaké. Avšak pri skúmaní kritérií nebolo možné vyhodnocovať všetky ktoré sa skúmali u predchádzajúcich. Kritérium ako je charakteristika tlačového bodu v tomto prípade logicky nebolo možné uvažovať, keďže tlačový bod je práve zložený zo skúmaných častíc tonera.

Pri pozorovaní častíc boli dôležitým kritériom odlesky, ktoré mohli napomôcť k určeniu postupnosti vrstiev toneru a atramentu. Taktiež v tejto časti pomohla Z-frekvencia, ktorá pri vyhodnocovaní snímok zaostrovala vždy najvyššiu možnú vrstvu vzorky.

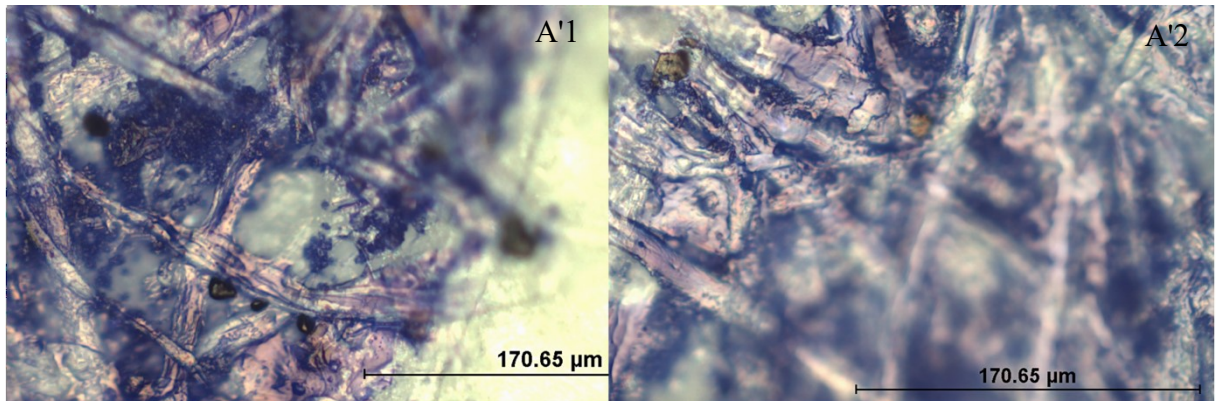
2.5.1 Častice tonera z tlačiarne Canon i-SENSYS MF4890dw

Ako prvé boli pozorované častice z tlačiarne Canon. Na obrázku 35 sú vyobrazené častice toneru a použitého atramentu modrého guľôčkového pera BIC Cristal Soft. Už na prvý pohľad vidieť značné rozdiely v odleskoch častíc.

Na vzorke A'1 má toner výrazne čiernu farbu než u vzorky A'2, čo môže predurčovať následnú postupnosť vrstiev toneru a atramentu, t. z., že vzorka A'1 nejaví žiadne náznaky, že by sa na časticách nachádzal atrament.

U vzorky A'2 miestami na časticiach vznikajú odlesky a tie majú za následok odlišné sfarbenie toneru, čo znamená, že atrament pokrýva tonerové častice.

Opticky sa častice u oboch vzoriek javia, že sa nachádzajú na atramente, čo by u vzorky A'2 nebolo možné keďže na nej je toner pod atramentom. Tento jav by mohol vznikáť kvôli tomu, že častica má odlišnú hrúbku vrstvy tonera než atrament, a tým pádom sa u vzorky A'2 javí že je nad atramentom.



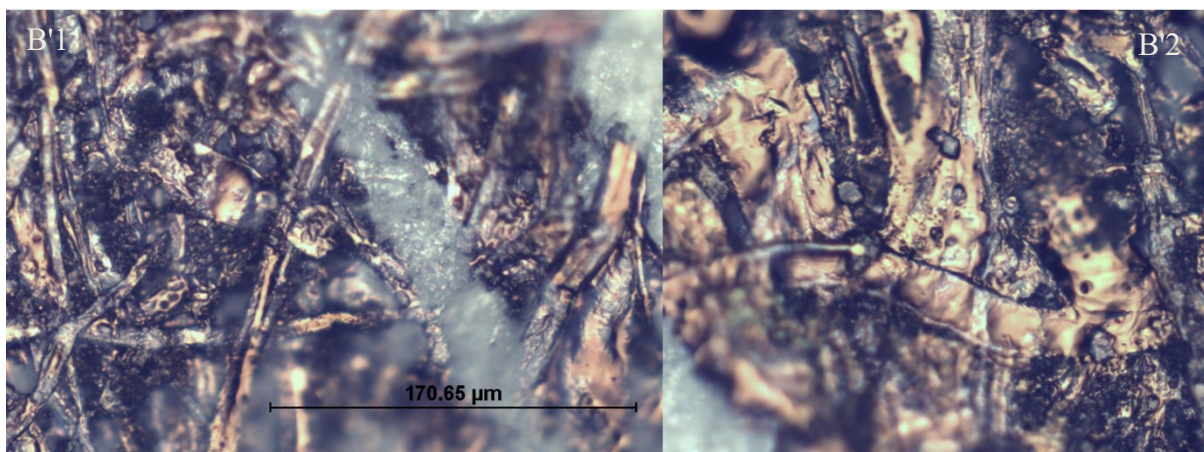
Obrázok 35 Častice tonera z tlačiarne Canon za použitia pera BIG Cristal Soft

Ďalšie skúmané vzorky boli vyhotovené čiernym guľôčkovým perom. V tomto prípade bolo zložité nájsť častice toneru, vzhľadom k tomu že ide o čierny atrament.

Na obrázku 36 sú vyobrazené vzorky B'1 a B'2. U vzorky B'2 je miestami vidieť malé častice toneru, ktoré sa na vzorke vyskytujú, zatiaľ čo na vzorke B'1 sa miestami javí, že sú častice vidieť, avšak nie je možné s určitosťou povedať, či sa jedná o tonerové častice, alebo nie.

U vzorky B'1 je miestami vidieť tmavé miesta, ktoré vyzerajú ako častice toneru, ktoré majú výrazne intenzívnu farbu, čo by mohlo znamenať že toner sa nachádza na atramente. V prílohe A sa nachádzajú snímky vytvorené za pomoci Z-frekvencie, avšak ani z nich nie je možné jednoznačne posúdiť poradie médií.

Čo sa odleskov týka, tie je možné pozorovať na vzorke B'1, pričom zo snímkov v prílohe A odlesky vidieť nie sú, čo môže pomôcť pri určovaní poradia čiar.

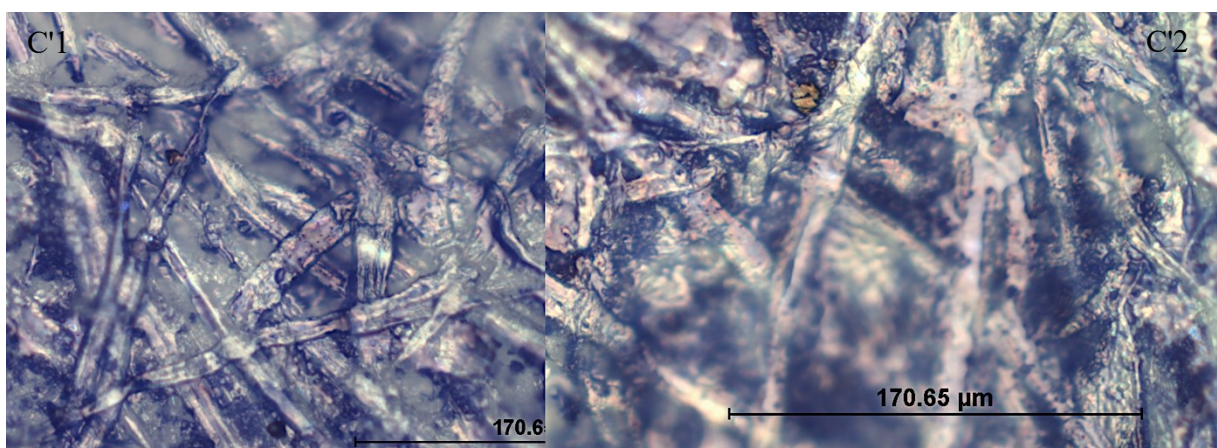


Obrázok 36 Častice tonera z tlačiarne Canon za použitia čierneho pera

Posledné vzorky C'1 a C'2 z tlačiarne Canon, ktoré boli vyhotovené modrým pero značky Schneider Tops 505 F, sú vyobrazené na obrázku 37.

U vzorky C'2 sú viditeľné odlesky, ktoré vznikajú na častici toneru. Taktiež je možné spozorovať odlišné sfarbenie, ktoré častica má. To mohlo byť zapríčinené vrstvou atramentu, ktorá ju pokrýva.

Pri vzorke C'1 má častica rozhodne menšie rozmery ako u druhej vzorky, čo môže zapríčiniť skreslené hodnotenie. Avšak na prvý pohľad sa častica javí, že má výraznejšiu farbu ako vzorka C'2, čo môže byť zapríčinené tým, že sa na nej nenachádza žiadny atrament.



Obrázok 37 Častice tonera z tlačiarne Canon za použitia pera Schneider Tops 505 F

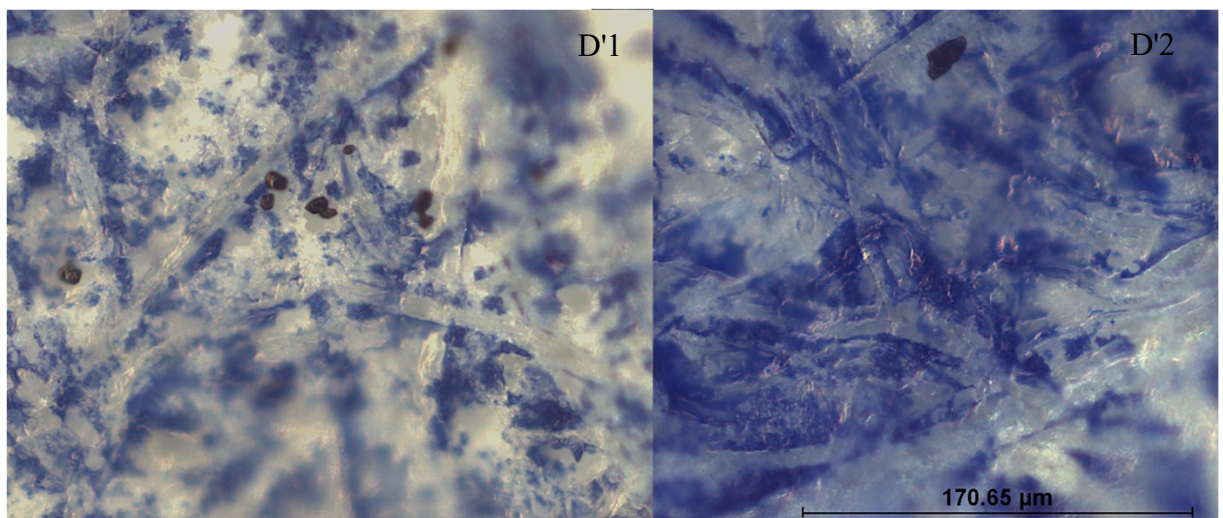
2.5.2 Častice tonera z tlačiarne Xerox Phaser 3052

U vzoriek z tlačiarne Xerox bolo zložitejšie určiť, o akú postupnosť kríženia čiar sa jedná. V tomto prípade bolo nutné zamerať sa na snímky, ktoré vytvorila Z-sekvencia a podľa ostrosti overiť, či sa dá určiť následná postupnosť.

Vzorky D'1 a D'2 sú vyobrazené na obrázku 38. Opäť bolo zložené najst' častice tak, aby sa nachádzali blízko atramentu. V tomto prípade ani na jednej vzorke nie je možné povedať, o akú postupnosť krížiacich sa čiar ide.

Vzorka D'2, ktorá je teda vyhotovená ako klasický dokument nevykazuje vlastnosti, že by sa atrament na častici nachádzal, a tým pádom sa na ňom nevytvárajú čiastočné odlesky. Taktiež jeho intenzita farby je rovnaká, ako u vzorky D'1.

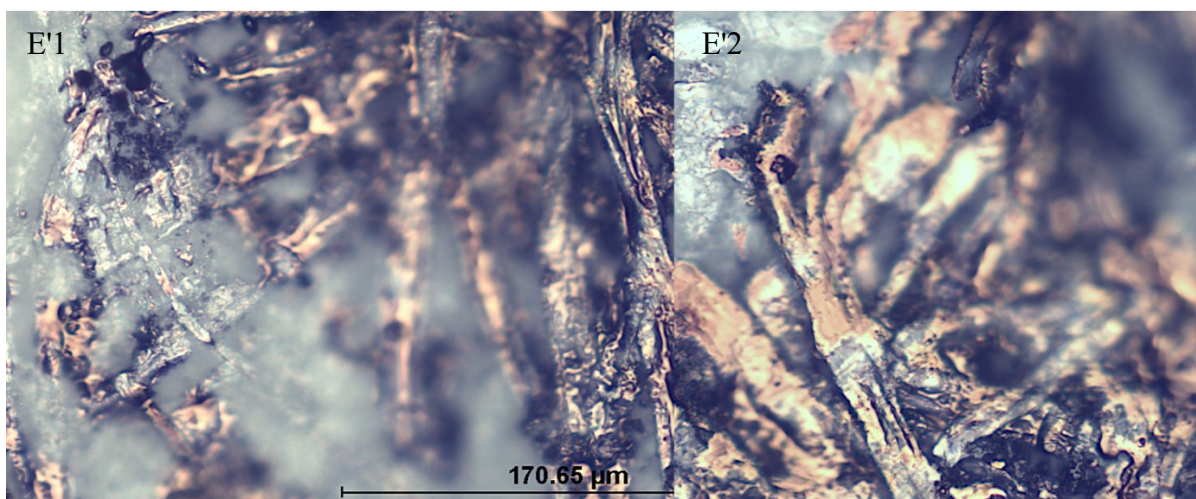
Pokiaľ by sa prihliadalo na snímky vytvorené Z-sekvenciou, vyobrazených v prílohe B, tak u vzorky D'2 by sa dalo povedať, že ide o klasickú tlač, keďže podľa ostrosti boli vytvorené snímky najprv častice a potom atrament.



Obrázok 38 Častice tonera z tlačiarne Xerox za použitia pera BIC Cristal Soft

U vzoriek E'1 a E'2, ktoré sú zobrazené na obrázku 39, sú ich vlastnosti vidieť o trochu lepšie než u predošlých vzoriek. V tomto prípade častice u vzorky E'2 vykazujú slabšie odlesky, vďaka ktorým má toner miestami odlišné sfarbenie.

Vzorka E'1 je odlišná, keďže na nej sú častice toneru bez odleskov a majú intenzívnu čiernu farbu. Iba podľa tohto kritéria nie je možné s presnosťou určiť, o akú postupnosť vrstiev sa jedná, a preto pre lepšie posúdenie poslúžili snímky Z-sekvencie, vyobrazené v prílohe C. Z nich je vidieť, ako tonerové častice boli zaostrené prvé, čo poukazuje na to že sa jedná o dotlač.

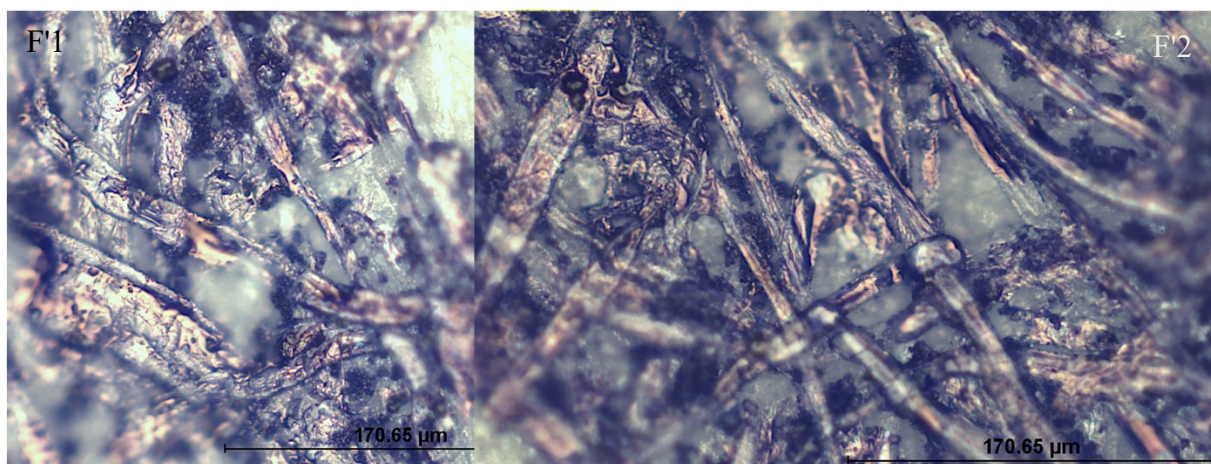


Obrázok 39 Častice tonera z tlačiarne Xerox za použitia čierneho pera

Posledné vzorky vyhotovené z tlačiarne Xerox boli náročné na hodnotenie. Vzorky F'1 a F'2 ktoré sú na obrázku 40, vyzerajú takmer totožne, takže je veľmi ťažké určiť, o akú postupnosť ide.

U vzorky F'2, ktorá bola vyhotovená ako klasická tlač, častica toneru vykazuje miestami možné odlesky, ale nie sú tak intenzívne aby bolo možné povedať, že sa atrament nachádza na toneri.

Tieto vlastnosti má aj vzorka F'1, u ktorej častica toneru taktiež vykazuje miestami odlesky, ale pri bližšom pozorovaní sa môžu javiť trochu odlišne, čo znamená že majú o niečo slabšiu intenzitu odleskov než vzorka F'2.



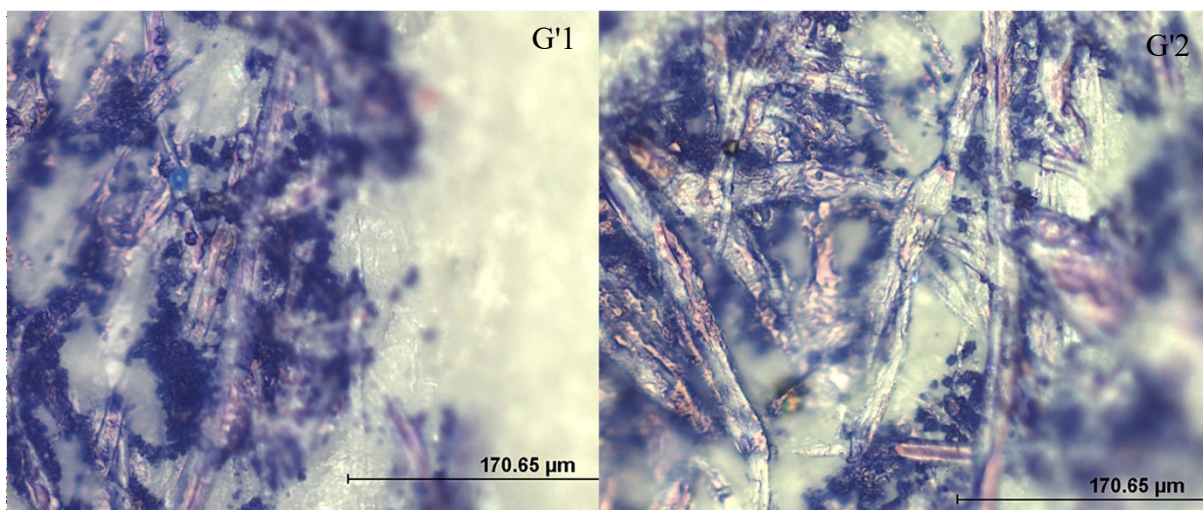
Obrázok 40 Častice tonera z tlačiarne Xerox za použitia pera Schneider Tops 505 F

2.5.3 Častice tonera z tlačiarne Triumph Adler 2508ci

Keďže táto tlačiareň bola nastavená na farebnú tlač, tak aj častice budú rovnakej farebnosti ako predošlé vzorky. Prvé boli opäť vyhotovené vzorky s atramentom BIC Cristal Soft, ako je vidieť na obrázku 41.

U vzorky G'1 je vidieť modrú časticu toneru. U tejto snímky sa častica javí, že je na vrstve atramentu, ale nachádza sa v mieste, kde moc do atramentu nezasahuje. Čo sa odleskov týka, tak častica nejaví žiadne odlišné sfarbenie.

Vzorka G'2 vyobrazuje čierny toner, ktorý sa taktiež javí, že sa nachádza na atramente, avšak ide o vzorku, ktorá sa vytvorila ako klasická tlač, takže v tomto prípade to nie je možné. Z hľadiska odleskov tak tie na toneri čiastočne vznikajú, ale nie v takej miere ako u predošlých skúmaných vzoriek. Taktiež pri lepšom skúmaní snímok vyhotovených zo Z-sequencie, nie je možné s určitosťou povedať, o aké vzorky ide.

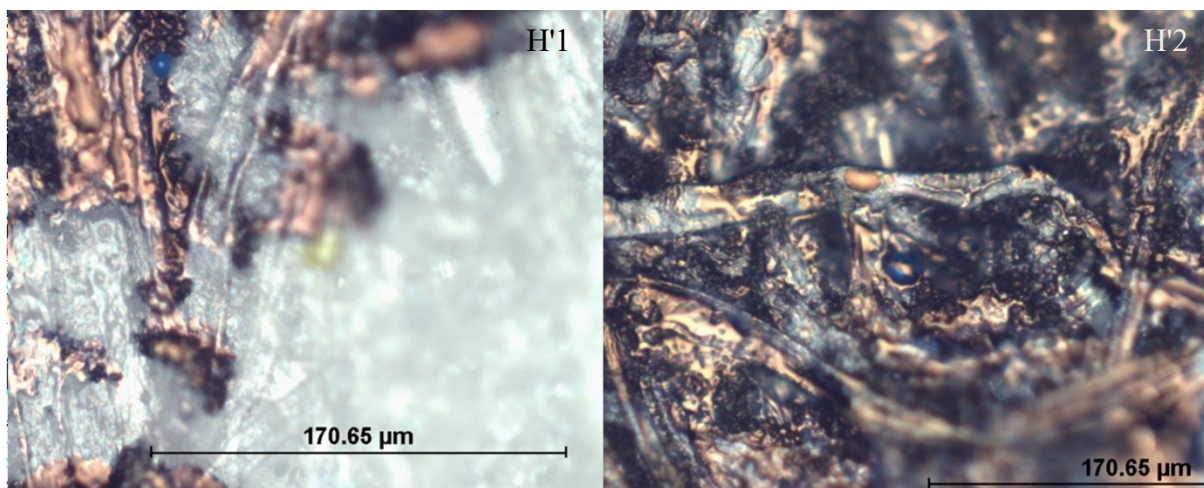


Obrázok 41 Častice tonera z tlačiarne TA za použitia pera BIC Cristal Soft

Skúmanie vzoriek H'1 a H'2 na obrázku 42 bolo o niečo jednoduchšie. V oboch prípadoch ide o azúrovú časticu tonera, u ktorej sú rozdiely vidieť na prvý pohľad.

U vzorky H'1 má toner hladký povrch, čo znamená že na jeho povrchu sa nenachádza žiadna vrstva atramentu pera. To dokazuje aj fakt, že farba toneru má na všetkých miestach rovnakú intenzitu.

Azúrová častica ktorá je na vzorke H'2 tieto vlastnosti nemá a je na nej jasne vidieť, že je pokrytá vrstvou čierneho atramentu. To dokazuje jeho odlišné sfarbenie, ktoré je miestami možné vidieť. V tomto prípade je možné s určitosťou určiť postupnosť krížiacich sa vrstiev tonera a atramentu guľôčkového pera.

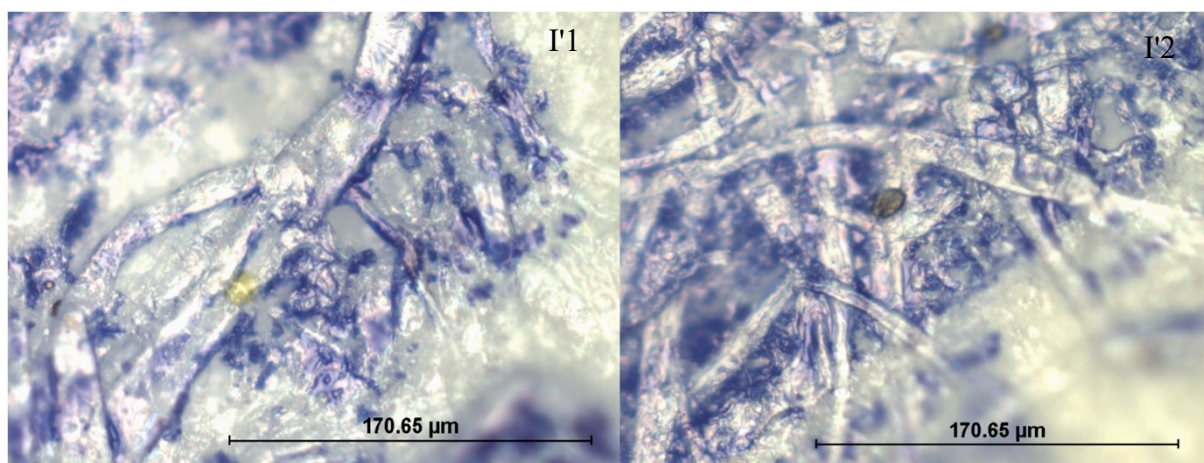


Obrázok 42 Častice tonera z tlačiarne TA za použitia čierneho pera

Podobné skúmanie ako u vzoriek G'1 a G'2 prebehlo aj u vzoriek I'1 a I'2 vyobrazených na obrázku 43. V tomto prípade bolo taktiež zložité určiť vlastnosti častíc toneru.

U vzorky I'1 má častica jasnú žltú farbu a nevykazuje žiadne odlesky atramentu, čo naznačuje, že vzorka vznikla pretlačou atramentu.

Častica ktorá sa nachádza na vzorke I'2 naopak vykazuje miestami odlesky, čo by znamenalo, že sa na nej nachádza vrstva atramentu, ale nie je to jednoznačné ako napríklad u vzoriek H'1 a H'2, kde bola vrstva atramentu výraznejšia.

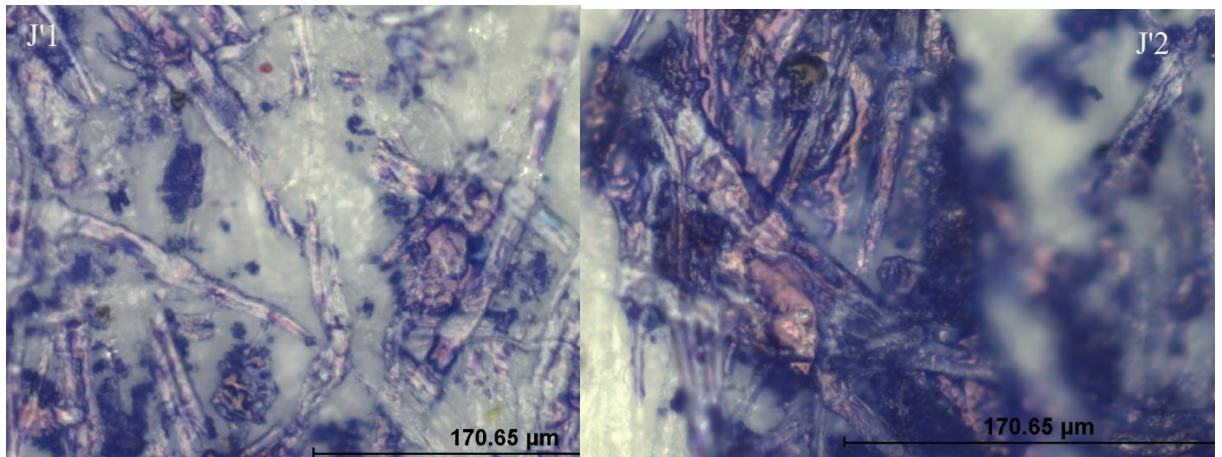


Obrázok 43 Častice tonera z tlačiarne TA za použitia pera SCHNEIDERTOPS 505 F

2.5.4 Častice tonera z tlačiarne Konica Minolta AccurioPress C3070

Ako posledné boli skúmané vzorky z tlačiarne Konica. V tomto prípade sa jednalo o rovnaký postup vyhotovenia vzoriek, ako u predchádzajúcich skúmaní. Vzorky J'1 a J'2, ktoré sú vidieť na obrázku 44, javia na prvý pohľad rozdiely.

Hlavný rozdiel je vo veľkosti častíc, kde u vzorky J'1 sú častice menšie než u vzorky J'2, a to komplikuje ich ďalšie skúmanie. U vzorky J'2 má častica náznaky vrstvy atramentu a taktiež vykazuje slabšie odlesky., zatiaľ čo u vzorky J'1 odlesky nie je možné pozorovať, čo potvrdzuje aj to, že vzorka vznikla dotlačou.

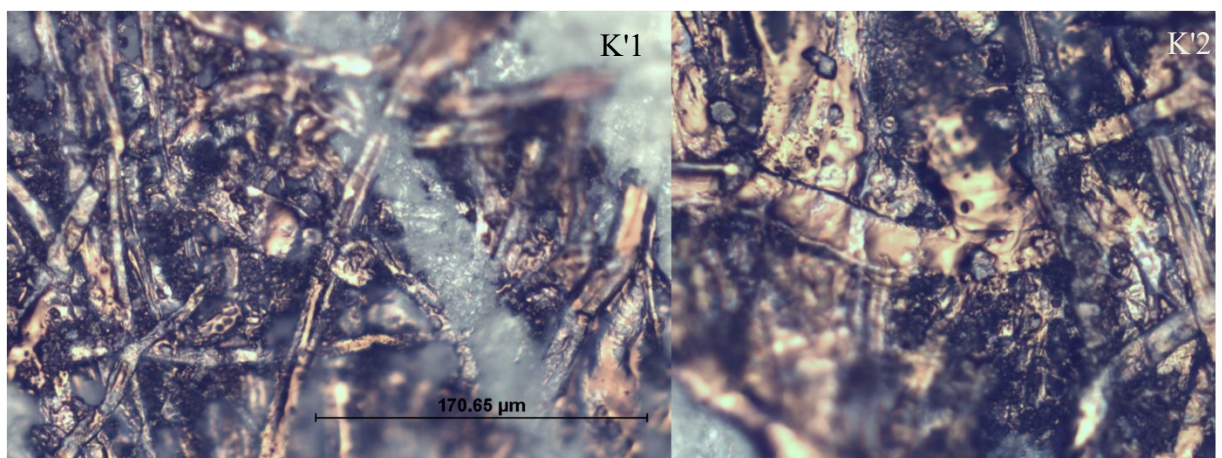


Obrázok 44 Častice tonera z tlačiarne Konica za použitia pera BIC Cristal Soft

U ďalších vzoriek K'1 a K'2 zobrazených na obrázku 45 bolo o niečo jednoduchšie určovať ich rozdiely, keďže šlo o čierny atrament, a ten, ako sa ukázalo u predchádzajúcich skúmaníach, je na hodnotenie jednoduchší.

Tonerové častice na vzorke K'2, vykazujú na prvý pohľad odlišnú intenzitu sfarbenia, a miestami je na nich vidieť vrstvu atramentu. Tá zapríčiňuje to, že na časticiach sa vytvárajú odlesky.

Avšak pri vzorke K'1 je veľmi zložitá štruktúra častíc, keďže miestami sa vyskytujú charakteristiky, že ide o tonerové častice, ale nie je to jednoznačné.

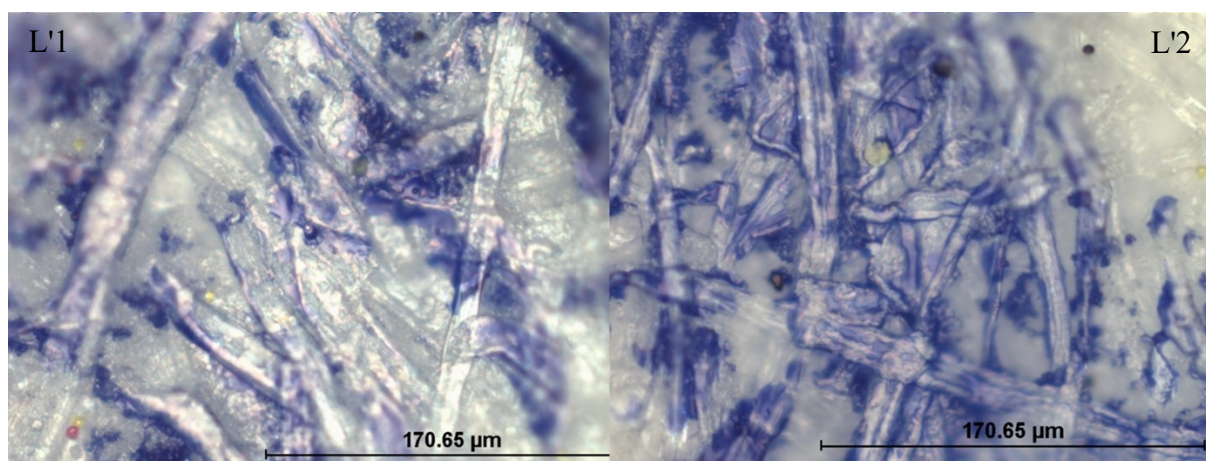


Obrázok 45 Častice tonera z tlačiarne Konica za použitia čierneho pera

Poslednými skúmanými vzorkami sú L'1 a L'2, ktoré sú vyobrazené na obrázku 46. Obe vzorky vykazujú zhoršené pozorovanie, keďže tonerové častice nie sú takmer viditeľné.

U vzorky L'1 sú vidieť tonerové častice purpurovej a žltej farby, ktoré sa nenachádzajú v blízkosti atramentu, a tým pádom sú pre skúmanie nepoužiteľné. Pri dôkladnejšom pozorovaní, sú miestami vidieť náznaky čierneho toneru avšak nie je možné s určitosťou povedať, či sa jedná o častice toneru alebo nie.

U vzorky L'2, sú častice toneru viditeľnejšie, takže je možné ich ďalej skúmať. Pri dôkladnejšom pozorovaní je vidieť odlišné sfarbenie častice, ktoré sa javí ako vrstva atramentu. V tomto prípade by bolo možné povedať že sa jedná o atrament, keďže pri lepšom pozorovaní je vidieť že častica sa nachádza v mieste, kde sa atrament vsakuje do vlákna papiera.



Obrázok 46 Častice tonera z tlačiarne Konica za použitia pera Schneider Tops 505 F

2.6 Zhodnotenie kritérií

V nasledujúcom oddiele budú vyhodnotené jednotlivé vzorky z hľadiska hodnotenia tonerových bodov, ale aj tonerových častíc. Je dôležité poznamenať, že hodnotenie naplnenia jednotlivých kritérií prebiehalo s vedomím, ako boli jednotlivé vzorky vypracované, preto sú vzorky v tabuľkách zoradené podľa spôsobu vypracovania, t. j. vzorky X1 sú vždy dotlač a vzorky X2 sú vždy vytvorené klasicky. Cieľom tohto hodnotenia je ukázať, či je možné jednotlivému spôsobu vytvorenia vzoriek priradiť špecifické vlastnosti tak, ako boli definované v oddiele 2.3.

2.6.1 Hodnotenie tonerových bodov

Po celkovom skúmaní vzoriek, sa zhodnotili ich vlastnosti. K hodnoteniu sa použila bodová škála od 1 do 4. Číselné ohodnotenia zodpovedajú nasledujúcim stupňom:

- 1 – vôbec nesplňuje kritérium,

- 2 – skôr nesplňuje kritérium,
- 3 – skôr splňuje kritérium,
- 4 – úplne splňuje kritérium.

Z toho vyplýva, že na základe počtu kritérií a hodnotiacej škály je maximum možných získaných bodov pre každú vzorku 12. Po ohodnotení sa body sčítajú a následne sa na základe podľa počtu bodov určí, aké celkové hodnotenie daná vzorka získala. Výsledková škála je nasledovná:

- 3 až 6 b. – o vzorke sa nedá jednoznačne prehlásiť, ktorým spôsobom bola vytvorená,
- 7 až 9 b. – jednoznačné prehlásenie je sporné,
- 10 až 12 b. – u vzorky je možné určiť poradie križiacich sa čiar.

Hodnotenie, ako majú jednotlivé vzorky vyzerat', sú popísané v pododdieli 2.3, kde je charakteristika vzoriek popísaná. Škála je zámerne nastavená tak, aby vzorka, o ktorej bude rozhodnuté, že je možné určiť poradie čiar, získala pri aspoň dvoch kritériách 3 body a zároveň u jedného kritéria aspoň 4 body.

Podľa tohto usúdenia, sa vyhodnotila tabuľka 2, kde sú vyhodnotenú vzorky A1 až L1. Ide o vzorky ktoré sú vytvorené ako pretlač. Je dôležité dodať, že body boli udelené podľa subjektívneho hodnotenia autorky práce.

Tabuľka 2 Vyhodnotenie kritérií vzoriek vyhotovené pretlačou

tlačiareň	vzorky	Kritéria			celkom
		charakteristika bodu	odlesky	atrament	
Canon	A1	1	1	1	3
	B1	4	4	4	12
	C1	4	4	4	12
Xerox	D1	4	4	4	12
	E1	3	4	4	11
	F1	1	4	4	9
TA	G1	3	4	4	11
	H1	2	2	3	7
	I1	1	2	4	7
Konica	J1	1	4	4	9
	K1	4	4	4	12
	L1	3	3	4	10

Zdroj: autorka

Z tabuľky je možné vypočítať, že na základe určenej škály splňuje kritérium na jednoznačné rozhodnutie o vzorke vždy aspoň jedna z troch vzoriek.

Najhoršie dopadla vzorka A1, vytvorená tlačiarňou Canon. V tomto prípade bol problém u všetkých troch kritérií, ktoré sa nezhodovali s predpokladanými vlastnosťami u daného typu vzorky. Tlačový bod nezodpovedal charakteristike bodu, ako by mal vyzeráť na pretlačnom dokumente. Taktiež bolo u tejto vzorky vidieť odlišné sfarbenie tlačového bodu. Čo sa týka odleskov, tak v tomto prípade sa na vzorke na väčšine miestach odlesky vytvárali.

U vzoriek F1 a J1, vytvorených tlačiarňami Xerox a Konica, je možné určiť správne poradie pretínajúcich sa čiar presnejšie, avšak ich tlačový bod sa výrazne odlišuje od požadovanej charakteristiky. U Konicy je bod z veľkej časti ucelený, čo vykazuje aj tlačový bod z tlačiarne Xerox.

Zo všeobecného hľadiska, boli najspornejšie vzorky z tlačiarne Triumph Adler (TA), kde u dvoch z troch vzoriek nie je možné rozhodne povedať že ide o pretlač. U vzoriek H1 a I1 je celkové hodnotenie 7, čo je spodná hranica nejednoznačného prehlásenia. V tomto prípade u oboch vzoriek bol problém v charakteristike tlačového bodu. Charakteristika nespĺňovala požadované vlastnosti, ktoré by mal tlačový bod spĺňať.

V tabuľke 3, sú vyhodnotenú vzorky A2 až L2, ktoré sú vytvorené ako klasický dokument, a teda najprv tlač, potom vrstva atramentu pera.

Tabuľka 3 Vyhodnotenie kritérií vzoriek vyhotovené ako klasický dokument

tlačiareň	vzorky	Kritéria			celkom
		charakteristika bodu	odlesky	atrament	
Canon	A2	4	4	4	12
	B2	4	4	3	11
	C2	4	3	4	11
Xerox	D2	3	2	2	7
	E2	3	4	4	11
	F2	4	4	4	12
TA	G2	3	1	2	6
	H2	2	3	2	7
	I2	3	3	3	9
Konica	J2	4	2	4	10
	K2	4	4	4	12
	L2	4	4	3	11

Zdroj: autorka

V tomto prípade je vidieť, že u väčšiny vzoriek, bolo možné jednoznačne prehlásiť, o aký postup krížiacich sa čiar sa jedná. Opäť sa však našli vzorky, ktoré boli sporné, príp. jedna, u ktorej nebolo možné rozhodnúť.

Najhoršie hodnotenie majú vzorky z tlačiarne Triumph Adler (TA). Z tabuľky 3 je vidieť, že ani jedna vzorka z troch, nespĺňa požadovanú spodnú hranicu hodnotiacej škále, pre jednoznačné určenie postupnosti čiar. Vzorky H2 a I2 vykazujú nejasnosti vo všetkých kritériách, ako v charakteristike bodu, tak aj v odleskoch a v atramente. Hlavnou príčinou môže byť zlé nastavenie tlačiarne, respektíve zle nastavená farebnosť, ktorá zapríčinila horšie podmienky pre hodnotenie daných kritérií.

2.6.2 Hodnotenie tonerových častíc

U hodnotenia tonerových častíc, bolo výsledné hodnotenie náročnejšie, keďže boli skúmané iba dve kritéria, a to odlesky, a ako sa správa atrament na bode. Kritérium charakteristika tlačového bodu bola v tomto prípade irelevantná, pretože tonerový bod je zložený z jednotlivých častíc. Keďže hodnotené boli iba dve kritéria, tak najvyšší možný počet bodov ktoré mohla vzorka získať bolo 8 bodov. Z tohto hľadiska bola výsledková škála upravená nasledovne:

- 2 až 4 b. – o vzorke sa nedá jednoznačne prehlásiť, ktorým spôsobom bola vytvorená,
- 5 až 6 b. – jednoznačné prehlásenie je sporné,
- 7 až 8 b. – u vzorky je možné určiť poradie krížiacich sa čiar.

Je však nutné poznamenať, že znížením počtu kritérií na dva a zároveň zanechaním bodového ohodnotenia 1-4 b., sa celkovo zníži citlivosť škály, nakoľko 1 b. zodpovedá v celkovom hodnotení až 12,5 %.

Tabuľka 4 Vyhodnotenie kritérií vzoriek s tonerovými časticami vyhotovené dotlačou

tlačiareň	vzorky	Kritéria		celkom
		odlesky	atrament	
Canon	A'1	2	3	5
	B'1	1	1	2
	C'1	2	3	5
Xerox	D'1	2	3	5
	E'1	4	3	7
	F'1	4	2	6
TA	G'1	4	2	6
	H'1	4	4	8
	I'1	1	1	2

Konica	J'1	1	1	2
	K'1	1	1	2
	L'1	1	1	2

Zdroj: autorka

V tabuľke 4 sú vyhodnotenú vzorky tonerových častíc vytvorených ako pretlač. Z nej jasne vyplýva, že väčšina vzoriek vykazuje zhoršené hodnotenie. U niektorých vzoriek bolo náročné častice nájsť a podrobiť ich skúmaniu jednotlivých kritérií.

Tabuľka 5 Vyhodnotenie kritérií vzoriek tonerových častíc vyhotovených ako klasický dokument

tlačiareň	vzorky	Kritéria		celkom
		odlesky	atrament	
Canon	A'2	4	3	7
	B'2	4	4	8
	C'2	4	4	8
Xerox	D'2	1	1	2
	E'2	3	3	6
	F'2	2	2	4
TA	G'2	2	1	3
	H'2	4	4	8
	I'2	3	2	5
Konica	J'2	4	3	7
	K'2	3	4	7
	L'2	3	4	7

Zdroj: autorka

Vyhodnotenie vzoriek vytvorených ako klasický dokument, ktoré ukazuje tabuľka 5, vykazuje lepšie výsledky ako u predošlej tabuľky, avšak aj tu dopadlo hodnotenie horšie ako u vyhodnotení tonerových bodov v tabuľke 3.

U všetkých vzoriek tlačiarň Canon a Konica, je možné určiť postupnosť krížiacich sa čiar atramentu a pera. Najhoršie dopadli vzorky Xerox, kde ani u jednej vzorky nie je preukázateľné, ako bola vyhotovená. Tlačiareň TA rovnako dopadla tak, že iba o jednej z troch vzoriek bolo možné rozhodne prehlásiť, že splňuje kritériá.

Z predložených hodnotení je možné vyvodit' nasledujúce zhrnutia:

- Pri hodnotení tlačových bodov zo skúmaných vzoriek vytvorených dotlačou, t. j. najprv atrament, potom tonerový bod na základe výsledkov z tabuľky 2 vyplýva, že:
 - u 8,33 % vzoriek nie je možné jednoznačne povedať spôsob vytvorenia,

- u 33, $\overline{33}$ % vzoriek je jednoznačné prehlásenie sporné a
- u 58, $\overline{33}$ % vzoriek je možné jednoznačne povedať spôsob vytvorenia,
- Pri hodnotení tlačových bodov zo skúmaných vzoriek vytvorených klasicky, t. j. najprv tonerový bod, potom atrament na základe výsledkov z tabuľky 3 vyplýva, že:
 - u 8, $\overline{33}$ % vzoriek nie je možné jednoznačne povedať spôsob vytvorenia,
 - u 25 % vzoriek je jednoznačné prehlásenie sporné a
 - u 66, $\overline{66}$ % vzoriek je možné jednoznačne povedať spôsob vytvorenia,
- Pri hodnotení tonerových častíc zo skúmaných vzoriek vytvorených dotlačou, t. j. najprv atrament, potom tonerový bod na základe výsledkov z tabuľky 4 vyplýva, že:
 - u 33, $\overline{33}$ % vzoriek nie je možné jednoznačne povedať spôsob vytvorenia,
 - u 41, $\overline{66}$ % vzoriek je jednoznačné prehlásenie sporné a
 - u 25 % vzoriek je možné jednoznačne povedať spôsob vytvorenia a
- Pri hodnotení tonerových častíc zo skúmaných vzoriek vytvorených klasicky, t. j. najprv tonerový bod, potom atrament na základe výsledkov z tabuľky 5 vyplýva, že:
 - u 41, $\overline{66}$ % vzoriek nie je možné jednoznačne povedať spôsob vytvorenia,
 - u 41, $\overline{66}$ % vzoriek je jednoznačné prehlásenie sporné a
 - u 16, $\overline{66}$ % vzoriek je možné jednoznačne povedať spôsob vytvorenia.

Z výsledkov teda vyplýva, že z hľadiska úspešnosti vyhodnotenia je vhodnejšia metóda skúmať práve celé tlačové body, kde je % úspešnosti vyššie. Opäť je nutné poznamenať, že je nutné prihliadať aj na zníženú citlivosť hodnotiacej škály u tonerových častíc.

ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo zistiť, či je možné optickým mikroskopom zistiť dotlač, respektíve určiť postupnosť krížiacich sa čiar v sporných dokumentoch.

V teoretickej časti boli popísané základné princípy, ako aj technologický postup elektrofotografickej tlače. Zároveň bola stručne zhrnutá problematika spochybnených dokumentov a ich forenzné skúmania, ako druhy krížiacich sa čiar atramentu a tonera, a aké metódy sa používajú pri skúmaní atramentu.

Experimentálna časť bola rozdelená do dvoch častí. V prvej časti boli skúmané vzorky viditeľných pretínajúcich sa čiar atramentu a pera. Pomocou kritérií, ktoré sa pred hodnotením určili, sa potom jednotlivé vzorky bodovo ohodnotili. Z tejto časti vyplýva, že je viacero parametrov, ktoré pôsobia na celkový výsledok posudzovania vzoriek. Jedným z nich je napr. typ tlačiarne ktorá bola pre tlač použitá, keďže každá tlačiareň má odlišné vlastnosti, čo vidíme pri charakteristike jednotlivých tlačových bodov. Pri pozorovaní sa lepšie hodnotili vzorky, ktoré mali tlačový bod z čierneho tonera, než z farebného.

Ďalším parametrom je použitý druh písacieho pera, resp. farba jeho atramentu. Pri skúmaní bolo lepšie hodnotiť vzorky s čiernym guľôčkovým perom, keďže pod mikroskopom bolo lepšie vidieť či sa nachádza na toneri alebo pod ním. Taktiež atrament mal veľký vplyv na to ako sa toner zafixoval na potlačovaný materiál. Vo viacerých prípadoch sa toner zle zafixoval, keď sa pod ním nachádzala vrstva atramentu a nedošlo k spojeniu tonerových častíc.

V druhej polovici experimentálnej časti boli skúmané častice tonera, ktoré nie je možné voľným okom vidieť. Podstatou ich skúmania bolo zistiť, či je možné preukázať, že sa daná častica nachádza na vrstve atramentu, čím by bolo možné dokázať, že sa jednalo o dotlač. Ide o častice ktoré vznikajú prašivosťou tlačiarne. Táto časť bola o čosi zložitejšia v skúmaní, keďže častice boli pomerne malé a nebolo možné niektoré stanovené kritéria posúdiť.

Tu bolo zistené to, že kritéria použitá pri sledovaní tlačových bodov a čiar nie je možné použiť i na častice toneru. Je veľmi dôležité, aká technika skúmania sa zvolí. Pre prvú časť experimentu je optický mikroskop vhodný, keďže z veľkej časti sa podarilo určiť o akú postupnosť kríženia čiar sa jedná, zatiaľ čo v druhej časti bolo náročnejšie zistiť, či dokument bol vytlačený klasickou formou alebo bol najprv popísaný a potom dotlačený.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] KAPLANOVÁ, Marie et al., 2009. *Moderní polygrafie*. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [2] IZDEBSKA, Joanna a Sabu THOMAS, 2016. *PRINTING ON POLYMERS: Fundamentals and Applications*. Waltham: Elsevier. ISBN 978-0-323-37468-2.
Dostupné také z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpPPFA0001/printing-polymers-fundamentals/printing-polymers-fundamentals>
- [3] EK, Monica, Göran GELLERSTEDT a Gunnar HENRIKSSON, 2009. *Pulp and Paper Chemistry and Technology – Paper Products Physics and Technology, Volume 4* [online]. 4. General Engineering & Project Administration Chemistry & Chemical Engineering: De Gruyter [cit. 2022-03-10]. ISBN 978-1-5231-1651-5.
- [4] WOLF, Rory A., 2010. *Plastic surface modification: surface treatment and adhesion* [online]. Munich: Hanser [cit. 2023-02-25]. ISBN 978-156-9904-473.
Dostupné z: <https://app.knovel.com/kn/resources/kppsmstda3/toc>
- [5] KIPPHAN, Helmut, 2001. *Handbook of print media: technologies and production methods*. 1. Berlin: Springer-Verlag. ISBN 3-540-67326-1.
- [6] NAM, Yun Sik, Jin Sook PARK, Yeonhee LEE a Kang-Bong LEE, 2014. Application of Micro-Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy to Ink Examination in Signatures Written with Ballpoint Pen on Questioned Documents. *Journal of Forensic Sciences*. 59 (3), 800-805. ISSN 00221198. Dostupné z: doi:10.1111/1556-4029.12405
- [7] BLAŽEK, Radovan, 2011. *Písmoznalectvo v kriminalistike a v trestnom konaní*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, Právnická fakulta. Studia iuridica Bratislavensia. ISBN 978-807-1602-989.
- [8] Forensic Document Examination, 2013. *A Simplified Guide To Forensic Science* [online]. [cit. 2023-02-23]. Dostupné z: <https://www.forensicsciencesimplified.org/docs/how.html>
- [9] Canon i-SENSYS MF4890dw. *I-SENSYS MF4890dw* [online]. [cit. 2023-04-01].
Dostupné z: https://www.canon.cz/support/consumer_products/products/fax__multifunctionals/laser/laserbase_mf_series/i-sensys_mf4890dw.html?type=specifications
- [10] The document business: 2508ci / 3508ci. *Tatriumph-adler* [online]. [cit. 2023-04-23].
Dostupné z: https://tatriumphadler.dk/upload_dir/docs/TA-Triumph-Adler/Brochure-2508ci.pdf

- [11] Xerox Phaser 3052. *Livox.cz* [online]. [cit. 2023-04-23]. Dostupné z:
<https://www.livox.cz/xerox-phaser-3052.html>
- [12] AccurioPress C3070. *KonicaMinolta.cz* [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z:
<https://www.konicaminolta.cz/cs-cz/hardware/profesionalni-tisk/archiv-neaktualnich-modelu/accuriopress-c3070#contactForm>
- [13] NIKON LV-UEPI: Universal Epi Illuminator. *Mvi-inc* [online]. [cit. 2023-04-27].
Dostupné z: <http://www.mvi-inc.com/wp-content/uploads/LV-UEPI-manual.pdf>
- [14] ECLIPSE: Industrial Microscopes. *Ryfag.ch* [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z:
https://www.ryfag.ch/fileadmin/docs/ryf_eclipse_lv_brochure.pdf
- [15] Yellow Dots of Mystery: Is Your Printer Spying on You?. *Instructables* [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/Yellow-Dots-of-Mystery-Is-Your-Printer-Spying-on-/>

Zoznam príloh

Príloha A Z-sequencia tonerových častíc vzorky B'1 z tlačiarne Canon a čierneho atramentu

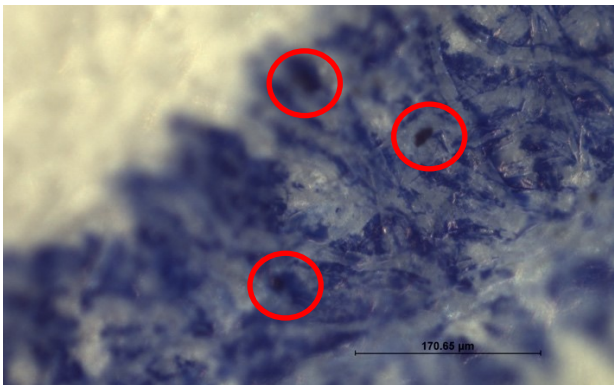
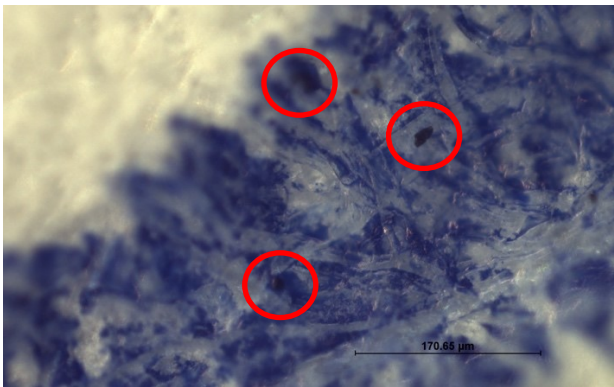
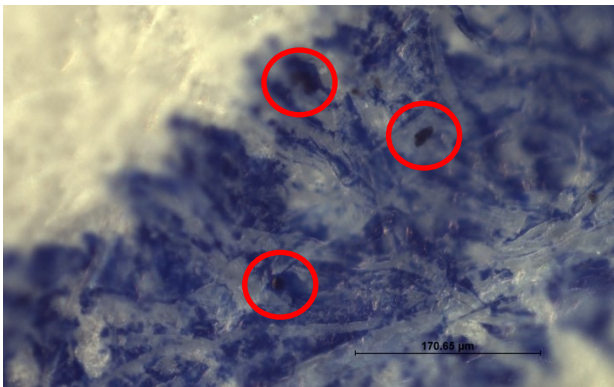
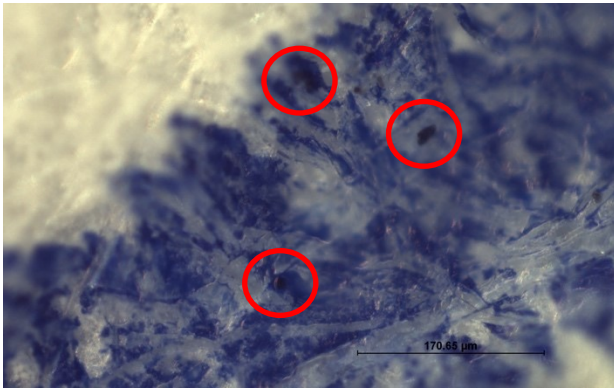
Príloha B Z-sequencia tonerových častíc vzorky D'2 z tlačiarne Xerox a pera BIC Cristal Soft

Príloha C Z-sequencia tonerových častíc vzorky E'1 z tlačiarne Xerox a čierneho atramentu

Príloha A Z-sequencia tonerových častíc vzorky z tlačiarne Canon a čierneho atramentu



Príloha B Z-sequencia tonerových častíc vzorky D'2 z tlačiarne Xerox a pera BIC Cristal Soft



Príloha C Z-sequencia tonerových častíc vzorky E'1 z tlačiarne Xerox a čierneho atramentu

