

# Vplivi na pikanje premazov

## Effects on the cracking of paper coatings

►► Kaja BRESKVAR, Klemen MOŽINA

### IZVLEČEK

Raziskava vplivov pikanja premazov je bila izvedena v sklopu magistrskega dela in v sodelovanju s Papirnico Vevče, z namenom določitve optimalne kombinacije sestavnih delov osnovnega papirja in premaza, ki bi izkazovala najnižjo tendenco pikanja premaznega sloja na prepogibu. Dodelavni postopek premazovanja papirja vpliva na izboljšanje optičnih in tiskovnih lastnosti, s sočasnim poslabšanjem fizikalno-mehanskih lastnosti, kamor uvrščamo tudi prepogibanje papirja [1–3]. Nizko odpornost proti mehanskim poškodbam izkazujejo papirji, ki se jim pogosteje prekinejo medvlakenske povezave in pretrgajo vlakna, kar je povezano z vrsto, dolžino in številčnostjo celuloznih vlaken, kot tudi z debelino papirja in njegovo stopnjo anizotropije. Na debelino papirja ima znaten vpliv količina premaza, kar ima dokazano negativni učinek, tj. poslabšuje odpornost na pikanje. Najvišja korelacija med pikanjem premaza pri prepogibanju je bila opazna pri proučevanju vplivov posameznih sestavnih delov premaznih mešanic proučevanih vzorcev etiketnih papirjev. Sposobnost elastičnega odziva na zunanje obremenitve je značajna lastnost, na kar vpliva izbor pigmentov in veziv. Kalcijev karbonat je z izometrično oblikovanimi delci ustrežnejša izbira v primeru višjih fizikalno-mehanskih obremenitev, saj ti zaradi svoje geometrijske oblike ne poškodujejo vlaken. Ob osni obremenitvi boljšo odpornost proti pikanju izkazuje kaolin s svojimi ploščato oblikovanimi delci [4]. Na elastični odziv vpliva tudi izbira ustreznih veziv. V raziskavi proučevanih papirjev sta to bila škrob in lateks. Škrob, ki je v primerjavi z lateksom, še vedno relativno pogosto uporabljen kot vezivo, izkazuje nizko stopnjo elastičnosti, kar vodi do pogostejših mehanskih poškodb premaznega sloja ob učinkovanju zunanjih obremenitev [5, 6].

Ključne besede: *paper, premazovanje, pikanje premaza, prepogibanje papirja.*

### ABSTRACT

*The study of the effects of coating cracking was carried out as part of the master's thesis in cooperation with Papirnica Vevče in order to determine the optimal combinations of base paper and coating components that have the lowest tendency to crack. The finishing process of coated paper improves optical and printing properties, while worsening physical and mechanical properties, which includes the folding of the paper [1–3]. Low folding strength is exhibited by papers in which inter-fibre joints and fibre breaks occur more frequently, which is related to the type, length, and frequency of cellulose fibres, as well as the paper thickness and degree of anisotropy. The amount of coating on the surface has a significant effect on the thickness of the paper, which has been shown to deteriorate the crack resistance. The highest correlation in the cracking of the coating during bending was observed when studying the effects of the components of the coating mixture on the samples studied. The predominant influence is elasticity, which is affected by the choice of pigments and binders. In the case of isometrically shaped  $\text{CaCO}_3$  particles, calcium carbonate is the more favourable choice at higher loads, since their shape does not damage the fibres. On the other hand, for axial load, kaolin showed better results in crack resistance due to its flat particles [4]. Elasticity is also influenced by the choice of binders, which were starch and latex for the papers studied. Starch is a commonly used, low-cost binder that has low elastic properties, resulting in more frequent damage to the coating under load, compared to latex, which achieves higher elasticity [5, 6].*

Keywords: *paper, coating, coating cracking, paper folding.*

### UVOD

Premazovanje papirja je tehnološki postopek oplemenitenja površine papirja, s katero se doseže boljša potiskljivost, kot posledica izboljšanja optičnih lastnosti (beline, neprosojnosti, zrcalnega sijaja, gladkosti površine in znižanje poroznosti materiala) in sposobnosti enakomernega navzemanja tiskarske barve [1–2, 6–7]. Premaz na površini papirja poslabšuje elastično odzivnost papirja ob prepogibanju, kar privede do pikanja vrhnje plasti premaza in papirja, ki kot posledica razkrije osnovno plast na območju prepogiba [4]. Težnja proizvajalcev premazanih papirjev je izogibanje pikanju premaznega sloja na prepogibu, z namenom višje kakovosti končnega proizvoda in zmanjševanja reklamacij, kar je bil pglavitni razlog za raziskavo, v kateri smo z eksperimentalno izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi definirali vplive na tendenco pikanja premazov na proučevanih etiketnih papirjih Papirnice Vevče.

### MATERIALI IN METODE

Za namen raziskave je bilo proučevanih 5 (Preglednica 1) med seboj različnih vzorcev etiketnih grafičnih papirjev Papirnice Vevče. Osnovna podlaga za izbor vzorcev je bila težnja po višji kakovosti končnega proizvoda in zmanjšanju števila reklamacij papirjev zaradi pikanja premazov na prepogibu. Premazani grafični papirji so po surovinski sestavi raznoliki in so enostransko premazani, z različnimi formulacijami premazov. Primerni so za oplemenitveni postopek kaširanja in namenjeni izdelavi gibke embalaže ter etiketnim papirjem [10–13].

Vzorcem smo izmerili in izračunali osnovne lastnosti (Preglednica 1): gramatura (ISO 536:2019), gostota (ISO 534:2011), specifična prostornina (ISO 534:2011), vsebnost vlage (ISO 287:2018) in vsebnost pepela (ISO 1762:2019).

Izmerili in izračunali smo tudi površinske lastnosti (Preglednica 2): hrapavost – Bendtsen (ISO 8791-2:2013) in kontaktni profilometer TR-200 (ISO 4287: 1997); ter strukturne lastnosti: togost po Clarku [14].

Vzorci so bili potiskani na polindustrijski ofsetni odtiskovalnici na UL-NTF. Nadalje so bili papirji proučevani po ofset tisku s črno, prekrivno barvo in prepognjeni pod pogoji, tj. masa obtežitve 1 kg, za čas 1 minute. Za določanje vplivov in korelacije premaznih mešanic na stopnjo pikanja so bili v omenjeni stopnji raziskave uporabljeni prepognjeni in neprepognjeni papirji.

S slikovno analizo v MatLabu smo določili obseg pikanja. Slike pikanja so bile zajete z optičnim mikroskopom Leica S9i in obdelane v Adobe Photoshop, za omenjeno slikovno

Lastnost	ISO standard	Vzorec				
		V1 PackPro 7.1	V2 NiklaPack	V3 NiklaSelect	V4 NiklaPET	V5 PackPro 7.5
G [g/m <sup>2</sup> ]	536 (2019)	71,0 ± 0,9	79,0 ± 0,9	70,0 ± 0,9	70,0 ± 0,4	71,2 ± 1,1
d [mm]	534 (2011)	0,060 ± 0,002	0,069 ± 0,002	0,062 ± 0,002	0,062 ± 0,003	0,040 ± 0,002
ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	534 (2011)	1194 ± 42	1153 ± 29	1137 ± 32	1127 ± 47	1784 ± 86
v [cm <sup>3</sup> /g]	534 (2011)	0,838 ± 0,029	0,868 ± 0,022	0,880 ± 0,024	0,889 ± 0,036	0,562 ± 0,027
V [%]	287 (2018)	2,6 ± 0,2	3,3 ± 0,7	2,9 ± 0,7	3,7 ± 0,2	2,3 ± 0,2
VP [%]	1762 (2019)	24,24 ± 0,22	21,17 ± 0,12	19,58 ± 0,02	23,46 ± 0,06	18,74 ± 0,03

Preglednica 1: Osnovne lastnosti / Table 1: Basic properties

Lastnost		Vzorec				
		V1	V2	V3	V4	V5
HB [ml/min]		30 ± 9	15 ± 5	20 ± 8	15 ± 6	22 ± 7
Ra [mm]	MD	0,992 ± 0,079	1,209 ± 0,099	1,105 ± 0,356	1,031 ± 0,119	0,150 ± 0,117
	CD	1,190 ± 0,140	1,026 ± 0,101	1,144 ± 0,175	1,051 ± 0,98	1,300 ± 0,226
C [km/s]	MD	3,63 ± 0,08	3,66 ± 0,11	3,60 ± 0,05	3,57 ± 0,04	3,52 ± 0,06
	CD	2,65 ± 0,05	3,49 ± 0,04	2,73 ± 0,00	3,45 ± 0,03	2,53 ± 0,11
E [GPa]	MD	15,74 ± 0,73	15,47 ± 0,95	14,74 ± 0,42	14,38 ± 0,31	22,06 ± 0,73
	CD	8,37 ± 0,31	14,03 ± 0,30	8,46 ± 0,00	13,40 ± 0,23	11,45 ± 1,00
CS [Nmm]	MD	0,28 ± 0,01	0,42 ± 0,03	0,29 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,12 ± 0,00
	CD	0,15 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,17 ± 0,00	0,27 ± 0,00	0,06 ± 0,01

Preglednica 2: Površinske in strukturne lastnosti (MD-vzdolžna smer, CD-prečna smer) / Table 2: Surface properties (MD-Machine direction, CD-Cross direction)

analizo in ovrednotenje obsega pokanja premazov na proučevanih papirjih.

## REZULTATI Z RAZPRAVO

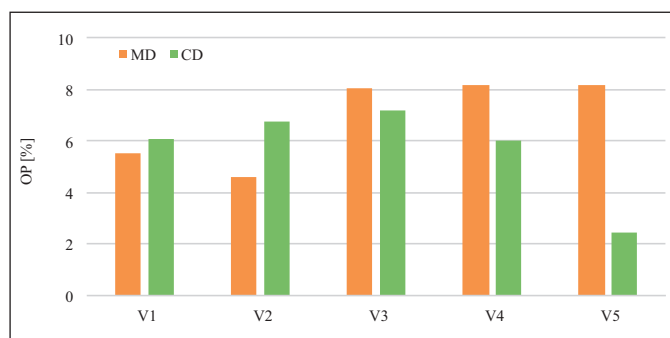
### Osnovne lastnosti

Osnovne lastnosti (Preglednica 1) opredeljujejo vpogled v raznolikost oz. enotnost preiskovanih grafičnih papirjev. Izhajajoč iz podobnih gramatur (pribl. 70 g/m<sup>2</sup>) so razlike med njimi kljub vsemu zaznavne in opazne. Predpostavili smo, da vzorci, ki jim je bila izmerjena večja debelina, dosegajo sorazmerno večji obseg pokanja, kar dokazuje primerjava vrednosti debeline s podatki o pokanju premaza. Izrazito najtanjši vzorec je tisti, ki naj bi bil najmanj dovzeten za pokanje premaza, tj. V5 s končno debelino 0,040 mm (Preglednica 1). Domnevo potrjujemo zlasti zaradi dejstva, da je omenjeni vzorec, V5, glede na debelino edini, ki izraziteje odstopa od preostalih v raziskavo zajetih vzorcev etiketnih papirjev. Pri drugih vzorcih etiketnih papirjev so si izmer-

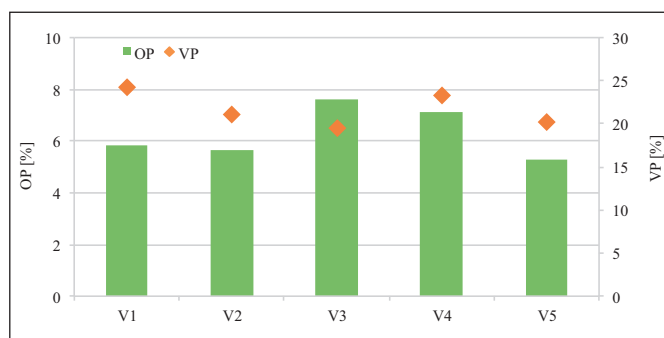
jene vrednosti debeline precej podobne, tj. V1 (d = 0,060 mm) < V3 = V4 (d = 0,062 mm) < V2 (d = 0,069 mm). Količina anorganskih snovi v papirju je opredeljena z vsebnostjo pepela, ki v primeru grafičnih papirjev dosegajo vrednosti tudi do 40 % [23-25]. Visoka vsebnost anorganskih pigmentov izkazuje pozitiven vpliv na optične in tiskovne lastnosti ter negativen vpliv na fizikalno-mehanske lastnosti materiala [26]. Na podlagi navedenega smo predpostavili, da obstaja povezava med vsebnostjo anorganskih snovi in tendenco pokanja premaza na prepogibu. Anorganska polnila se »usedejo« na celulozna vlakna, kar znižuje potencialne medvlakenske povezave in njihove številne preplete, saj delujejo kot fizična ovira. Šibkejšje povezave med vlakni privedejo do hitrejšega in intenzivnejšega pokanja premaza, zlasti pri papirjih, ki izkazujejo nižjo prepogibno odpornost, saj se sestojijo navadno iz kratkih celuloznih vlaken listavcev. Posledica tega je pretrganje posameznih celu-

loznih vlaken in prekinitev medvlakenskih vezi [27]. Po podatkih proizvajalca je razvidno, da je vsebnost CaCO<sub>3</sub>/H60 prisotna v predpremazih vseh preiskovanih vzorcev papirjev, z izjemo V4, kjer je uporabljen zgolj škrob, medtem ko je CaCO<sub>3</sub>/H90 prisoten v vseh tiskovnih premazih V1–V5 [6]. Kot pigmenta sta v premaznih mešanicih prisotna tudi grobo in fino mleti kaolin (V1 in V2). V premaznih mešanicih V2 in V5 je uporabljen zgolj grobi kaolin v tiskovnem premazu ter fino mleti kaolin v premaznih mešanicih V1, V4 in V5.

Kombinacija CaCO<sub>3</sub> in kaolina je v premazni mešanici uporabljena za zapolnjevanje prostih mest med vlakni, kar znižuje naravno reliefnost strukture površine papirja. Vsebnost pepela je grafično prikazano na sliki 2, iz katere razberemo, da je vzorec z najmanjšim obsegom pokanja, V5, tisti, ki vsebuje najnižjo količino anorganskih snovi, tj. pepela, 20,31 %. V4 potrjuje domnevo, da količina



Slika 1: Obseg pokanja premaza papirjev po prepogibu / Figure 1: Area of paper coating cracking after folding



Slika 2: Povprečje obsega pokanja premaza papirja in vsebnosti pepela / Figure 2: Average area of paper coating crack and ash content

anorganskih snovi v papirju, 23,46 %, v precejšnji meri vpliva na obseg pokanja, medtem ko pri V1–V3 korelacije med izmerjenimi vrednostmi ni mogoče z gotovostjo ne potrditi ne ovreči (slika 2). Posebej izstopajo vrednosti V3, pri katerem smo glede na povprečje določili eno izmed nižjih vsebnosti pepela (19,58 %), hkrati pa se izkazuje največji povprečni obseg pokanja (7,62 %). Vpliv sestave premazne mešanice V3, z največjim deležem  $\text{CaCO}_3/\text{H60}$  (83,86 %) in grobega kaolina (29,05 %), je v največji meri vzrok za nastanek pojava pokanja premaza na prepogibu v večjem obsegu. Sklenemo lahko, da višja vsebnost  $\text{CaCO}_3/\text{H60}$  doprinese k zvišanju obsega pokanja premaza (Slika 2), zato je, če se želimo izogniti večjim razsežnostim pokanja premaza na prepogibu, optimalnejša izbira višja vsebnost  $\text{CaCO}_3/\text{H90}$ . Kaolin je pigment z delci ploščate oblike in je v primeru prepogibanja v aksialni smeri ugodnejša izbira v izogib pokanju premaza na prepogibu [4]. Višji delež grobega kaolina (29,05 %), tj. geometrijsko večji, ploščati delci, v premazni mešanici V3, nakazuje na prepogibanje pravokotno na os delcev in posledično večjem obsegu pokanja premaza.

### Površinske lastnosti

Vpliv količine premaza za domnevo, da je količina premaza sorazmerna z obsegom pokanja. Vzorci so premazani z različnimi količinami premaza, kar smo opredelili z vsoto predpremaza (PP) in tiskovnega premaza (TP). Najmanjša količina premaza, 14 g/m<sup>2</sup>, je nanesena na V5 in največja na V2, tj. 20,7 g/m<sup>2</sup>, kar se odraža tudi v stopnji hrapavosti, ki je za V2, merjena z metodo Bendtsen, znašala 15 ml/min, medtem ko je za V5 znašala 22 ml/min (Preglednica 2). Količina premaza ( $\sum \text{KP} = \text{PP} + \text{TP}$ ) od najnižje do najvišje je, kot sledi: V4 (13–14 g/m<sup>2</sup>) < V5

(14 g/m<sup>2</sup>) < V3 (18 g/m<sup>2</sup>) < V1 (19,8 g/m<sup>2</sup>) < V2 (20,7 g/m<sup>2</sup>). Iz podanega zaporedja lahko razberemo, da je V5 tisti, ki korelira z obsegom pokanja, saj je ta vzorec premazan z najmanjšo količino premaza. Izrazito neskladje opazimo v primeru V2 (OP = 5,7 % in KP = 20,7 g/m<sup>2</sup>) in V4 (OP = 7,1 % in KP ≈ 13–14 g/m<sup>2</sup>). Povprečje obsega pokanja v smeri CD, v primerjavi s količino premaza na preiskovanih vzorcih papirjev, potrjuje predpostavko, da je količina premaza sorazmerna obsegu pokanja, in to z visoko stopnjo ujemanja v vseh primerih preiskovanih vzorcev papirjev.

### Strukturne lastnosti

Kakovost papirja je odvisna od ustreznega razmerja kratkih (listavci) in dolgih (iglavci) celulozних vlaken, njihove fibrilacije, stopnje mletja, morebitne vključitve mehanske meljavine, polnil in vsebnosti drugih produkcijskih pomožnih sredstev [1, 19–20]. Ustrezna kakovost celulozних vlaken, ob sočasnem upoštevanju nastavitvenih parametrov papirnega stroja, precej vpliva na končno sposobnost odzivanja papirja na zunanje fizikalno-mehanske obremenitve [21]. Vsi proučevani vzorci etiketnih papirjev vsebujejo vlakna listavcev (V1–V3 zgoj vlakna evkaliptusa) in iglavcev [6]. V5 je glede na obseg pokanja najbolj optimalno proizveden vzorec papirja, z najvišjo skupno vsebnostjo celulozних vlaken listavcev ( $\sum [\text{listavci (preostali)} + \text{evkaliptus}] = 77 \%$ ). Višja prepletenost celulozних vlaken, gostota in debelina sten celulozних vlaken listavcev zagotavljajo zaradi »močnejše« strukture, višji elastični odziv na zunanje fizikalno-mehanske obremenitve, tj. tudi prepogibanje [4]. Rezultati meritev se ujemajo s teoretičnimi izhodišči tudi v preostalih primerih preiskovanih vzorcev papirjev, saj sta V1 in V3 vzorca, ki dosegata visoko stopnjo pokanja premaza (Preglednica

3), hkrati pa vsebujeta nizko vsebnost celulozних vlaken listavcev, zgoj vlakna evkaliptusa, kar ima znatni vpliv na nizko odpornost pri fizikalno-mehanskih obremenitvah. Celulozna vlakna iglavcev so v največjem obsegu prisotna pri V1 (36 %) in V2 (25 %) in v najmanjšem pri V3, V4 in V5 (V3 = V5; 23 % in V4; 22 %).

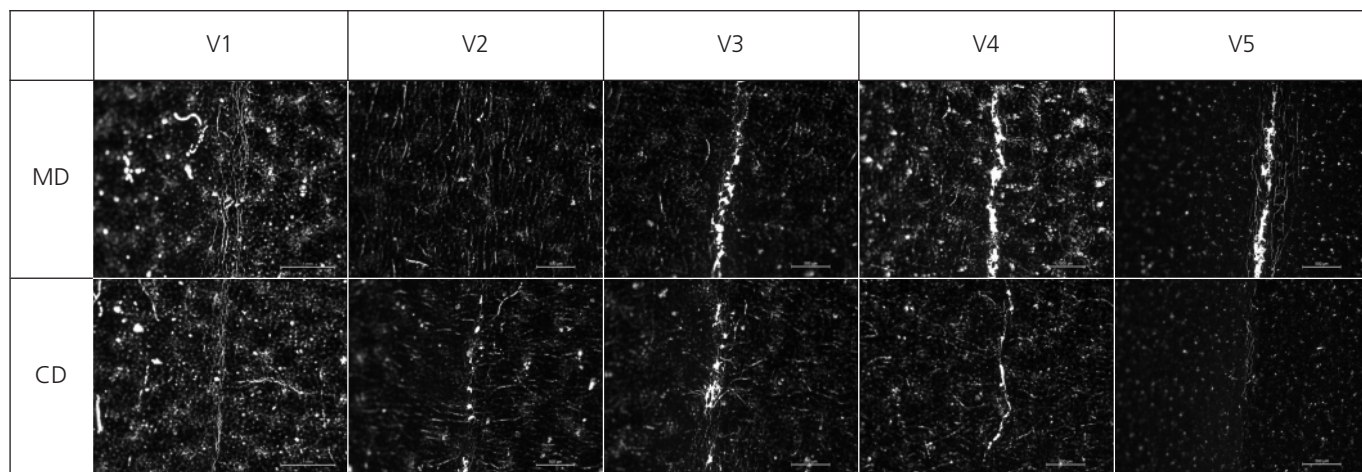
Anizotropija je sprememba fizikalno-mehanskih lastnosti, kar je posledica različne usmeritve strukturnih celulozних vlaken v papirju. Anizotropne lastnosti neposredno vplivajo na krčenje in raztezanje papirja [16–19]. Iz Preglednice 2 razberemo podobnost stopnje anizotropije, tj. hitrost širjenja zvočnega impulza, C [km/s], v MD in CD za V1, V3 in V5, medtem ko V2 in V4 nimata izrazitejših razlik med MD in CD. V povprečju vseh petih preiskovanih vzorcev papirjev je tendenca pokanja premazov manjša v smeri CD (OP<sub>CD</sub> = 5,69 %), kot v MD (OP<sub>MD</sub> = 6,91 %). Izračunano razmerje razlike glede na usmerjenost vlaken je tako 17,75 %, kar nakazuje na poudarjeno stopnjo anizotropije, ki se odraža v fizikalno-mehanskih lastnostih, v odvisnosti od smeri izvajanja obremenitev. Zaradi prepogibanja papirja v MD, glede na smer prepogiba, je bil obseg »zloma« papirja večjega obsega kot v primeru pokanja vzporedno s smerjo prepogiba. Večji obseg pokanja v MD smeri ne velja za vse posamezne vzorce, kot lahko razberemo s Slike 1, ki grafično prikazuje, da je v primeru V1 in V2 povprečje višje v CD. Najopaznejšo razliko v pokanju premaza pri posameznem vzorcu glede na usmerjenost celulozних vlaken v papirju, razberemo pri vzorcu, ki najmanj poka, tj. V5; OP = 5,30 %, kjer je razlika kar 70,1 % (Slika 1), ki obenem izkazuje tudi najnižjo stopnjo togosti po Clarku, tj. 0,12 Nmm v MD in 0,06 Nmm v CD (Preglednica 2). V3 dosega, kot že omenjeno, najvišje vrednosti pokanja premaza na površini papirja (V3; OP = 7,62 %); hkrati je razmerje pokanja MD : CD najbolj enakovredno in je razlika med vrednostima najnižja, tj. 11,3 %.

### Obseg pokanja premaza

Obseg pokanja premaza na površini papirjev je bil izračunan na osnovi razlike slikovnih pik med zajetimi slikami neprepognjenih in prepognjenih vzorcev. Posnetki zajeti z optičnim mikroskopom, Preglednica 4, prikazujejo primere pokanja vzorcev papirjev ob prepogi-

	Obseg pokanja – OP [%]				
	V1	V2	V3	V4	V5
MD	5,55	4,61	8,08	8,18	8,17
CD	6,07	6,74	7,17	6,03	2,44
OP	5,81	5,68	7,62	7,1	5,3

Preglednica 3: Obseg pokanja raziskovanih vzorcev / Table 3: Extent of paper coating cracking



Preglednica 4: Pokanje premaza raziskovanih vzorcev papirjev / Table 4: Cracking of studied paper coatings



banju v MD in CD smeri teka celuloznih vlaken [6]. Pokanje premaza proučevanih pet vzorcev papirjev je v MD izrazitejše kot v CD. Preglednica 3 prikazuje obseg pokanja (OP), tj. skupno v obeh smereh, MD/CD, in sicer najvišjega za V3, tj. 7,62 % in najnižjega za V5, tj. 5,30 %. Razlika med najvišjo in najnižjo izračunano vrednostjo pokanja preiskovanih premazanih etiketnih papirjev znaša 30,50 %.

Vpliv na pokanje premazov ob primerjavi s surovinsko sestavo papirjev je bil najbolj zaznan pri primerjavi uporabe svežega polnila v sestavi papirja, kjer je bilo ujemanje med pokanjem premaza in svežim polnilom po vrstnem redu, kot sledi; V3 > V4 > V1, V2 in V5. V3 in V4 sta edina vzorca etiketnih papirjev, ki vsebujeta dodatek svežega polnila, tj. V3 = 1,0 % in V4 = 0,6 % in sočasno vzorca, pri katerih je bilo pokanje najbolj zaznano; OP; V3 = 7,62 % in V4 = 7,10 % (Preglednica 3), kar opredeljuje dejstvo, da višja vsebnost polnila poslabša prepogibno odpornost in odzivnost na zunanje fizikalno-mehanske obremenitve po premazovanju. Učinek mehanske meljavine na obseg pojava pokanja premaza se je odrazil pri V3, ki je edini z vsebnostjo beljene termično obdelane mehanske meljavine (V3; BCTMP = 5 %) in dosega najvišji obseg pokanja, tj. 7,62 %.

V analiziranih etiketnih papirjih so uporabljena naravna (škrob) in sintetična (stirolobutadienski lateks) veziva. Veziva imajo vpliv na tendenco pokanja premaznega sloja, saj vplivajo na elastičnost materiala. Škrob je vezivo s trdim filmom, ki ima nizko elastično sposobnost in je bolj nagnjen k pokanju, kot npr. lateks, ki zaradi elastičnih lastnosti izboljšuje togost in odzivnost papirja na fizikalno-mehanske obremenitve [4]. Kovezivo, škrob, je uporabljeno v vseh mešanicah proučevanih papirjev v različnih količinah predpremaza (PP). Najvišjo vsebnost škroba ima V4 v predpremazu, tj. 100 pph [6], ki vzporedno izkazuje tudi visoko stopnjo pokanja premaza, kar bi lahko pripisali ravno velikim količinam škrobne veziva. Nizka vsebnost škroba ima za posledico nizko tendenco pokanja premaza na prepogibu, izmerjeno pri V1 in V2. Vsebnost škroba v premazih V1-3 in V5 je za 80–92 % nižja, kot pri V4, zato večjega vpliva na pokanje premazov pri teh vzorcih ne moremo z gotovostjo potrditi, zlasti ker ima V3 zelo nizko vsebnost škroba in največji obseg pokanja. Vezivna komponenta sintetičnega izvora (stirolobutadienski lateks) je v premaznih mešanicah vzorcev V1–V3, prisotna v praktično enakih količinah, tj. 10,5–11,5 pph. Razlika med količinami pri omenjenih vzorcih je največ za 7,0 %, tako da je vrstni red med navedenimi vzorci praktično irelevanten, saj je pri V4 in V5 vsebnost lateksa v primerjavi z V1–V3 nižja za 23,8 %. Premazani papirji, ki vsebujejo več lateksa, so po predvidevanjih bolj prožni in togi, kar nam potrjujejo ujemajoče se vrednosti za V2–V4, pri obsegu pokanja premaza (5,68–7,10 %) in vsebnosti lateksa (9,02–8,73 %). Pri vzorcih, tj. V3 in V5, ki dosega skrajni meji pokanja, tj. najvišjo in najnižjo, tega ne moremo potrditi. V5 je vzorec z najvišjo vsebnostjo lateksa 11,27 %, in je, kot predvideno, vzorec z najnižjim obsegom po-

kanja premaza, 5,30 %, medtem ko ima V3 med preiskovanimi vzorci najnižjo vsebnost lateksa, 8,35 % in najvišji obseg pokanja premaza, 7,62 %. Premazan papir je kompozitni material in vsaka od sestavnih delov kompozita doprinese k celostnemu obnašanju materiala pri fizikalno-mehanskih obremenitvah. V primeru V3, tj. z najnižjo vsebnostjo lateksa, tako na obseg pokanja premaza vplivata še visoka prisotnost CaCO<sub>3</sub>/H60, 83,86 % v predpremazu in grobi kaolin, 29,05 % v tiskovnem premazu.

### ZAKLJUČEK

Višjo stopnjo odpornosti premazanih papirjev na pokanje dosežemo primarno s primerno izbiro osnovnega papirja, saj so od kakovosti osnovnega papirja odvisni vsi nadaljnji dodelavni postopki, tj. tudi premazovanje. Kratka vlakna listavcev dajo papirju ustrezno stopnjo togosti in mu, skupaj z dolgimi vlakni iglavcev, omogoča visoko stopnjo odpornosti na zunanje fizikalno-mehanske obremenitve, kar se odraža kot pokanje premaza ob prepogibanju papirja, ki je predvsem posledica ozkega območja elastičnosti. Premazni sloj naj bi imel dobre sposobnosti vpijanja v strukturo papirja in naj bi dosegal visoko stopnjo prožnosti. To dosežemo s čim manjšo količino premaza nanesenega na površino papirja in predvsem z ustrezno izbiro pigmentov ter ne zadnje tudi veziv, ki zagotavljajo elastičnost in zaradi svoje strukture omogočajo deformacije brez vidnih poškodb pri zunanjih obremenitvah, kot je primer pokanje premaza na površini papirja.

### LITERATURA

1. ČERNIČ, M. Kakovost grafičnih papirjev v digitalnih tehnikah tiska: pregledna strokovna študija. Ljubljana, 2017, str. 4-34.
2. NOVAK, G. Grafični materiali. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2004, str. 95-110.
3. ČERNIČ LETNAR, M. in HERNAUS, A. Vpliv lastnosti papirja na tiskarsko prehodnost v elektrofotografiji. Papir, 2002, let. 30, št. 3-4, str. 69-79.
4. MOŽINA, K. Pregibanje papirja. Grafičar, 2006, št. 3, str. 28-32.
5. KYUDEOK, O., DONGIL S., HYE J. Y., YONG M. L., SEUNG U. Y., HAK L. L. Effects of coating composition and folding direction on the fold cracking of coated paper. Nordic Pulp & Paper Research, 2016, vol. 31, no. 2, str. 347-353.
6. BRESKVAR, K. Pokanje premazov na specialnih grafičnih papirjih: magistrska naloga. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, 2020, 78 str.
7. ULLRICH, H. The development of a pigmented multi-purpose ink jet paper. V PITA Coating conference proceedings. PITA, Zebra Publishing, Manchester, Velika Britanija, 2003, str. 135-138.
8. LEHTINEN, E. Introduction to pigment coating of paper. Book 11, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Paper Engineers Association, Jyväskylä, Finska, 2009, str. 12-28.
9. PackPro 7.1. Tehnični list, [citirano 17. 3. 2021]. Dostopno na svetovnem spletu: <https://www.brigl-bergmeister.com/sl/izdelek/packpro-7-1/>.

10. NiklaPack. Tehnični list, [citirano 17. 3. 2021]. Dostopno na svetovnem spletu: <https://www.brigl-bergmeister.com/sl/izdelek/niklapack/>.
11. NiklaSelect. Tehnični list, [citirano 17. 3. 2021]. Dostopno na svetovnem spletu: <https://www.brigl-bergmeister.com/sl/izdelek/niklaselect/>.
12. NiklaPET. Tehnični list, [citirano 17. 3. 2021]. Dostopno na svetovnem spletu: <https://www.brigl-bergmeister.com/sl/izdelek/niklapet/>.
13. PackPro 7.5. Tehnični list, [citirano 17. 3. 2021]. Dostopno na svetovnem spletu: <https://www.brigl-bergmeister.com/sl/izdelek/packpro-7-5/>.
14. OKOMORI, K, ENOMAE, T. in ONABE, F. Evaluation and control of coated paper stiffness. Journal of Pulp and Paper Science, 2001, vol. 27, no. 8, str. 262–267.
15. ČERNIČ, M. in SCHEICHER, L. Kakovost časopisnega papirja za ofsetni tisk. Grafičar, 2008, let. 21, št. 1, str. 31-34.
16. KULACHENKO, A. in UESAKA, T. Direct simulations of fiber network deformation and failure. Mechanics of Materials, 2012, vol. 51, str. 1-14.
17. KULACHENKO, A., LINDSTRÖM, S. in UESAKA, T. Strength of wet fiber networks – Strength scaling. V Proceedings of Papermaking Research Symposium. Editors E. Madetoja, H. Niskanen in J. Hämäläinen, Kuopio, Finska, 2009, 10 str.
18. LAVRYKOV, S., LINDSTRÖM, S. B., SINGH, K. M. in RAMARAO, B. V. 3D network simulations of paper structure. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 2012, vol. 27, no. 2, str. 256-263.
19. IGLIČ, B. Kratka tehnologija pridobivanja vlaknin za proizvodnjo papirja in kartona. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 1988, str. 9-11.
20. ČERNIČ, M., HLADNIK, A., DOMJAN, L. Vrednotenje enakomernosti papirja. Papir, 2010, let. 38, št. 3, str. 33-37.
21. ČERNIČ, M. in SCHEICHER, L. Kakovost časopisnega papirja za ofsetni tisk. Grafičar, 2008, let. 21, št. 1, str. 31-34.
22. AHLROOS, J., ALEXANDERSSON, M. in GRON, J. Influence of base-paper filler content and pre-calendering on metered film press coating-paper and print quality. TAPPI Journal, 1999, vol. 82, no. 5, str. 94-100.
23. GANE, P. A., KETTLE, J., MATTHEWS, G. P. in RIDGWAY, C. Void space structure of compressible polymer spheres and consolidated calcium carbonate paper-coating formulations. Industrial and engineering chemistry research, 1996, vol. 35, no. 5, str. 1753-1764.
24. ELTON, N. J. in PRESTON, J. S. Polarized light reflectometry for studies of paper coating structure. Part I. Method and instrumentation. TAPPI Journal, 2006, vol. 5, no. 7, str. 8-16.
25. Določevanje ostanka (pepela) pri žarjenju pri 525 °C. SIST ISO 1762:2002, 4 str.
26. MOŽINA, K. Viskoelastične lastnosti grafičnih papirjev: doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, 2017, 200 str.

Naravoslovnotehniška fakulteta  
Univerze v Ljubljani  
Oddelek za tekstilstvo, grafiko in oblikovanje