

VPLIV PAPIRJA IN TEHNIKE TISKA NA OBSTOJNOST DOKUMENTA

Marjeta Černič*

UDK: 676:655

Marjeta Černič: Vpliv papirja in tehnike tiska na obstojnost dokumenta. Tehnični in vsebinski problemi klasičnega in elektronskega arhiviranja. Zbornik referatov z dopolnilnega izobraževanja, Maribor 6/2007, str. 168-180.

Izvirnik v slovenščini, izvleček v slovenščini in angleščini, povzetek v angleščini.

Staranje dokumentov na papirju je odvisno od kakovosti surovin, ki sestavljajo papir in zapis, od tehnologije izdelave nosilca in zapisa, ter od načina uporabe in pogojev hranjenja. Raziskave interakcij med strukturo in površino papirja ter tiskarskimi barvami so pomembne za razvoj novejših vrst papirja in tiskarskih barv, črnih in tonerjev kot tudi tiskalnikov in tiskarskih strojev, ki se danes uporabljajo v nekonvencionalnih tehnikah tiska, tudi pri zagotavljanju trajnih dokumentov na papirju.

UDC: 676:655

Marjeta Černič: The Influence of Paper and Printing Technique on the Durability of Paper Documents. Technical and Field Related Problems of Traditional and Electronic Archiving. Conference Proceedings, Maribor 6/2007, pp. 168-180.

Original in Slovenian, abstract in Slovenian and English, summary in English.

The ageing of documents depends on the quality of their raw materials, production technology, types of use and storage conditions. The interactions between the structure and surface of paper and printing inks is important for the development of newer paper grades and types of printing colours, inks and toners, as well as for the producers of printers and printing machines. The research results need to be taken into consideration when ensuring the permanence of documents on paper.

1. UVOD

Pri izdelavi dokumenta na papirju je zelo pomembno, da izberemo ustrezno vrsto papirja, ne glede na to, ali pišemo pismo, izdelamo poročilo ali pripravljamo publikacijo [1, 2]. Kakovost posameznih vrst papirja je zelo različna, zato je potrebno določiti njihovo uporabnost za različne namene uporabe in določiti čas hrambe dokumentov. Današnje vrste papirja so pretežno izdelane iz celuloznih vlaken, pridobljenih iz lesa, v manjši meri se uporabljajo vlakna enoletnih rastlin. Kakovost in vrsta celuloznih vlaken imata ključen pomen za lastnosti papirja in vplivata na postopek izdelave zapisa na različnih napravah. Lastnosti papirja razlikujemo glede na strukturne in fizikalno-kemijske lastnosti, mehansko odpornost, lastnosti površine in optične lastnosti. Kakovost papirja vpliva neposredno na obstojnost in uporabnost dokumenta ter na stroške, ki so povezani z njegovo uporabo in zaščito. Začetni prihranek pri uporabi cenejših vrst papirja je precej manjši od kasnejših stroškov, ki nastanejo ob reševanju poškodovanega gradiva slabe kakovosti [3, 4, 5, 6].

* Marjeta Černič, univ. dipl. ing., Inštitut za celulozo in papir Ljubljana, Bogišičeva 8, SI-1000 Ljubljana, Slovenija.

ARHIVSKA KAKOVOST DOKUMENTOV NA PAPIRJU

Papir ostaja pomemben prenašalec in nosilec pisne in tiskane kulturne dediščine. Ohranjanje arhivskega gradiva na papirju je odvisno od kakovosti surovin, ki sestavljajo papir in zapis, od tehnologije izdelave nosilca in zapisa, ter od načina uporabe in pogojev hranjenja različnih vrst gradiva. Dolgoročno je eden od osnovnih in najcenejših načinov zaščite pisnega, tiskanega in kopiranega gradiva v prihodnosti predvsem izbor ustreznega papirja kot trajnega nosilca informacije [1, 2, 4, 6, 7].

Dokumenti na papirju morajo ustrezati zahtevam trajnosti na osnovi prevzetih slovenskih standardov SIST EN ISO 9706¹ in SIST EN ISO 11108². Skladno s standardoma je papir izdelan v nevtralnno-alkalnem področju, iz vlaknin visoke kakovosti, brez vsebnosti lignina, ustrezne mehanske odpornosti, za uporabo v pisarniškem poslovanju pri velikih hitrostih. Tehnološki postopek izdelave omogoča ohranjanje kemijske in fizikalne stabilnosti za dolgotrajno hrambo dokumentov. Obstojnost zapisa na papirju opredeljuje standard SIST EN ISO 11789³ in vključuje obstojnost zapisa na svetlobo, vlago, toploto in mehansko odpornost [8, 9, 10].

KAKOVOST TISKOVIH PAPIRJEV

Papir je zelo kompleksen material. Strukturne in površinske lastnosti papirja so odvisne od celokupne surovinske sestave, tehnoloških pogojev izdelave in površinskega oplemenitenja ter postopkov tiskanja in dodelave. Vplivajo na sposobnost navzemanja in oddajanja vode oziroma vlage iz okolja, na spremembo električnih lastnosti papirja in vpijanje tiskarske barve. Učinkovanje vlage slabo vpliva na dimenzionalno stabilnost, poveča se zvijanje vlaken, slabšajo se fizikalno-kemijske povezave med vlakni. Ker se kakovost grafičnih papirjev različna, je potrebno določiti karakteristike in uporabnost za posamezne vrste tiska in uporabnost končnega izdelka.

Ker je povpraševanje po hitri in kakovostni reprodukciji vedno večje, nas poleg klasičnih tiskarskih tehnik tiska vedno bolj spremljajo digitalne tehnike tiska. Vsaka nova tehnika tiska prinaša nove vrste tiskarskih barv, tonerjev oziroma čnil, ki zahtevajo povsem prilagojeno površino papirja. Uporabniki si običajno želijo uporabiti eno vrsto papirja za več tehnik tiska. Razvoj je odvisen od proizvajalcev strojne opreme in tiskarskih barv, papirna industrija pa mora slediti razvoju in prilagajati kakovost papirja tako, da bo za določeno tiskarsko tehniko najboljša.

Vedno širša uporaba nekonvencionalnih tehnik tiska glede na specifične zahteve posamezne tehnike tiska zahteva sodelovanje med proizvajalci papirja, tiskarskih barv in sredstev za površinsko oplemenitenje in zaščito pred zunanjimi vplivi. Osnovni namen je opredelitev specifičnih karakteristik osnovnih materialov in tehnike tiska ter površinske obdelave, če želimo pridobiti čim boljšo tiskovno kakovost in uporabnost končnega izdelka. Celokupno tiskovno kakovost grafičnega papirja

¹ ISO 9706: Informacija in dokumentacija - Papir za dokumente - Zahteve za trajnost (∞) (Information and Documentation - Paper for Documents - Requirements for Permanence (∞)).

² ISO 11108: Informacija in dokumentacija - Arhivski papir za dokumente - Zahteve za trajnost (∞) (Information and Documentation - Archive Paper for Documents - Requirements for Permanence (∞)).

³ ISO 11789: Informacija in dokumentacija - Trajnost in obstojnost pisnega, tiskanega in kopiranega gradiva na papirju - Zahteve in metode preskušanja (Information and documentation - Permanence and durability of writing, printing and copying on paper - Requirements and test methods).

določajo metode tiskarske predhodnosti, ki vključujejo osnovne kemijsko-fizikalne lastnosti, mehansko odpornost, površinske in optične lastnosti ter tiskarske lastnosti papirja in klimatske pogoje pri tiskanju; metode tiskovne kakovosti papirja in metode vrednotenja kakovosti odtisa, s pomočjo merskih tiskovnih form in standardov za kakovost odtisa [8, 9, 10].



Slika 1: Pregled uporabe tiskovnih papirjev glede na kakovost izdelka in ceno.

Novejše raziskave v svetu kažejo (slika 1), da se ne glede na tehniko tiskanja povečuje poraba papirja standardne kakovosti z dokaj nizkimi stroški izdelave, ki morajo dosegati kar najboljšo tiskarsko prehodnost in zadovoljivo tiskovno kakovost (okrog 80 %); manjši delež zavzema papir višje kakovosti, ki mora dosegati še boljše površinske, optične in barvne lastnosti in s tem tudi višjo ceno (okrog 15 %). Le okrog 5 % je papirjev zelo visoke kakovosti, ki morajo dosegati visoko učinkovitost in občutljivost izgleda, kar vpliva na visoko ceno izdelka [5].

Kakovost papirja za kopiranje in tisk v novejših digitalnih tehnikah tiska na mednarodni ravni ni standardizirana. Obstajajo posamezni nacionalni standardi in priporočila proizvajalcev opreme, ki jih lahko uporabljamo za preskušanje lastnosti in uporabnosti papirja pri vrednotenju kakovosti v postopkih kopiranja in tiskanja. Standardi in priporočila določajo mejne vrednosti predvsem glede na usmerjenost vlaken, osnovne fizikalno-mehanske, površinske, optične in električne lastnosti [10, 11, 12, 13, 14].

2. EKSPERIMENTALNI DEL

V okviru raziskave smo ugotavljali tiskarsko in tiskovno prehodnost naravnih in premazanih vzorcev tiskovnega papirja v novejših tehnikah elektrofotografije in kapljičnega tiska. Izvedli smo poskusni tisk v črno-beli in barvni tehniki elektrofotografije v primerjavi s kapljičnim tiskom. Na vzorcih papirja in odtisa smo izvedli postopek pospešenega umetnega staranja na osnovi SIST EN ISO 5630/3⁴ in

⁴ *SIST EN ISO 5630-3: Papir, karton, lepenka - Pospešeno umetno staranje - 3. del: Učinkovanje vlage in toplote pri 80 °C in 65 % relativni vlažnosti (Paper and Board - Accelerated ageing - Part 3: Moist heat treatment at 80 degree C and 65 % relative humidity).*

opredelili trajnost papirja in obstojnost papirja in odtisa na osnovi zahtev standarda SIST EN ISO 9706 (∞), pri izdelavi dokumentov trajne oz. arhivske vrednosti [8, 9, 10, 11].

2.1 MATERIALI IN METODE

V raziskavo smo vključili tri komercialne vrste nepremazanega, površinsko klejenega papirja, gramature 90 g/m² in 80 g/m², ki se uporablja za tisk v ofsetni ali pri novejših digitalnih tehnikah tiska. Papir 1 je trajen papir za dokumente, Papir 2 je večnamenski pisarniški papir za tisk v tehniki elektrografije ali kapljičnega tiska, Papir 3 se uporablja za različne vrste izdelkov v ofsetni tehniki tiska.

Vzorci papirja smo potiskali z laboratorijsko testno predlogo ICP QEF-03 v črno-beli in ICP QIJ-03 v barvni tehniki, na laserskem tiskalniku HP 2200 in kapljičnem tiskalniku HP 690-C in Canon BC 8500. Polovico vzorcev papirja in odtisa smo izpostavili za 24 dni pogojem pospešenega umetnega staranja v klimatski komori pri 80 °C in 65 % relativni vlagi, brez prisotnosti svetlobe. Nestarane in starane vzorce nepotiskanega in potiskanega papirja smo kondicionirali v standardnih klimatskih pogojih (ISO 187). Izvedli smo posamezne analize strukturnih, kemijskih, površinskih lastnosti, mehanske odpornosti in optičnih in barvnometričnih lastnosti papirja in odtisa. Preskušanje smo izvedli na osnovi standardnih in nestandardnih metod preskušanja ISO,⁵ TAPPI⁶ in ICP⁷:

- Kvalitativna in kvantitativna mikroskopska analiza vlaken v papirju (ISO 9184/2),
- osnovne fizikalno-kemijske lastnosti papirja: gramatura (ISO 536), debelina, specifični volumen (ISO 534), vsebnost pepela (ISO 2144), pH hladnega ekstrakta (ISO 6588),
- enakomernost papirja: formacijski indeks (Kalmes MK 3-D s transmisijo svetlobe, ICP metoda),
- mehanska odpornost papirja: raztržna odpornost (ISO1974), odpornost na prepogibanje MIT (ISO 5626),
- površinske lastnosti papirja: gladkost Bekk (ISO 5627), poroznost Gurley (ISO 5636-5),
- sorpcijske lastnosti papirja: površinska absorpcija vode-Cobb 60 (ISO 535), kontaktni kot (TAPPI 458) in površinska napetost - DAT 1000 (Fibro System AB),
- optične lastnosti papirja: belina ISO (ISO 2470), opaciteta (ISO 2471), sipanje in absorpcija svetlobe (ISO 9416),
- tiskovne lastnosti odtisa: optična gostota odtisa D, barvnometrične lastnosti CIELab, barvna razlika ΔE^*_{ab} , vizualna ocena izgleda (metoda ICP).

Rezultati primerjalne analize lastnosti papirja in odtisa so prikazani v Tabeli 1 in v diagramih na slikah 1 do 7.

⁵ ISO - mednarodna organizacija za standardizacijo (International Standard Organisation)

⁶ TAPPI - Tehniško združenje za vlaknine in papir (Technical Association of Pulp and Paper Industry)

⁷ ICP - Inštitut za celulozo in papir Ljubljana

2.2 REZULTATI IN KOMENTAR

2.2.1 TRAJNOST IN OBSTOJNOST PAPIRJA

Primerjalna analiza vlakninske sestave je pokazala, da Papir 1 vsebuje 50 % delež celuloznih vlaken bombaža in 50 % kvalitetnih beljenih celuloznih vlaken iglavcev in listavcev, Papir 2 vsebuje 100 % beljenih celuloznih vlaken iglavcev in listavcev, Papir 3 je izdelan iz 100 % recikliranih vlaken (DIP⁸ vlakna in TMP⁹). Vsi papirji so izdelani v alkalnem področju klejenja in kot polnilo vsebujejo kalcijev karbonat, ki deluje kot alkalna puferna rezerva.

Papir 1 in Papir 2 dosegata zelene vrednosti raztržne odpornosti, ki so skladne z zahtevami standarda za trajnost, medtem ko so vrednosti pri vzorcu Papir 3 nekoliko prenizke. Prepogibna odpornost dosega zelene vrednosti za trajne papirje samo pri vzorcu Papir 1. Dosežene vrednosti površinskih in sorpcijskih lastnosti (gladkost, poroznost, absorpcija vode, kot omočenja) dosegajo zelene vrednosti za tiskanje tako v konvencionalnih kot digitalnih tehnikah tiska. Papir 2 in Papir 3 vsebujeta visok delež optičnih belil v papirju, zato ne ustrezata zahtevam za trajne in arhivske papirje. Rezultati so pokazali, da samo Papir 1 dosega želeno kakovost za trajne in arhivske papirje. Papir 2 ne ustreza zahtevam zaradi visoke vsebnosti optičnih belil, medtem ko Papir 3 ne ustreza zaradi neustrezne vlakninske sestave, ki vpliva na slabšo mehansko odpornost in neustrezne optične lastnosti papirja.

Tabela 1: Lastnosti papirja

LASTNOSTI	PAPIR 1	PAPIR 2	PAPIR 3	Zahteve ISO 9706 (∞)
Vlakninska sestava	50%bombaž 50% BCV	100%BCV	100%RecV	100% BCV
Gramatura, g/m ²	89.3	80.0	78.8	min. 70
Specifični volumen, cm ³ /g	1.25	1.31	1.23	
Vsebnost pepela, 500 °C/ 900 °C %	7.8 / 4.4	20.4 / 11.9	19.1 / 11.6	min.2%CaCO ₃
pH hladnega ekstrakta, -	9.4	9.5	9.3	7 -10
Formacijski indeks, M/K 3-D, -	32.5	28.9	30.4	min. 30 - 50
Raztržna odpornost, MD/CD, mN	782 / 836	495 / 586	455 / 530	min. 470
Prepogibna odpornost, MIT1kg, MD/CD, št.	970 / 643	123 / 31	42 / 12	min. 150
Gladkost, Bekk, A, s	12 / 14	22 / 25	23 / 19	min. 20
Poroznost, Gurley, s	95	15	48	
Površinska absorpcija vode, Cobb60, A/B, g/m ²	21 / 21	19 / 18	21 / 25	min. 20-25
Kontaktni kot, FibroDat 50s, A, °	86.9	74.2	48.8	min. 70-90
Belina ISO, UV 0/ UV 100, A, %	90.4/90.5	94.5/114.1	90.3/100.8	min. 85 %
Fluorescentnost, %	0.1	19.6	10.5	max. 1.0
Opaciteta, %	88.8	93.3	92.4	min. 85
Sipanje svetlobe, m ² /kg	51.5	44.8	34.4	min. 50.0
Absorpcija svetlobe, m ² /kg	1.0	7.7	6.6	max. 5

⁸ DIP (deinking pulp) - vlakna pridobljena iz potiskanega grafičnega papirja v deinking postopku odstranjevanja tiskarske barve.

⁹ TMP (thermo mechanical pulp) - vlakna pridobljena po mehansko-toplotnem postopku.

BCV - beljena celulozna vlakna

RecV - reciklirana vlakna

OB - optična belilna sredstva (optical bleaching agents)

A - zgornja stran, B - spodnja stran,

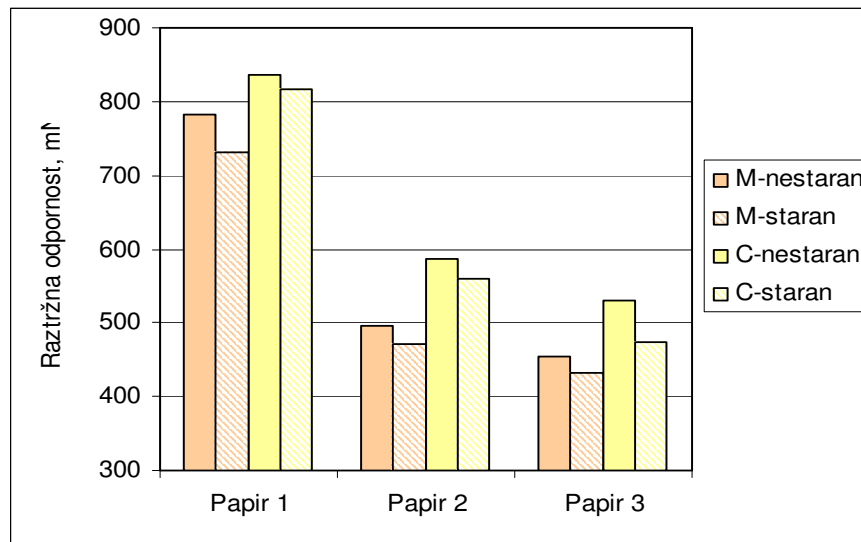
MD - vzdolžna smer vlaken (machine direction), CD- prečna smer vlaken (cross direction)

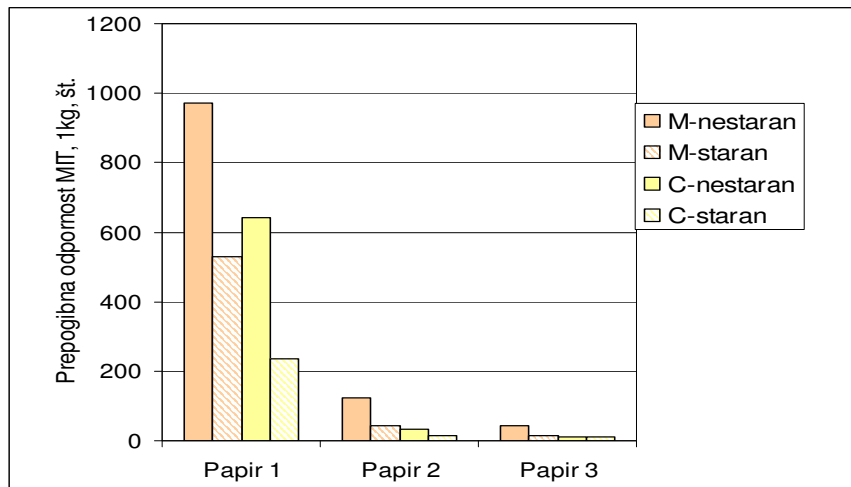
Dosežene vrednosti posameznih lastnosti v postopku umetnega staranja so pri vseh vzorcih papirja pokazale, da ni večjih sprememb osnovnih kemijsko-fizikalnih lastnosti (voluminoznost, pH ekstrakta).

Postopek umetnega staranja vpliva na poslabšanje fizikalno-kemijskih povezav zaradi hidrolitske in oksidativne razgradnje medvlakenskih povezav v strukturi papirja, ki se kaže v poslabšanju mehanske odpornosti papirja in spremembah površinskih lastnosti [4, 7, 8, 11].

Mehanska obstojnost - dosežene vrednosti raztržne odpornosti kažejo na majhne spremembe pri vseh vzorcih - obstojnost je visoka, vendar so osnovne vrednosti pri vzorcu Papir 2 in predvsem pri vzorcu Papir 3, nižje od zelenih (slika 2).

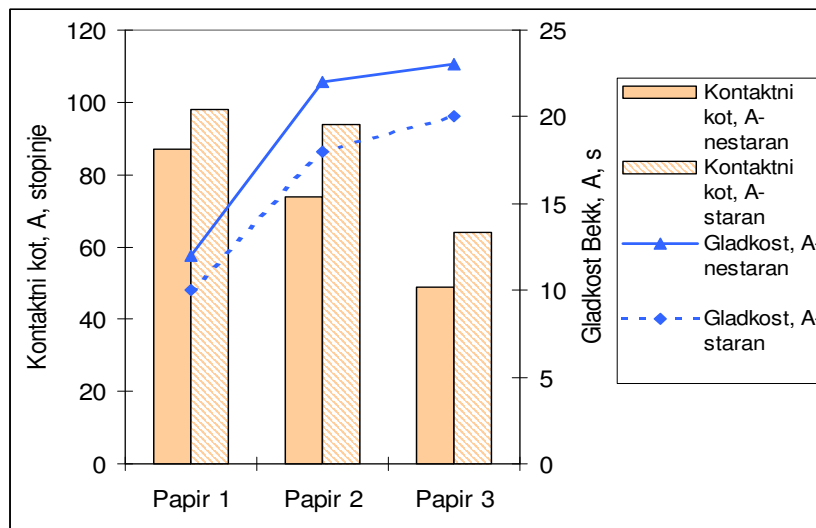
Pri vseh papirjih se zniža prepogibna odpornost papirja, kar je posledica poslabšanja medvlakenske povezave. Ustrezne vrednosti mehanske odpornosti ohranja le vzorec Papir 1, katerega lastnosti ustrezajo zahtevam za trajne papirje [8].





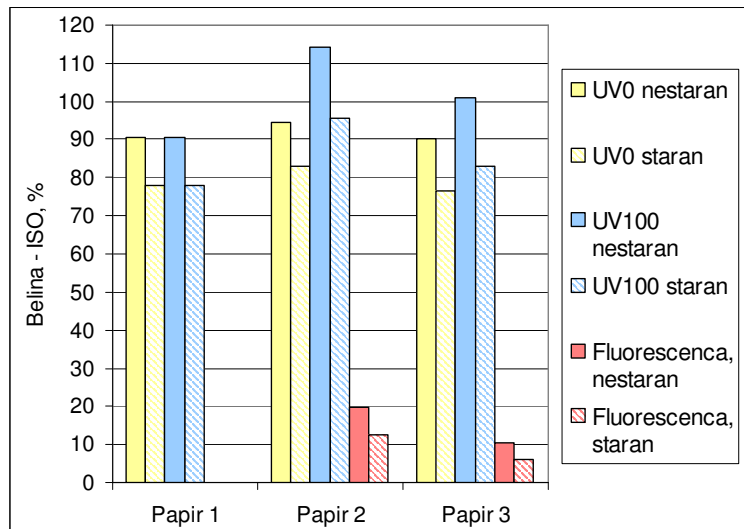
Slika 2 a, b: Mehanska obstojnost papirja: vpliv umetnega staranja na spremembo a) raztržne in b) prepogibne odpornosti papirja.

Površinske lastnosti - rezultati umetnega staranja (slika 3) kažejo na znižanje gladkosti površine pri vseh vzorcih papirja zaradi sprememb v strukturi in na površini pri učinkovanju vlage. Pri vseh papirjih se spremenijo sorpcijske lastnosti površine zaradi zamreženja polimernih dodatkov v papirju, kar ima lahko ugoden vpliv na obstojnost tiskovnega zapisa na papirju [8, 14].

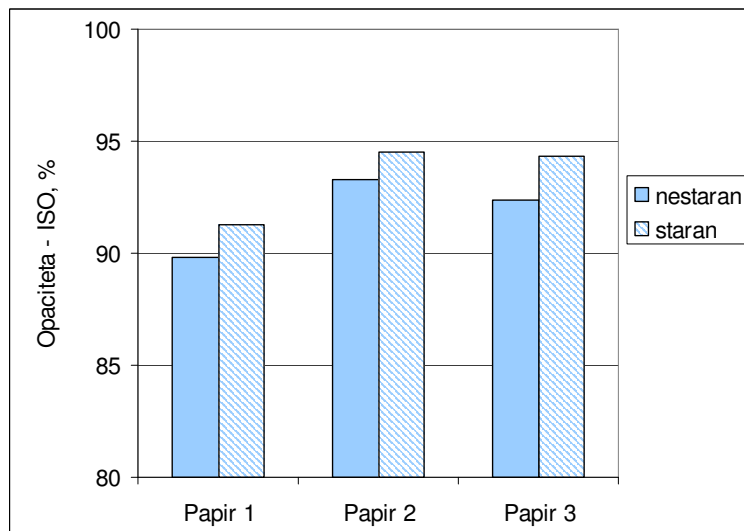


Slika 3: Obstojnost površine papirja: vpliv umetnega staranja na spremembo gladkosti in sorpcijskih lastnosti papirja (kontakti kot FibroDat).

Optična obstojnost - rezultati vpliva umetnega staranja na spremembo optičnih lastnosti (belina in opaciteta) papirja so prikazani na sliki 4a in 4b.



Slika 4a: Optična obstojnost papirja: vpliv umetnega staranja na spremembo beline in fluorescentnosti papirja v področju z in brez UV svetlobe.



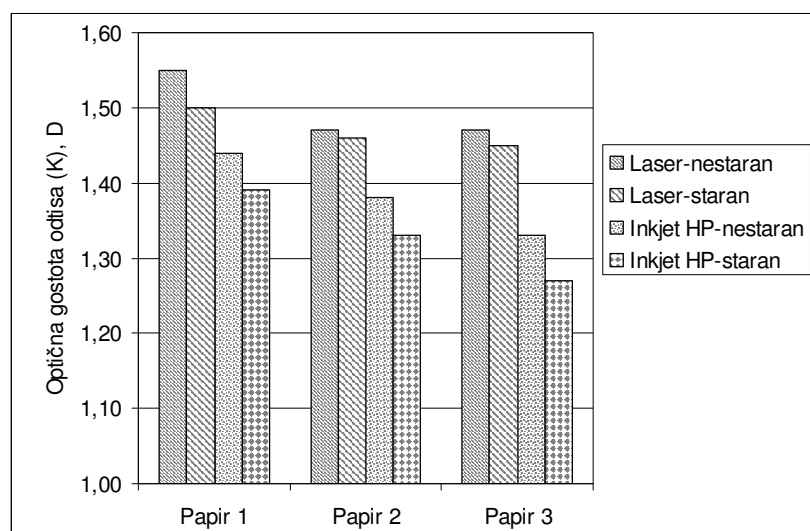
Slika 4b: Optična obstojnost papirja: vpliv umetnega staranja na spremembo opacitete papirja.

Rezultati kažejo znižanje beline pri vseh papirjih. Najslabše vrednosti so dosežene pri vzorcih Papir 2 in 3 zaradi razgradnje nestabilnih optičnih belil v papirju. Umetno staranje vpliva na zvišanje opacitete pri vseh vzorcih papirja, predvsem zaradi povišanja absorpcije svetlobe, kar za izgled končnega izdelka ni želeno [8, 11, 12, 13, 14].

2.2.2 OBSTOJNOST ZAPISA

OPTIČNA GOSTOTA ODTISA

Optično gostoto suhega odtisa (D) oziroma obarvanja nestaranih in starih vzorcev odtisa v črno-beli in barvni tehniki smo izmerili na denzitometru Gretag Macbeth D185 NB/U. Rezultati meritev za 100 % črno barvo (K) na laserskem tiskalniku v primerjavi s kapljičnim tiskalnikom so prikazani na sliki 5.

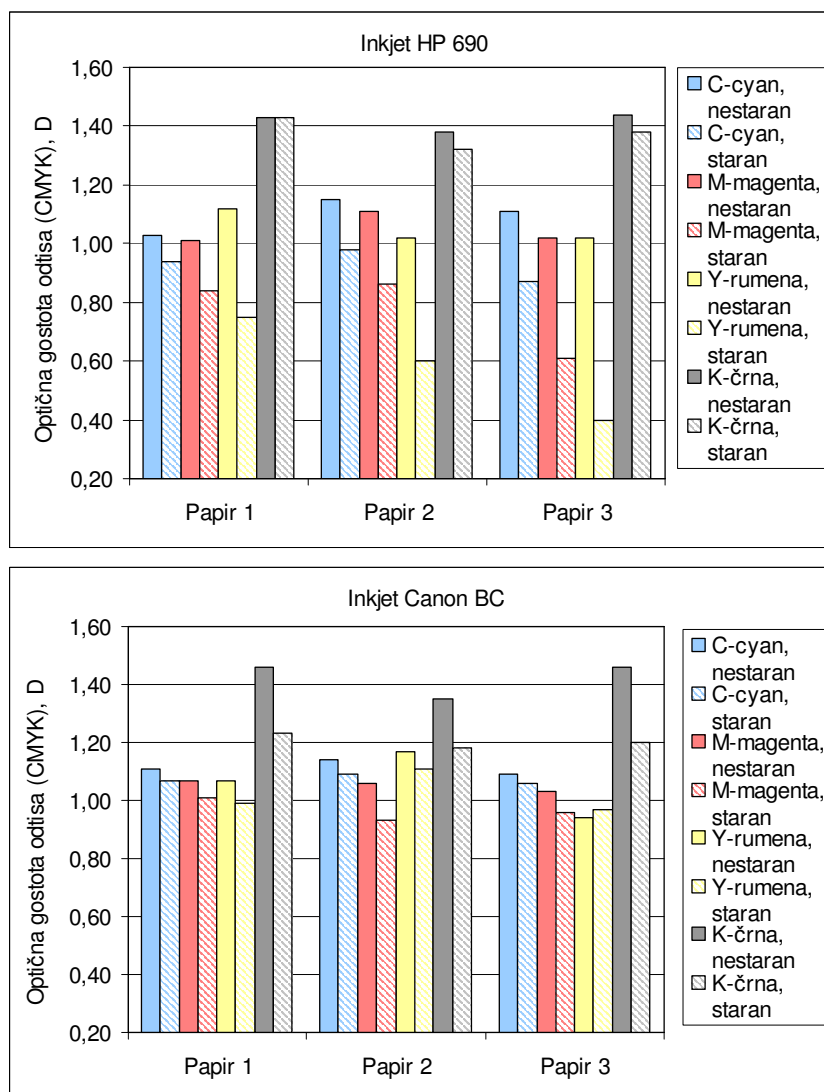


Slika 5: Obstojnost odtisa - vpliv umetnega staranja na spremembo optične gostote črno obarvanega odtisa (K).

Pri uporabi vseh treh vrst papirja so dosežene najvišje vrednosti optične gostote odtisa črne barve (K) na laserskem tiskalniku. Najvišje vrednosti so dosežene pri vzorcu Papir 1, medtem ko ni večjih razlik na vzorcih Papir 2 in 3. Tudi pri uporabi kapljičnega tiskalnika so najvišje vrednosti dosežene na vzorcu Papir 1, slabše na vzorcu Papir 2 in najslabše na vzorcu Papir 3, ki je izdelan iz recikliranih vlaken.

Obstojnost odtisa črne barve na papirju je višja na laserskem tiskalniku v primerjavi s kapljičnim tiskom. Najslabša obstojnost odtisa je dosežena na vzorcu Papir 3 pri uporabi kapljičnega tiska.

Vpliv umetnega staranja na obstojnost barvnega tiska CMYK smo izvedli na dveh kapljičnih tiskalnikih, z različno tehnologijo vezanja črnila na papir. Rezultati so prikazani na sliki 6a in 6b. Splošna ugotovitev pri uporabi kapljičnega tiskalnika HP 690 je, da so pri vseh vzorcih papirja dosežene visoke vrednosti optične gostote odtisa za črno (K) barvo - obstojnost je visoka pri vzorcu Papir 1. Nanos barvnega črnila CMY je precej nižja, zato so tudi dosežene vrednosti za optično gostoto odtisa precej nižje od črne barve. Najslabšo obstojnost dosežeta rdeča (M) in rumena (Y) barva, in sicer na vzorcih Papir 2 in 3. Vzrok lahko pripišemo sestavi črnila, kajti črna barva vsebuje barvila na osnovi pigmentov, zato je vezanje na površino papirja ustrezno, medtem ko barvna črnila vsebujejo polimerna barvila, ki se ne vežejo na površino ampak penetrirajo v strukturo papirja, kar vpliva na nižje vrednosti optične gostote odtisa.



Slika 6a, b: Obstojnost odtisa - vpliv umetnega staranja na spremembo optične gostote barvnega odtisa CMYK na različnih tiskalnikih.

Dosežene vrednosti optične gostote odtisa na kapljičnem tiskalniku Canon (piezzo tehnologija) so pri črni barvi nekoliko slabše kot na tiskalniku HP, medtem ko so pri barvnem tisku precej boljše. Primerjalno je obstojnost odtisa na vzorcu trajnega papirja Papir 1 bolj enakomerna od obstojnosti na ostalih dveh vzorcih Papir 2 in 3.

BARVNOMETRIČNE LASTNOSTI ODTISA

Barvnometrične lastnosti odtisa predstavljajo pomembno merilo za kakovost odtisa [15, 16]. Barvne razlike med dvema vzorcema v CIE-L*a*b* prostoru lahko izračunamo iz razlik koordinat v vseh treh smereh barvnega prostora na osnovi enačbe:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

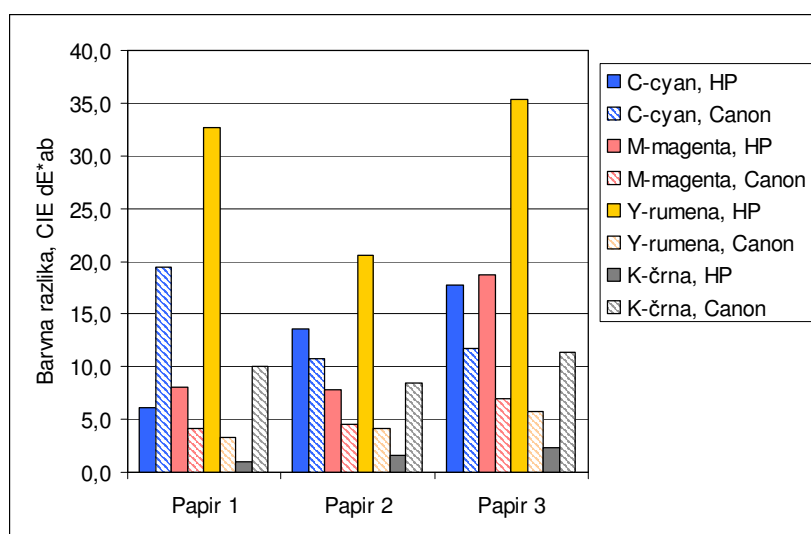
Δa^* - razlika na osi rdeče/zeleno ($\Delta a^* = a^*_{\text{vzorca}} - a^*_{\text{standarda}}$)

Δb^* - razlika na osi rumeno/modro ($\Delta b^* = b^*_{\text{vzorca}} - b^*_{\text{standarda}}$)

ΔL^* - razlika svetlosti ($\Delta L^* = L^*_{\text{vzorca}} - L^*_{\text{standarda}}$)

Znano je, da se merjene vrednosti s časom spreminjajo, zato standardi za ofsetni tisk predpisujejo izvajanje spektrofotometričnih meritev na suhem odtisu, to je 72 ur po odtisu (ISO 2834). Za področje kapljičnega in laserskega tiska ustreznega standarda še ne poznamo.

Najvišje še dopustne vrednosti barvne razlike v ofsetnem tisku so $\Delta E^*_{a,b} < 5$, medtem ko vrednosti v novejših tehnikah tiska niso predpisane [16, 17, 18].



Slika 7: Obstočnost odtisa - vpliv umetnega staranja na spremembo barvometričnih lastnosti barvnega odtisa na različnih tiskalnikih.

Dosežene vrednosti barvnih razlik odtisa na obeh tiskalnikih so velike. Najbolj obstojna je črna (K) barva na HP tiskalniku, kjer tudi ni večjih razlik med posameznimi vzorci papirja. Primerjalno so dosežene vrednosti barvne razlike na Canon tiskalniku precej večje od zelenih ($\Delta E^*_{ab} < 5$). Največje barvne razlike so dosežene pri rumeni barvi (Y) na HP tiskalniku pri vseh papirjih in so nekajkrat višje od zelenih. Primerjalno so dosežene vrednosti na Canon tiskalniku nižje. Čeprav so dosežene barvne razlike pri vseh vzorcih papirja zelo velike v primerjavi z zahtevami za klasične tehnike tiska (ofsetni tisk), rezultati kažejo najslabše vrednosti pri uporabi recikliranega Papirja 3.

3. ZAKLJUČEK

Primerjalna analiza vlakninske sestave, kemijsko-fizikalnih lastnosti, mehanske odpornosti, lastnosti površine in optičnih lastnosti je pokazala, da vzorec Papir 1 ustreza zahtevam za trajnost na osnovi standarda SIST EN ISO 9706 (∞). Vzorec Papir 2 ustreza standardnim zahtevam za trajne papirje glede kemijskih lastnosti in

mehanske odpornosti, vendar zaradi visoke vsebnosti optičnih belil ne ustreza zahtevam za trajnost. Papir 3 ne dosega zelenih vrednosti za trajne papirje, tako glede kemijskih lastnosti, mehanske obstojnosti in optičnih lastnosti. Vrednotenje obstojnosti papirja in zapisa je pokazalo ustrezno mehansko in optično obstojnost vzorca Papir 1 in ustrezno obstojnost odtisa predvsem pri uporabi laserskega tiska v črno-beli tehniki. Najslabša obstojnost je ugotovljena pri uporabi vzorca Papir 3 iz recikliranih vlaken, pri uporabi kapljičnega tiska.

Rezultati raziskave so pokazali, da je za optimalno tiskarsko prehodnost papirja pri obeh tehnikah tiska nujno upoštevati optimalne strukturne in sorpcijske lastnosti v standardnih klimatskih pogojih, sicer se sistem tiskanja lahko popolnoma poruši. Tiskovna kakovost papirja in odtisa se zelo spreminja predvsem glede na vrsto tiskalnika. Najboljša kakovost odtisa tako v črno beli kot v barvni tehniki je dosežena na tiskalnikih višje kakovosti. Vrsta in kakovost tonerja/črnila in interakcije na površini in v strukturi papirja omogočajo boljšo povezavo in izboljšajo kakovost odtisa. Vsebnost sekundarnih vlaken in optičnih belilnih sredstev v papirju vpliva na kemijske in fizikalne spremembe lastnosti papirja, zato za tiskanje obstojnih grafičnih izdelkov ni primerna. Obstojnost odtisa na tiskalnikih slabše kakovosti, tako v črno-beli kot v barvni tehniki kapljičnega tiska in elektrografije ni primerna, ker je že pri vizualni oceni vidno prehajanje barvila/tonerja skozi celotno strukturo papirja. Raziskave interakcij med strukturo in površino papirja ter tiskarskimi barvami so pomembne pri razvoju novejših vrst papirja in tiskarskih barv, črnil in tonerjev kot tudi tiskalnikov in tiskarskih strojev, ki se danes uporabljajo v nekonvencionalnih tehnikah tiska, tudi pri zagotavljanju trajnosti in obstojnosti dokumentov na papirju.

4. LITERATURA

- [1] *Zakon o varstvu dokumentarnega in arhivskega gradiva ter arhivih ZVDAGA (UL RS, št.30/06), Uredba o varstvu dokumentarnega in arhivskega gradiva (ULRS, št.86/2006, 11.08.2006).*
- [2] Černič Letnar M.: *Tudi UNESCO opozarja na ohranjanje kulturne dediščine na trajnem papirju, Delo-Priloga Znanost, 31.12.1997, l.39, št.301, str.10.*
- [3] Reeve D.W.: *Paper and the information age, Tappi Papermakers Conference, Toronto, 2001.*
- [4] Černič Letnar M., Vodopivec J.: *Influence of paper raw materials and technological conditions of manufacture on paper ageing, Restaurator 18, 1997, p 73-91.*
- [5] Eder F.: *Requirements for office communication papers of today and tomorrow, IARIGAI Advances in Printing Science and Technology, vol. 27, 17-26, 2000.*
- [6] Černič Letnar M.: *Standardizacija trajnejših papirjev in predlogi za zakonodajo, Arhivi 19/1996, št.1-2, 77-83.*
- [7] Černič Letnar M.: *Pisalni, kopirni in tiskovni papirji - vrednotenje trajnosti in obstojnosti, Papir, 1997, 25, št. 1/2, 9-16.*
- [8] Černič Letnar M., Scheicher L.: *Trajnost in obstojnost papirja, potiskanega v digitalni tehniki tiska. Papir, 2000, let. 28, št. 1/2, 14-23.*
- [9] Černič Letnar M., Vodopivec J.: *Trajnost in obstojnost dokumentov na papirju - zahteve in testne metode. Teh. vseb. probl. klas. elektron. arh., 2003, št. 2, 183-193.*
- [10] Černič M., Vodopivec J.: *Slovenska arhivska kakovost papirja, kartona, lepenke in valovitega kartona. Teh. vseb. probl. klas. elektron. arh., 2006, letn. 5, 216-*
- [11] Havlinova B., Brezova V., Hornakova L., Minarikova J., Ceppan M.: *Investigation of paper ageing: a search for archive paper, J. Material Science, vol. 37, 2002, 303-308.*
- [12] Vikman K., Sipi K.: *Applicability of FTIR and Raman Spectroscopic Methods to the Study of Paper- ink Interactions in Digital Prints, The Journal of imaging Science and technology, March/April 2003, vol. 47, no. 2; 139-148.*

- [13] Bonham J.S., Rolniczak B.: *Accelerated ageing of copy papers containing recycled fibre*, 59th Appita Annual Conference and Exhibition, Auckland, New Zealand, 16-19 May 2005, vol. 1, Paper 4A42, 407-413.
- [14] Černič M., Dolenc J., Scheicher L.: *Permanence and durability of digital prints on paper*. *Appl. phys., A, Mater. sci. process. (Print)*, 2006, let. 83, zv. 4, 589-595.
- [15] *ISO 13656-2000: Graphic technology – Application of reflection densitometry and colorimetry to process control or evaluation of prints and proofs.*
- [16] Johnson T., Green P.: *The CIE 2000 color difference formula and its performance with a graphic arts data set*. *Proc. 28 IARIGAI Advances in Printing Science and Technology*, pp.4.5. (2001).
- [17] Baudin G.: *Color control by densitometry approach with applications to offset and ink-jet printing*. *Proc. 28 IARIGAI Advances in Printing Science and Technology*, pp.3.4. (2001).
- [18] Simonian G.N., Johnson T.: *Investigation into the color variability & acceptability of digital printing*, *Proc.28 IARIGAI Advances in Printing Science and Technology*, pp.4.6. (2001).

SUMMARY

THE INFLUENCE OF PAPER AND PRINTING TECHNIQUE ON THE DURABILITY OF PAPER DOCUMENTS

The protection of archival materials on paper is a complex issue of the effect of internal and external factors on the ageing of written and printed materials on paper. The ageing of documents on paper depends on the quality of their raw materials, production technology, types of use and storage conditions.

In the framework of this research, the printability and printing runnability of uncoated and coated samples of printing paper were tested by the most recent electrophotographical and inkjet techniques. Test prints in black and white electrophotography on laser office and industrial printers were conducted and compared with colour printing on inkjet printers. Afterwards, accelerated ageing on the basis of ISO 5630/3 was carried out on paper and print samples in order to define their permanence and stability required by the ISO 9706 (∞) standard for permanent papers. The research results indicate that optimal structural and sorptive properties absolutely have to be taken into account in order to achieve optimal printing runnability of paper with both printing techniques under standard climate conditions. Otherwise, the printing system may completely collapse. The printing quality of paper and print is substantially changed in both printing techniques, mostly due to the type of printer used. The type and quality of toner/ink and of the interaction on the surface and within the structure of paper enable better bonding and improve printing quality. The research into interactions between the structure and surface of paper and printing inks is important for the development of newer paper grades and types of printing colours, inks and toners, as well as for the producers of printers and printing machines which are nowadays used for nonconventional printing techniques.

In the case of archival materials, the use of permanent paper and recording agents (inks, printing colours, printers and copiers) is economically justified, ecologically regulated and absolutely necessary in order for the preservation of written and printed cultural heritage on paper.