

Posebne vrste grafičnih papirjev

Special types of graphic papers

Diana Gregor Svetec^{1,*}, Rozália Szentgyörgyvölgyi², Silva Grilj¹, Mirica Debeljak¹

¹ University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering

² Budapest Tech, Rejtő Sándor Faculty of Light Industry and Environmental Engineering

E-mails: diana.gregor@ntf.uni-lj.si ; silva.grilj@ntf.uni-lj.si ; mirica.debeljak@ntf.uni-lj.si

* Avtor za korespondenco; Tel.: +386 1 200 32 72; Fax: +386 1 200 32 70

Povzetek: Predstavljeno raziskovalno delo temelji na preučevanju strukture in lastnosti posebnih vrst grafičnih papirjev, analizi njihove potiskljivosti in s tem primernosti za digitalni tisk. Med posebne grafične papirje spadajo sintetični papirji, ki se delijo na sintetične papirne filme in vlaknate sintetične papirje ter tiskovni papirji, izdelani iz 100 % recikliranih vlaken. V prispevku so predstavljene tiskarske lastnosti dveh vrst sintetičnega papirja in 100 % recikliranega grafičnega papirja.

Ključne besede: reciklirani papir; sintetični papir; tiskarske lastnosti

Abstract: Presented research work is based on the determination of structure and properties of special printing papers, evaluation of their printability and suitability for digital printing. Synthetic papers, which are divided in the film synthetic papers and fiber synthetic papers belong to special printing papers, as well as papers made from 100% recycled fibers. In the article the printing properties of two types of synthetic papers and 100% recycled paper are presented.

Keywords: recycled paper; synthetic paper; printability

1. Uvod

V svetu pridobivajo kar 90 % vlaken, ki se uporabljajo za izdelavo papirja iz različnih vrst lesa iglavcev (smreka, jelka, bor) in listavcev (bukev, breza, topol). Poraba lesnih vlaken vse od leta 1950 strmo narašča in bo po nekaterih napovedih do leta 2020 narasla na 75 milijonov ton. Sodobna znanost in tehnologija ponujata mnoge možnosti izbire in rešitve tega problema, to je prevelike porabe lesnih vlaken. Ena izmed teh je sintetični papir, druga reciklirani papir.

1.1. Sintetični papir

Začetek razvoja sintetičnega papirja je bil v zgodnjih 50-ih letih prejšnjega stoletja, ko so se na tržišču pojavili papirji narejeni iz poliamidnih (najlon), poliestrskih in akrilnih vlaken v mešanici s celuloznimi vlakni. V začetku 70-ih let je bilo razvitih več metod izdelave sintetičnega papirja in prišlo je do njegove industrijske izdelave, najprej na Japonskem. Toda sintetični papir je imel v svojih rosnih

letih kar nekaj slabosti pri tiskanju in nadaljnji obdelavi in si ni pridobil pomembnejšega položaja na tržišču (1). Po daljšem obdobju stagnacije se je nekaj podjetij na Japonskem in drugod po svetu usmerilo v razvoj sintetičnih papirjev posebnih lastnosti, večje uporabnosti in našlo niše na tržišču. Tako so razvili sintetični papir, ki je združeval lastnosti tradicionalnega papirja in lastnosti materialov izdelanih iz sintetičnih polimerov (polimerni filmi). Skratka izdelali so papir, ki naj bi prevzel vlogo papirja visoke kakovosti (2).

Med sintetičnimi papirji, ki so danes dostopni na trgu, razlikujemo med papirji, ki so izdelani iz samih sintetičnih polimerov in so brez sestavin naravnega izvora in papirji, ki so sestavljeni iz naravnih in sintetičnih vlaken. Najpogosteje uporabljena sintetična vlakna so polistiren, polipropilen, polietilen visoke gostote, poliester, poliamid in polivinil klorid, papirji pa vsebujejo tudi različne dodatke kot so polnila, veziva itd. (3,4). Sintetični papirji se razlikujejo po metodah izdelave in po obliki osnovnega materiala. Prva skupina so papirji, ki so izdelani iz

sintetičnih materialov v obliki neskončno dolgih vlaken (npr. *Tyvek*) ali v obliki kratkih vlaken (npr. *Neobond*), tako imenovani vlaknati sintetični papirji. Proces izdelave vlaknatega sintetičnega papirja poteka z zamenjavo dela celuloznih vlaken s sintetičnimi na enaki strojni opremi kot se izdeluje običajni papir, dodajo pa mu tudi vezivo. Druga skupina so materiali, ki jih iz polimernih sekancev izdelajo s talilnim oblikovanjem brez raztezanja (npr. *Polyart*) ali z dvosmernim raztezanjem v obliki dvosmerno orientiranega večplastnega papirja (npr. *Yupo*) in jih imenujemo sintetični papirni filmi (3). Sintetičnemu polimeru se dodajo polnila in drugi dodatki v maso, nato pa sledi talilno oblikovanje (ekstrudiranje). Pri postopku talilnega oblikovanja se polimer segreje, polimerna talina iztisne skozi šobno odprtino in ponovno strdi. Izdelava lahko poteka na dva načina, brez raztezanja (polimerna talina se strdi s hlajenjem) in z dvosmernim raztezanjem (polimer se začasno ohladi, ponovno segreje in razteza v vzdolžni in prečni smeri). S kemično ali fizikalno obdelavo površine ali s premazovanjem površine papirnemu filmu izboljšamo primernost za pisanje in tiskanje, poveča pa se tudi neprosojnost in belina (5).

1.2. Reciklirani papir

Koncept izdelave papirja iz recikliranih vlaken je že zelo star. V Evropi so namreč od leta 1250 do 1875 izdelovali papir iz recikliranih vlaken, pri čemer so kot surovino uporabljali krpe iz lanu, konoplje in bombaža. Sledilo je obdobje, kjer so za izdelavo papirja uporabljali predvsem sveža vlakna izdelana iz lesne celuloze po kemijskem ali mehanskem postopku. Šele od leta 1950 so začeli uporabljati tudi reciklirana lesna vlakna, predvsem pri nezahtevnih izdelkih. Danes je povečana uporaba recikliranega papirja posledica omejenosti z viri in zato višje cene svežih vlaken, v zadnjem desetletju pa tudi okoljevarstvene in ekološke politike ter samega tržišča (6,7). Odpadni papir je tako postal primarna sestavina embalažnega papirja in kartonskih izdelkov, od konca 60-ih let, ko se je začela proizvodnja recikliranega časopisnega papirja pa tudi le-tega. V zadnjih letih se je pozornost obrnila tudi na izdelavo bolj kvalitetnega papirja iz recikliranih vlaken. Z izjemo kartonov, embalažnih in časopisnih papirjev večina recikliranih papirjev vsebuje tudi sveža vlakna. Grafični papirji izdelani iz 100 % recikliranih vlaken so še redki.

Odpaden papir je danes dragocena surovina v papirni industriji. Predstavlja najpomembnejši vir vlaken, saj zagotavlja približno polovico celotnih vlaken v Evropi (7). Papir namenjen recikliranju prihaja iz različnih koncev, predvsem pa je različno obdelan in uporabljen. Predpotrošen odpad je odpad, ki preseže količino naklade ali je izvržen zaradi nekvalitetne izdelave. Določen odpad, ki ni

bil nikoli potiskan in potiskan odpad, ki ni bil uporabljen s strani potrošnika, olajša reciklažo materiala in spada med kakovostno surovino. Na drugi strani imamo po-potrošen odpad, ki je pomešan z odpadki različnih vrst. Poleg tega, da vsebuje papirne sponke in lepila, je lahko pomešan s plastenkami, embalažo in pločevinkami. Tak papir je težje reciklirati, predstavlja manj kakovostno surovino. Da je papir klasificiran kot recikliran, od leta 1999 vsebuje 30 % po-potrošenega odpada (6).

2. Rezultati in diskusija

Na recikliranem in dveh vrstah sintetičnega papirja so bile določene osnovne, mehanske, površinske in optične lastnosti ter primerjane z lastnostmi klasičnih papirjev. Papirji so bili potiskani v digitalni tehniki tiska. V prispevku so predstavljene nekatere lastnosti papirjev.

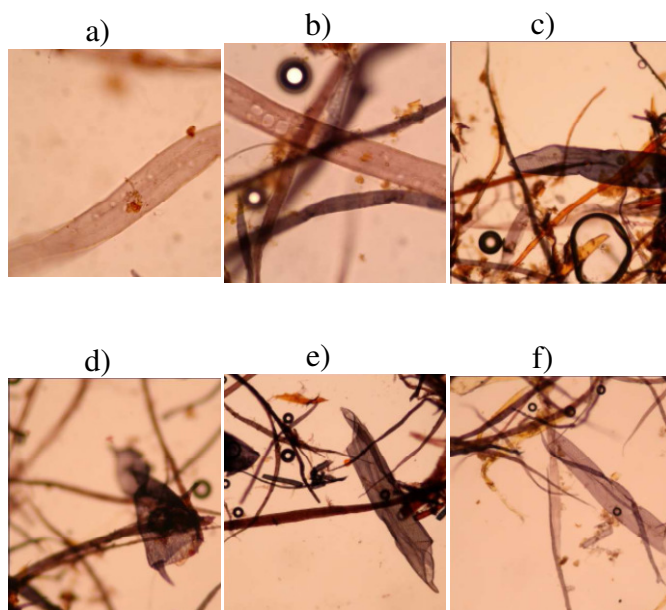
2.1 Materiali in metode preiskav

Klasični papir, ki smo ga analizirali je bil mat premazani papir Biomatt (vzorec P1). Med recikliranimi papirji je bil analiziran mat premazan papir CyclusPrint (vzorec P2), med sintetičnimi papirji pa vlaknati sintetični papir Pretex (vzorec P3) in sintetični papirni film Yupo (vzorec P4).

Analiza je zajemala določitev osnovnih lastnosti: gramature; ISO 536 (8) in debeline; ISO 534 (9), mehanskih lastnosti; ISO 1924-2 (10), površinskih lastnosti: hrapavost – Bendtsen; ISO 5636-3 (11)—in površinsko absorpcijo vode po Cobbu; ISO 535 (12), optične lastnosti: zrcalni sijaj; ISO 8254-1 (13), ISO belino, ISO 2470 (14), morfologijo površine ter vlakninsko sestavo; ISO 9184-1 (15).

2.2 Rezultati meritev

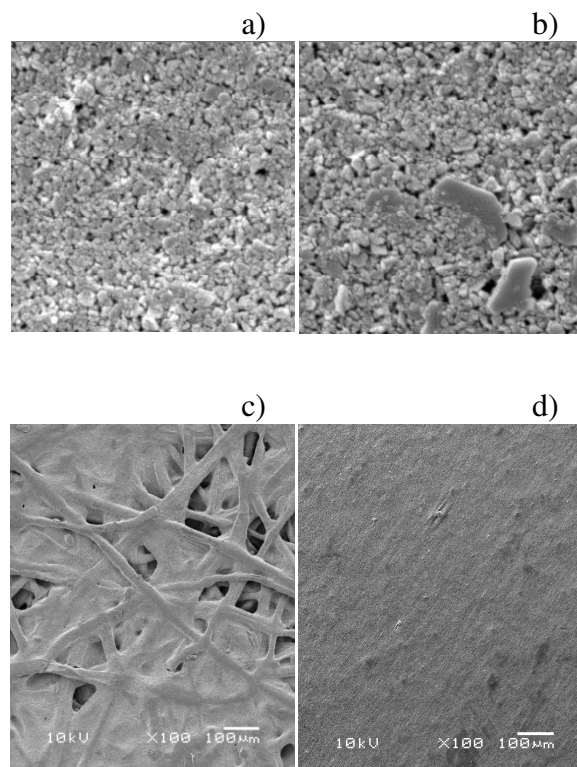
Za izdelavo recikliranega grafičnega papirja se uporabljajo vlakna odpadnega časopisa, revij in ostalih grafičnih papirjev. Pri izdelavi papirne kaše primerne kvalitete je pomembna kombinacija dolgih in kratkih vlaken. Zmes vlaken različne dolžine in širine daje končnemu papirju dobro tiskovno in tiskarsko prehodnost. Na sliki 1 so prikazana vlakna, ki smo jih določili v klasičnih in recikliranih papirjih. V tabeli 1 so prikazane nekatere lastnosti papirjev, na sliki 2 pa površina papirjev.



Slika 1. Vlakna iglavcev (100-x povečava) in listavcev (400-x povečava) v papirjih (a) Smreka. (b) Bor. (c) Breza. (d) Eukaliptus. (e) Bukev. (f) Topol.

Tabela 1. Lastnosti papirjev.

Lastnost / Vzorec	Vzorec P1	Vzorec P2	Vzorec P3	Vzorec P4
Gramatura (g/m ²)	96,5	101,7	100,3	101,7
Debelina (μm)	88	92	95	133
Gostota (g/cm ³)	1,09	1,10	1,05	0,77
Pretržna sila v vzdolžni smeri (kN/m)	5,2	5,1	6,2	14,6
Pretržna sila v prečni smeri (kN/m)	3,1	1,8	4,3	5,1
Pretržni raztezek v vzdolžni smeri (%)	2,0	2,0	2,2	16,0
Pretržni raztezek v prečni smeri (%)	5,5	4,5	6,1	79,9
Hrapavost (ml/min)	42	80	114	/
Absorpcija-Cobb (g/m ²)	19	70	4,7	0,2
Sijaj (%)	33	22	26	53
ISO belina (%)	98	86	95	100



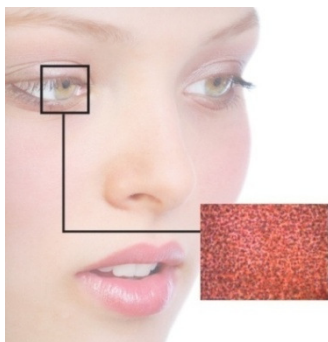
Slika 2. SEM posnetki površine. (a) Klasičnega papirja pri 5.000-kratni povečavi (Vzorec P1). (b) Recikliranega papirja pri 5.000-kratni povečavi (Vzorec P2). (c) Vlaknatega sintetičnega papirja pri 100-kratni povečavi (Vzorec P3). (d) Sintetičnega papirnega filma pri 100-kratni povečavi (Vzorec P4).

Zahteva po kakovosti grafičnih papirjev se povečuje zaradi želje po visoki hitrosti tiskanja in boljši reprodukciji. Pri barvnem tisku se zahteva čista bela pola, na katero je možno tiskati po obeh straneh ter dobre površinske lastnosti papirja, ki zmanjšajo prašenje in zagotavljajo visoko kakovost odtisa. Klasični in reciklirani papir imata podobno vlakninsko sestavo. V obeh papirjih smo našli vlakna smreke, bora, breze, evkaliptusa in bukve, ponekod tudi redka vlakna topola. Pri recikliranih papirjih je bila vidna tudi fina frakcija ter več lesovine. Če ju primerjamo, opazimo, da so vlakna recikliranega papirja nekoliko krajša in tanjša, tudi nekoliko bolj poškodovana, poleg tega pa je pri recikliranem papirju opazen tudi velik delež fine frakcije. Slika 2 prikazuje klasičen in recikliran mat premazan papir pri 5.000-kratni povečavi. Takoj opazimo, da vsebuje recikliran papir veliko večje skupke premaza kot klasičen papir. Gre za bolj grobo mleti kaolin oz. kalcijev karbonat. Sintetična papirja sta drugačna in se močno razlikujeta tudi med seboj. Vlaknati sintetični papir (slika 2c) je sestavljen iz celuloze, poliestrskih in poliamidnih vlaken, premazan na površini. Sintetični

papirni film (slika 2d) je izdelan s talilnim oblikovanjem iz polipropilena, površinsko premazan in ima popolnoma zaprto površino.

Analizirani papirji imajo enako gramaturo, nekoliko se ločijo v debelini in posledično v gostoti. Izstopa predvsem sintetični papirni film, ki je debelejši, bolj voluminozen, manj gost. Kljub nižji gostoti pa ima sintetični papirni film bistveno višjo pretržno silo oz. natezno trdnost, predvsem v vzdolžni smeri, kar je posledica postopka izdelave in surovine. Vlaknati sintetični papir ima v primerjavi s sintetičnim papirnim filmom veliko nižjo natezno trdnost, bolj podobno celuloznemu papirju. Celulozni in vlaknati sintetični papirji so izdelani iz kratkih vlaken, sintetični papir pa za razliko od klasičnega, vsebuje sintetična vlakna, ki so v primerjavi s celuloznimi trdnjša. Klasični in reciklirani papir imata v vzdolžni smeri enako trdnost, v prečni pa je klasični papir trdnjši. Podrobneje so bile mehanske lastnosti teh papirjev že podane (16). Podobne razlike med papirji opazimo pri pretržnem raztezu. Medtem, ko sta si celulozna papirja v razteznosti podobna, ima vlaknati sintetični papir le malo višji pretržni raztezek, bistveno bolj raztezen pa je sintetični papirni film. Večja razteznost je posledica postopka izdelave in uporabljene surovine, polimera polipropilena.

Papirji se ločijo tudi v površinskih lastnostih. Vsi papirji so gladki, zelo visoko gladkost dosega sintetični papirni film, sledi klasični mat premazan papir, najbolj hrapav pa je vlaknati sintetični papir. Kot je razvidno iz slike 2c, površina vlaknatega sintetičnega papirja ni popolnoma zaprta, vidna so posamezna vlakna in makropore, kar povečuje hrapavost površine. Površinska absorpcija vode je pri sintetičnih papirjih zelo nizka, kar pomeni da je njihova površina hidrofobna. Bistveno večjo vpojnost imata celulozna papirja, posebej še reciklirani papir, ki je zelo hidrofilen. Površina papirja in premaz vplivata na sijaj in belino, ki sta največja pri sintetičnem papirnem filmu, najmanjša pa pri recikliranem papirju. Visok sijaj, belina in gladkost sintetičnega papirnega filma, omogočajo dobivanje kakovostnega odtisa, kar je razvidno iz slike 3.



Slika 3. UV digitalni odtis na sintetičnem papirnem filmu.

3. Zaključki

Sintetična papirja, predvsem pa sintetični papirni film ima bistveno višjo natezno trdnost kot klasični celulozni papirji. Poleg tega so sintetični papirji odporni proti mehanskim poškodbam, na temperaturo, vlago in maščobe, so vodoodporni in imajo večjo dimenzijsko stabilnost. Ker so gladki in imajo hidrofobno površino, tiskarska barva ostane na površini in se ne absorbira v notranjost kot pri celuloznih papirjih, kar jim daje dobre tiskarske lastnosti. Razen večje hidrofobnosti ima vlaknati sintetični papir v primerjavi s klasičnim papirjem podobne tiskarske lastnosti. Visoka belina in sijaj sintetičnega papirnega filma omogočata dobivanje visokokakovostnega odtisa.

100 % reciklirani in klasični mat premazani papir enake gramature, debeline in gostote imata zelo podobne mehanske lastnosti, klasični papir ima le nekoliko višjo natezno trdnost v prečni smeri v primerjavi z recikliranim papirjem. V primerjavi s klasičnim papirjem ima reciklirani papir bolj hrapavo površino. Večja fibrilacija in vsebnost fine frakcije v recikliranem papirju povečujeta absorpcijo vlage. Pričakovano ima reciklirani papir manjši sijaj in nižjo vrednost beline kot klasični mat premazani papir, saj prisotnost po-potrošnega odpada in postopek razsivitve ne omogočata popolne odstranitve primesi in ostankov tiskarske barve v recikliranem papirju in s tem dobivanje enake beline in sijaja, kot pri papirju izdelanem iz svežih vlaken. Raziskave so pokazale, da ima 100 % reciklirani papir primerljive lastnosti s klasičnim papirjem, zato bi bil primeren nadomestek papirju, izdelanemu iz svežih vlaken v večini primerov uporabe.

Zahvala

Raziskave so del bilateralnega projekta BI-HU/10-11-013 in programa dela MR S. Grilj in M. Debeljak. Avtorji se zahvaljujejo ARRS za finančno podporo.

Literatura

1. *Synthetic Paper*. <<http://www.yupo.com>>
2. Lenz, S. Fantastic plastic. *American Printer* **2005**, 122, 38-42.
3. Paszkowska, K.; Podsiadlo, H.; Ambroziewicz, A. Influence of the fibre composite-on of paper containing synthetic fibres on printing properties. *Paper Technology* **2005**, 46, 21-28.
4. *Encyclopedic dictionary of polymers*. 2nd Ed.; Woodall, J. G. Eds.; Springer: New York, USA, 2007, pp. 947.
5. Černec, F. *Relacije med morfologijo in mehanskimi lastnostmi sintetičnih papirjev*. Magistrsko delo, Ljubljana, Slovenija, 1981, pp. 2-3.

6. Thompson, B.; Recycled paper. In *Printing materials: Science and technology*. Pira International: Leatherhead, England, 2004, pp. 231–256.
7. The status of paper recycling in Europe. In *The future of paper recycling in Europe: Opportunities and limitations*. Strawicki, B.; Read, B. EDS.; PITA: Manchester, England, 2010, pp. 23–113.
8. SIST EN ISO 536:2000. Papir, karton in lepenka - Določevanje gramature.
9. SIST EN ISO 534:2005. Papir, karton in lepenka - Ugotavljanje debeline, gostote in specifičnega volumna.
10. SIST EN ISO 1924-2:2009. Papir, karton in lepenka - Določevanje nateznih lastnosti - 2. del: Metoda z enakomernim naraščanjem raztezka (20 mm/min).
11. SIST ISO 5636-3:1995. Papir, karton in lepenka - Določanje prepustnosti zraka (srednje območje) - 3. del: Bendtsenova metoda.
12. SIST ISO 535:1995. Papir, karton in lepenka - Določanje absorpcije vode - Cobbova metoda.
13. SIST EN ISO 8254-1:2009. Papir, karton in lepenka - Merjenje zrcalnega sijaja - 1. del: 75-stopinjski sijaj z usmerjenim snopom svetlobe, metoda TAPPI.
14. SIST ISO 2470:2002. Papir, karton in lepenka - Merjenje faktorja razpršene odsevnosti v modrem (belina po ISO).
15. ISO 9184-1:1990. Papir, karton in lepenka - Določitev sestave - 1. del: Splošne metode.
16. Grilj, S.; Gregor Svetec, D. Differences between classic and recycled papers. In *Symposium proceedings / 5th International Symposium on Novelties in Graphics* [Elektronski vir]. Ljubljana, Slovenija, 2010, pp. 819–825

