

Karakterizacija kraft papira za izradu papirnatih ambalažnih vreća

Sirutka, Štefica

Master's thesis / Diplomski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:563395>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

ŠTEFICA SIRUTKA

**KARAKTERIZACIJA KRAFT PAPIRA
ZA IZRADU PAPIRNATIH
AMBALAŽNIH VREĆA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

ŠTEFICA SIRUTKA

**KARAKTERIZACIJA KRAFT PAPIRA
ZA IZRADU PAPIRNATIH
AMBALAŽNIH VREĆA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
Prof.dr.sc. Branka Lozo

Student:
Štefica Sirutka

Zagreb, 2013.

SAŽETAK

Vreće su jedan od najstarijih oblika ambalaže. Zbog svoje fleksibilnosti prazne vreće zauzimaju mali prostor pa su troškovi njihova skladištenja i transporta niski. Odlikuju se malom masom u odnosu na volumen, pa svojom težinom tek neznatno opterećuju troškove transporta pakiranog proizvoda. Zahvaljujući dobrim svojstvima, mogućnosti oplemenjivanja i niskoj cijeni papir zajedno s kartonom i ljepenkam danas su jedan od najzastupljenijih ambalažnih materijala. Kod papirnatih vreća traži se da materijal od kojeg je vreća napravljena ima dobre fizičke, kemijske i mehaničke osobine. U vreće se pakiraju sipki proizvodi i to: prehrambeni, građevinski materijali, kemijski proizvodi. Napunjene vreće imaju pogodan oblik za sve vrste unutrašnjeg transporta, a osobito se mogu dobro slagati u skladištima, transportnim vozilima i na paletama. Suvremena industrija papira proizvodi veliki broj različitih vrsta papira koji se razlikuju prema sirovinama iz kojih se proizvode, namjeni i postupcima dorade. Kraft papir proizvodi se iz sulfatne celuloze dugih vlaknaca i drvenjače, a bitna karakteristika mu je velika čvrstoća i podatnost te ima veliku sposobnost istezanja na vlak i otpornost na kidanje i probijanje. Kraft papir se proizvodi u različitim gramaturama, bijeli i smeđi, isporučuju se u rolama, a dijele se u dvije osnovne skupine: standard kraft papiri i „semi extensible“ papiri. Ovaj diplomski rad opisat će mehanička svojstva kraft papira neophodna za izradu papirnatih vreća.

KLJUČNE RIJEČI

Kraft papir

Mehanička svojstva papira

Ambalažne papirnatih vreće

SUMMARY

Bags are among the most ancient forms of packaging. Because of their flexibility, empty bags occupy little space and the cost of their storage and transportation is low. They are characterized by small mass compared to their volume so their weight has little influence on the transportation cost of the packaged product. Thanks to their good properties, the possibility of enrichment and low price, paper and cardboard are today among the most used packaging materials. Paper bag material must have good physical, chemical and mechanical properties. Bags are used for packaging of grainy products like: foodstuffs, construction materials and chemical products. Filled bags have a shape which is appropriate for all kinds of enclosed transportation; they can be stacked in warehouses, transport vehicles and on pallets. Modern paper industry produces large quantities of various types of paper which are differentiated by raw materials used in their production, their application and final processing. Kraft paper is produced from cellulose sulphate and other fibres and pulp, and its main characteristic is its high strength and its pliability, it has high elasticity and tear and puncture resistance. Kraft paper is produced in different grammage, white and brown, delivered in roles and divided in two main groups: standard kraft paper and semi extensible kraft paper. This thesis will be describing the mechanical properties of kraft paper necessary for production of paper bags.

KEY WORDS

Kraft paper

Mechanical properties of paper

Paper bags for packaging

SADRŽAJ

UVOD	1
1.1. CILJ, SVRHA I HIPOTEZA RADA.....	1
TEORIJSKI DIO.....	2
1.2. PAPIR KAO AMBALAŽNI MATERIJAL.....	2
1.2.1. Sirovine biljnog porijekla za izradu papira	2
1.2.2. Dodaci vlaknima u proizvodnji papira	7
1.3. KARAKTERISTIKE I SVOJSTVA PAPIRA	9
1.3.1. Osnovne karakteristike papira	9
1.3.2. Kemijska svojstva papira.....	11
1.3.3. Fizikalna svojstva papira	11
1.3.4. Optička svojstva papira	12
1.3.5. Mehanička svojstva papira	13
1.4. KRAFT PAPIR ZA IZRADU PAPIRNATIH VREĆA	15
1.4.1. Vrste kraft papira	16
1.5. PAPIRNATE AMBALAŽNE VREĆE	17
1.5.1. Papirnat ambalažne ventil vreće.....	18
1.5.2. Papirnat otvorene lijepljene vreće	22
1.5.3. Tehnologija izrade vreća	25
EKSPERIMENTALNI DIO	29
1.6. PLAN ISTRAŽIVANJA.....	29
1.7. MATERIJALI I UREĐAJI	30
1.8. METODE MJERENJA.....	39
REZULTATI I RASPRAVA ISTRAŽIVANJA	49
ZAKLJUČAK.....	64
LITERATURA	65
PRILOZI	67

UVOD

1.1. CILJ, SVRHA I HIPOTEZA RADA

Cilj planiranog istraživanja jest provesti karakterizaciju pojedinačnih kraft papira koji se koriste za izradu papirnatih ambalažnih vreća u Tvornici Grafičar – tvornica vreća Borovljani d.o.o. Svi papiri, koji će biti obuhvaćeni ispitivanjem, koriste se za izradu vreća u pogonima Grafičar - tvornice vreća Borovljani d.o.o., a predviđenim istraživanjem omogućit će se detaljan uvid u svojstva svakog pojedinog papira i, po mogućnosti, saznati koji od njih pokazuje najslabija mehanička svojstva, te može biti uzrokom povremenom pucanju vreća, prilikom punjenja ili manipulacije vrećama.

Postavlja se hipoteza diplomskog rada da postoje kraft papiri koji se koriste u izradi papirnatih ambalažnih vreća koji svojim karakteristikama povremeno dovode do pucanja gotovih vreća. U okviru eksperimentalnog dijela diplomskog rada provest će se ispitivanje određenih općih, površinskih i mehaničkih svojstava određenog broja uzoraka kraft papira različitih gramatura. Osim određivanja gramature, provest će se ispitivanje površinske upojnosti po Cobb metodi, dok će se u diplomskom radu najveća pozornost posvetiti mehaničkim svojstvima, i to otpornosti na kidanje, te s tim mjerenjima povezanom određivanju prekidne dužine i prekidnog istezanja. Također će se odrediti otpornost na cijepanje, kao i otpornost na prskanje, za sve uzorke. Sva mehanička ispitivanja provodit će se za oba smjera toka vlaknaca, na svim uzorcima.

TEORIJSKI DIO

1.2. PAPIR KAO AMBALAŽNI MATERIJAL

Papir je porozni materijal izrađen od nekoliko slojeva međusobno isprepletenih vlaknaca (između kojih se nalazi mnoštvo šupljina), koja tako tvore mrežastu strukturu, a upotrebljava se za pisanje, crtanje, tiskanje, pakiranje, itd. Uz vlakanca koja mogu biti biljnog ili životinjskog podrijetla, mineralna ili sintetska, papir najčešće sadrži još punila, keljiva i dodatke koji djelomično popunjavaju šupljine unutar papira, a utječu na svojstva papira.

Vlakna biljnog porijekla dobivaju se iz višegodišnjih biljaka, tj. iz drveta, i iz jednogodišnjih biljaka, a to su različite vrste slame.

Vunena vlakna su vlakna životinjskog porijekla, mineralna vlakna su staklena vlakna i azbest, koji se ne koristi radi štetnosti, a sintetska vlakna su različiti sintetski polimeri. Vlakna životinjskog i mineralnog porijekla uglavnom se koriste za izradu papira, u kombinaciji s vlaknima biljnog porijekla za izradu specijalnih papira, dok se vlakna sintetskog porijekla mogu koristiti za izradu papira u cijelosti samostalno. Najčešće sirovine biljnog porijekla koje se koriste za izradu papira, a dobivaju se posebnim načinom prerade, su: celuloza i njezine podvrste, drvenjača, stari papir i polutvorina [1].

1.2.1. Sirovine biljnog porijekla za izradu papira

Drvo je najvažnija sirovina za proizvodnju papira, a kao izvor vlakana razlikuje se prema tvrdoći i dijeli se na mekano i tvrdo drvo. Četinari (smreka, jela i bor) spadaju u mekano drvo, a lišćari (bukva, breza i topola) u tvrdo drvo.

Smreku nalazimo u čitavoj Europi. Pogodan odnos širine prema dužini vlakana (tablica 1), te maleni sadržaj vlage, daju joj pogodna svojstva za izradu papira. Obrađuje se svim kemijskim i mehaničkim postupcima. Najsličnija svojstva smreki ima jela.

Bor je također rasprostranjen po čitavoj Europi, raste brže od smreke, ali visoki sadržaj smole otežava njegovu upotrebu. Iz tog razloga se upotrebljava za proizvodnju različitih vrsta drvenjače (smeđe i bijele), a prerađuje se u celulozu lužnatom obradom. Dužina vlakana je slična vlaknima smreke.

Bukva, kao i breza, važna je sirovina za vlakna, koja se prerađuju kiselim i lužnatim postupcima za tekstilnu celulozu, iz razloga što su vlakna bukve manje dužine i širine, a time imaju slabija svojstva s obzirom na čvrstoću, što nije zahtjev za tekstilnu celulozu. Ove dvije vrste tvrdog drveta pogodne su za pripremu poluceluloze, koja obradom ima čvrstoću celuloze dobivene sulfitnim postupkom iz smreke, dok su otpornost na prskanje i otpornost na cijepanje još i veće. Mehaničkom preradom u drvenjaču, dodaje se tvarima s dugim vlaknima za izradu visoko volumenskih upijajućih papira.

Topola ima svojstvo brzog rasta, što joj daje veliku važnost u proizvodnji celuloze uobičajenim mehaničkim i kemijskim postupcima, a pritom se dobiva kvalitetna celuloza dobrog upijanja [1, 2].

Tablica 1: Prosječan sastav drveta [2]

Vrsta drveta	Celuloza	Lignin	Masti, voskovi i smole
Jela	42,0	27,0-29,0	2,3
Bor	43,0	27,0	3,0-4,9
Tisa	51,6	24,3-27,3	1,8-2,4
Cedar	56,02	25,8	4,5
Jasika	43,6	17,0	31,-3,4
Topola	43,3	18,2-26,0	3,2
Breza	40,7	19,0-25,0	1,8-2,25
Bukva	38,5	22,5-23,0	2,4

Uz celulozu, u tkivu drveta nalaze se lignin i mnoge ekstraktivne tvari koje su u drvetu sadržane u malim količinama: eterična ulja, smola, kaučuk, škrob, šećer, bjelančevine, mineralne tvari i dr.

Lignin je polimer složene građe. Potpuno je drugačiji materijal od celuloze jer je tvrd i lomljiv. Njegova glavna uloga je povezivanje vlakana celuloze drveta, čime drvo postaje tvrdo i čvrsto. Sadržaj lignina daje papiru i kartonu zvuk, tvrdoću i krutost. Oni zbog lignina žute, a previsoki sadržaj lignina smanjuje čvrstoću lista. Pri visokim temperaturama lignin potpuno omekša pa se celulozna vlakna mogu odvojiti iz drveta bez oštećenja [2,3].

Hemiceluloze su tvari koje grade primarnu i tercijarnu stjenku drveta. Njezini slojevi mogu bolje upijati vodu i bubriti nego celulozni slojevi. Služi kao tvar za povezivanje središnjeg sloja iz celuloze i lignina. Premali udio hemiceluloze uzrokuje rahle papire koji upijaju, a preveliki utječe na smanjenje otpornosti na cijepanje papira. Najčešće sirovine biljnog porijekla koje se koriste za izradu papira, a dobivaju se posebnim načinom prerade, su: celuloza i njezine podvrste, drvenjača, stari papir i polutvorina [2, 3].

Celuloza je glavni sastavni dio biljnog vlakna (prirodni polimer, po vrsti polisaharid), smješten u njegovom centralnom sloju, a u drvetu je povezana s ligninom i drugim dijelovima staničnih stijenki. Kemijskom obradom biljnih vlakana razvlaknjuju se komadići drva, sječke, na individualna vlakanca i istovremeno se izdvaja lignin. Dva su osnovna postupka kemijske obrade sječke, a to su kiseli ili sulfitni postupak i lužnati ili sulfatni postupak. Ovisno o tome koji se od ta dva postupka primijeni u obradi, dobivena celuloza se naziva sulfitnom, odnosno sulfatnom kemijskom celulozom. Za dobivanje sulfitne celuloze provodi se kuhanje u kiselom mediju, kojim se omogućava prevođenje lignina u topive spojeve i time delignifikacija, a istovremeno dolazi i do otapanja hemiceluloze. Iskoristivost materijala u odnosu na ulaznu sirovinu, drvenu sječku, iznosi do 50%, što je identično sulfatnom postupku, ali se primjenjuje tek na oko 10 % od ukupne svjetske proizvodnje kemijske celuloze u odnosu na sulfatni postupak, gdje je taj postotak 90%. Kuhanje kod lužnatog, sulfatnog postupka se provodi također sa svrhom otapanja lignina, no kod ovog postupka dolazi do manjeg otapanja hemiceluloza nego kod sulfitnog postupka, a time se utječe na bolja mehanička svojstva vlakancaca, pa kasnije i papira proizvedenog od tih vlakancaca. Bez obzira koji postupak kuhanja se primijeni za razvlaknjivanje i delignifikaciju, dobivena celuloza još nije čista i bijela, te se moraju provoditi postupci čišćenja i bijeljenja. Kod čišćenja se iz mase izdvajaju zaostali komadići nerazvlaknjenog drva, grudice i ostala eventualna nečistoća. Nebijeljena sulfatna celuloza naziva se još i kraft celuloza (čvrsta celuloza), a koristi se bez dodatnog bijeljenja za izradu ambalažnih materijala kod kojih se traže dobra mehanička svojstva, dok tamnija boja celuloze ne predstavlja upotrebn problem budući da primarna svrha takvih papira nije vezana uz tisak. Bijeljenje celuloze se provodi oksidacijom, peroksidom ili ozonom, a to su postupci bijeljenja sredstvima bez ili uz vrlo mali sadržaj klora i njegovih spojeva. Na taj način se dobiva tzv. besklorna celuloza ili celuloza bez elementarnog klora, koja je najčišći oblik celuloze koji se može postići, pa

se papiri (najkvalitetniji tiskovni i pisaći papiri), koji se proizvode od takve celuloze, nazivaju bezdrvni papiri, a sadrže najmanju moguću količinu zaostalog lignina u vlaknima [2].

Poluceluloza je podvrsta kemijski obrađene celuloze kojom se obrađuje tvrdo drvo bjelogorice, a postupak obrade se naziva polu - kemijski ili neutralo sulfitni polu - kemijski postupak. Ovakvom obradom u polucelulozi zaostaje velik udio lignina pa se ona koristi za izradu ambalažnih papira, najčešće flutinga, koji služi za izradu srednjeg valovitog sloja valovite ljepenke, i tako utječe na čvrstoću ljepenke [2].

Drvenjača se dobiva mehaničkim razvlaknjivanjem drva, a primjenjuju se različiti postupci. Drvenjaču karakterizira znatna iskoristivost od oko 80% u odnosu na suho drvo, ali zaostali lignin u vlaknima uzrokuje kratak period svjetlostalnosti papira. Uslijed oksidacije lignin tamni pa papir poprima *žučkasto-smeđi ton*, a sama vlakna postaju krta zbog čega su papiri proizvedeni od drvenjače slabijih mehaničkih svojstava, ali imaju veliku neprozirnost, tj. opacitet. Drvenjača se može bijeliti, no pri tome se postiže relativno mali učinak, jer se ne postiže izdvajanje lignina. Papiri koji se proizvode od drvenjače nazivaju se drvni papiri. Zbog relativno slabih mehaničkih svojstava i tamnije boje, od drvenjače se obično proizvode papiri za tisak tiskovina bez trajne vrijednosti (novinski papir i sl.), higijenski papiri i kartoni [2].

Polutvorina je vlaknasta sirovina za izradu papira koja se dobiva iz tekstilnih vlakana (otpad iz tekstilne industrije) i stoga se smatra sekundarnom sirovinom. Vlakna po izvornom porijeklu potječu pretežno od jednogodišnjih biljaka poput lana, pamuka, konoplje, ali i od vune, koja spada u vlakna životinjskog porijekla. Tekstilna vlakna se sortiraju, čiste i usitnjavaju, razvlaknjuju i izbjeljuju, te koriste kao sirovina ili kao dodatak za izradu papira velike mehaničke otpornosti i trajnosti, npr. za papire s posebnim namjenama (novčanice) [2].

Celuloza iz jednogodišnjih biljaka za proizvodnju papira dobiva se iz slame žitarica (pšenica, ječam, raž i riža), te ostalih jednogodišnjih biljaka poput pamuka, lana i konoplje. Ovisno o biljkama, za celulozno iskorištenje koriste se stabljike, kao kod žitarica, dok se kod drugih, kao npr. pamuka, radi o sjemenim nitima, tj. dlačicama. Obrada vlakana za razvlaknjivanje uključuje usitnjavanje, otkoravanje i kuhanje pod pritiskom, čišćenje i eventualno bijeljenje [2].

Vlaknasti materijal dobiven preradom starog papira može biti recikliran pet do sedam puta prije nego što postane previše kratak i lomljiv, a da bi se samo od njega mogao napraviti novi papir određenih svojstava. 80% prikupljenog starog papira može se koristiti za proces recikliranja, dok je ostalo razni otpad poput žice, klamera, spajalica, plastificiranog papira, polukartona, papira otisnutih UV lakom i drugo. Proces reciklaže provodi se: razvlaknjivanjem papira u vodi, grubim prosijavanjem vlaknastog materijala, uklanjanjem otisnute boje s papira, čišćenjem, finim prosijavanjem, ispiranjem, te, eventualno, ugušćivanjem i konzerviranjem vlaknaste mase. Svojstva budućeg recikliranog papira ovisna su o gotovo svakom dijelu postupka prerade. Radi promjena na vlaknima, prisutnosti nečistoća, papiri proizvedeni od recikliranih vlakana razlikuju se od papira iz primarnih vlakana po optičkim i fizikalnim karakteristikama, te imaju slabija mehanička svojstva. Čestice onečišćenja svojom prisutnošću utječu na loše vezivanje vlakna na vlakno, uslijed čega nastaju pukotine u strukturi lista, a prilikom opterećenja papira u tisku, pogotovo tisku iz role, ovakve pukotine utječu na cijepanje čitave trake papira. Promjene tiskovnih svojstava recikliranih papira, u odnosu na papire iz primarnih vlakana, odnose se najviše na fizikalne promjene papira o kojima ovisi siguran, brz i čist proces tiska (bez prekida papirne trake u rotacijskim strojevima, bez čupanja i prašenja površine papira uslijed otpadanja vlakanaca i čestica punila, uz dimenzionalnu stabilnost papira). Vlaknaste, sitne čestice nastale recikliranjem razlikuju se po teksturi od ostalih sitnih čestica, a mogu doprinijeti boljem vezivanju vlakana međusobno, jer se formiranjem lista smještaju u vlaknaste prostore i popunjavaju ih, no višestrukim recikliranjem vlakna doživljavaju oštećenja poput mikrokompresija i orožnjavanja. Vlaknaste, sitne čestice jednako su sastava kao i vlakna, pa se dobro vežu i isprepliću s duljim vlaknima, i time mogu poboljšati čvrstoću, odnosno mehanička svojstva papira. Dodavanjem sitnih čestica punila, pulpi, dolazi do opadanja čvrstoće i pojave čupanja papira [4].

1.2.2. Dodaci vlaknima u proizvodnji papira

Najvažniji dodaci koji se koriste pri izradi papira su punila, keljiva i bojila. Postoje i ostali dodaci koji se koriste rjeđe, u manjoj mjeri ili za specijalne potrebe. Svaki od dodataka papiru ima svoju funkciju i utječe na svojstva gotovog papira. Dodaci se koriste u većoj ili manjoj mjeri i nije ih potrebno sve dodavati u svaki papir, a mogu se dodavati tijekom proizvodnje papira u masi, ili se nanose na gotov papir u obliku površinskog premaza.

Punila su anorganski, najčešće mineralni, dodaci u proizvodnji papira, a vrlo često se koriste karbonati, kao kalcijev karbonat, oksidi, kao titan dioksid, ili silikati. Čestice punila smještaju se između vlakana i djelomično popunjavaju šupljine u vlaknastoj strukturi papira. Uloga punila u proizvodnji papira je, prije svega, mogućnost povećanja gramature papira a bez povećanja debljine, do koje bi došlo dodavanjem vlakana. Punila doprinose optičkim svojstvima papira, povećavaju mu svjetlinu, bjelinu i opacitet, pospješuju se i tiskovna svojstva papira u smislu da su podatniji za tisak a površina im je glađa. Dodatak punila veći od 30 % u odnosu na suhu vlaknastu masu može negativno utjecati na svojstva papira, bilo da se radi o mehaničkim svojstvima papira ili o čvrstoći površine. Veći udio punila među vlaknima može dovesti do slabljenja veza između vlakana i nemogućnosti da se vlakanca isprepletu oko punila, što utječe na smanjenje otpornosti papira prema kidanju, cijepanju i prskanju, ali dovodi i do pojave površinskog prašenja papira.

Keljiva su organski dodaci papiru, biljnog, životinjskog ili sintetskog porijekla, a mogu se dodavati u masu prilikom proizvodnje papira ili u obliku tankog površinskog premaza. Kao keljiva se koriste biljne smole, škrob, parafin i sl. Uloga keljiva je homogenizirati strukturu papira te tako smanjiti upojnost, čime je papir ujedno i dimenzionalno stabilniji. Dodavanje keljiva ne može promijeniti higroskopian karakter vlakana, no može utjecati na smanjenje ili sprečavanje kontakta vlakana s vodom. U papir se dodaje 3–4 % keljiva u odnosu na suhu masu vlakana, a ovisno o količini korištenog keljiva papiri se dijele na nekeljene, četvrt-keljene, polu-keljene, tričetvrt-keljene i puno-keljene papire. Ako se keljiva apliciraju po površini papira, takve papire nazivamo keljenima.

Bojila su dodaci papiru koji se dodaju u masu prilikom izrade papira, a služe ili za povećanje stupnja bjeline kod izrade bijelih papira, ili za izradu obojenih papira. U skupinu bojila spadaju i specijalni dodaci za izradu izrazito bijelih papira, tzv. optička bjelila koja stvaraju dojam iznimno bijele površine papira, anulirajući žućkasti ton celuloze [2].

1.3. KARAKTERISTIKE I SVOJSTVA PAPIRA

Svojstva i kvaliteta papira važni su za kvalitetu izrade grafičkog proizvoda i pravilan rad strojeva. Tiskarski i doradni strojevi sve su brži, njihov radni sat sve je skuplji, zahtjevi za kvalitetom proizvoda sve su viši, što su glavni razlozi da se mora stalno voditi računa o ispravnosti osnovnih grafičkih materijala. Naročitu pozornost potrebno je posvetiti ulaznoj kontroli i manipulaciji papira, koji je još uvijek jedan od najvažnijih tiskovnih materijala na koji se tiska različitim tehnikama tiska. Ulazne kontrole u tiskarama obuhvaćaju osnovna ispitivanja kvalitete, dok se opsežnija ispitivanja rade u zato ovlaštenim ustanovama, u strogim, standardima propisanim uvjetima [2].

1.3.1. Osnovne karakteristike papira

Gramatura ili masa jedinice površine je masa 1 m² papira ili kartona izražena u gramima, a najpreciznije se mjeri gravimetrijski, kao aritmetička sredina mjerenja mase, na preciznoj vagi više uzoraka izrezanih na određene dimenzije. Prema gramaturi proizvode papirne industrije dijelimo na:

- papir – materijali do 150 g/m²,
- karton- materijali od 250 g/m² do 500 g/m² i
- ljepenu – materijali od 600 g/m² do 5000 g/m² [2].

Specifična težina ili prostorna težina je težina 1 dm³ izražena u kilogramima [2].

Ukoliko je poznata gramatura i debljina papira, lako se može izračunati specifična težina. Za pojedine vrste papira specifična težina se kreće od 0,33 kg/dm³ za lagane i rahle papire, do 1,35 kg/dm³ za guste i jako satinirane papire. Na specifičnu težinu najviše utječe sadržaj punila, mljevenje i satiniranje [2].

Debljina papira je normalna udaljenost između donje i gornje strane lista papira ili trake papira, izražena u milimetrima. Određuje se mikrometrom kao aritmetička sredina debljine većeg broja mjerenja na različitim mjestima lista papira.

Formati papira su papiri izrezani na arke, a standardizirani su u svijetu, s time da postoje i formati koje imaju određene države. Usvojeni svjetski standard je ISO 216, koji opisuje formate papira A i B serije, kao i formate koji se koriste u određenim

zemljama: Letter, Legal, Junior Legal, Ledger, Tabloid. Poznavanje formata papira je osobito važno kod planiranja proizvodnje, pripreme za tisak i izrade kalkulacija. Papiri u rolama su posebno normirani [2].

Prema *vlaknastom* sastavu razlikujemo:

- papire od tekstilnih materijala (krpe od lana, konoplje i pamuka): to je najkvalitetnija vrsta papira koji se koriste za izradu novčanica i dokumenata, zatim biblijski papir, cigaretni papir, papir za sljepačko pismo i sl.,
- bezdrvne papire i kartone: proizvode se od celuloze uz eventualni dodatak otpadnog tekstila (poštanski papir, papir za umjetnički tisak, papir za crtanje, filter, foto i kancelarijski papir, natron papir, pergamint i pergamin papir, nabrani, krep, papir, svileni i voštani papir i sl.),
- papire od vlakana visokog prinosa (drvenjača i poluceluloza): sirovina je jeftina, te su ove vrste papira najmasovniji proizvod industrije papira (novinski i roto papir, razne vrste tiskarskih papira za duboki i visoki tisak i sl.),
- papire od otpadnog i starog papira: obično se proizvode od nesortiranog starog papira i kvaliteta im ovisi o kvaliteti starog papira te
- papire proizvedene od jednogodišnjih biljaka (žitarica, stabljika šećerne trske, bambusovih stabljika i sl.): riječ je o rijetkim i kvalitetnim vrstama papira koje se ne proizvode industrijski.

Vlaknasti sastav određuje se kvalitativnim i kvantitativnim kemijskim reakcijama i mikroskopskim analizama [2].

Vlažnost papira je njegov sadržaj vode. Celulozna vlakanca su higroskopna pa stoga vlakno svoj sadržaj vlage podešava prema vlažnosti zraka koji ga okružuje. Papir kod porasta temperature otpušta vodu i skuplja se, a kod pada temperature prima vodu i rasteže se. Metode ispitivanja vlage u papiru su: ispitivanje apsolutnog sadržaja vlage u papiru metodom sušenja i ispitivanje vlažnosti zraka u neposrednoj blizini papira pomoću aparata s higroskopnom tvari ili električnom metodom mjerenja [2].

Dvostranost papira očituje se u razlici po izgledu (glatkost, bjelina) i svojstvima (upojnost) sitove i pustene strane papira, a posebno je izražena kod papira s većim udjelom punila. Sitova strana, nastala utiskivanjem tkanja sita na papirnom stoju, je hrapava i ravna, dok je gornja strana glatka i neravna. Sitova strana ima veću upojnost,

što nije prihvatljivo za tisak, ali se zato manje praši. Razlike u svojstvima strana papira mogu se djelomično smanjiti satiniranjem papira [4].

1.3.2. Kemijska svojstva papira

Sadržaj punila određuje se za nepremazne papire iz razloga što premazi kod premaznih papira imaju slične spojeve kao i punila, te je nemoguće razlučiti koji dio otpada na punila, a koji na premaze. Sadržaj punila u papiru poistovjećuje se sa sadržajem pepela. Udio punila u papiru određuje se potpunim spaljivanjem, tj. žarenjem uzoraka, nakon čega u peći zaostaju samo anorganski sastojci papira u obliku bijelog pepela. [5]

Kiselost ili lužnatost površine papira utječe na vrijeme sušenja otiska, posebno kod ofsetnog tiska na naravnim i premaznim papirima, s bojama na bazi ulja i smola. Celulozno vlakno je samo po sebi neutralno ($\text{pH}=7,2$), ali tijekom tehnološkog procesa proizvodnje papira, bilo sulfatnim ili sulfitnim postupkom, papirna masa može zadržati kiseli ili lužnati karakter. Određivanje pH vrijednosti tiskovnih papira vrši se pomoću određivanja pH vrijednosti vodenog ekstrakta papira ili površine samog papira [5].

1.3.3. Fizikalna svojstva papira

Izgled, mekoća, tvrdoća i zvuk su vanjska svojstva papira koja se mogu odrediti osjetilima opipa i sluha. Papir može biti hrapav ili gladak, tvrd ili mekan, debeo ili tanak. S obzirom da se kvaliteta određuje pomoću subjektivnih metoda, osjetilima, ova svojstva nisu od presudne važnosti za kvalitetu grafičkog proizvoda [5].

Stabilnost površine je važno fizikalno svojstvo papira te ne nju najviše utječe vlažnost zraka i temperatura. Uslijed tih faktora papir se može valovati, savijati na rubovima, što otežava kasniju preradu. Osnovni razlozi promjene stabilnosti površine papira su masno mljevenje, tvrda sirovina, loš rad preša kod izrade papira, kao i premalo, ili prejako, sušenje na papir stroju [5].

Uzdužni i poprečni smjer papira je svojstvo o kojem ovise mehanička svojstva papira i promjena dimenzija uslijed promjene vlažnosti. Uzdužni smjer papira je smjer u kojem papirna traka teče na papir stroju, a smjer okomit na njega je poprečni smjer.

U uzdužnom smjeru veća je otpornost prema kidanju i prema savijanju, a u poprečnom istezljivost i promjena dimenzije uslijed promjene vlažnosti [5].

Glatkost papira je svojstvo o kojem najviše ovisi kvaliteta otiska, ali je vezana i uz sposobnost papira za tlačenjem u procesu tiska. Glatkoća ili hrapavost papira ovisi o količini i vrsti punila, procesu glačanja, ali i svojstvima vlaknaca papira, o njihovom rasporedu na površini te stupnju mljevenja. Za mjerenje glatkosti papira u papirnoj se industriji primjenjuju različite metode: direktne, optičke, i indirektne, na principu protoka zraka [5].

Poroznost i propusnost na zrak, plinove, vodenu paru, mirise i masnoću su svojstva papira koja je potrebno dobro poznavati kod odabira materijala za pakiranje roba. Općenito se traži što veća nepropusnost. Vlakanca zauzimaju dio volumena u nepunjenom papiru, dok ostali dio otpada na zrak, odnosno šupljine ili pore. Veći udio zraka u papiru rezultira povećanom poroznošću, olakšava prodiranje tekućina i plinova u dubinu papira, pri čemu se povećavaju svojstva propusnosti na zrak i upijanja tekućina. Kod omotnih i ambalažnih papira, koji služe za obavljanje i čuvanje aromatičnih namirnica i začina, zahtjeva se što manja propustljivost na zrak i druge plinove, dok je kod filter papira veća propusnost poželjna. Velika poroznost uvjetuje i veliku upojnost, što dovodi do toga da u tijeku tiska vezivo tiskarske boje prebrzo i gotovo potpuno prodre u list papira zbog čega pigment ostane nevezan na površini i lako se otire. Propusnost zraka određuje se količinom zraka koja u određenom vremenu uz određenu razliku u pritisku prođe kroz papir [5].

Statički elektricitet koji nastaje tijekom izrade papira, ili se javlja kod tiska, najučestaliji je kod papira s malim sadržajem vlage. Statički elektricitet uzrokuje sljepljivanje araka u toku prerade, a može se ukloniti vlaženjem prije upotrebe ili ugradnjom uređaja na strojevima koji ga odvođe [2].

1.3.4. Optička svojstva papira

„*Bjelina ili stupanj bjeline* definirani su kao stupanj refleksije ili remisije površine papira u odnosu na dogovoreni standard, a daje se u postocima“ [2, str.140]. Pod stupnjem bjeline nekog materijala podrazumijeva se postotak kojim se taj materijal

približava idealno „bijelom“, što je dogovorno postavljeno za magnezijev oksid. Za dobivanje „bijelih“ papira koriste se bijeljena vlakna, bijeli pigmenti u punilima, plavila i optička bjelila [2].

Transparentnost i opacitet su obrnuto proporcionalne veličine kod kojih papir visoke transparentnije ne pokazuje nikakav ili samo mali opacitet, i obrnuto. Transparentni papiri izrađuju se iz lako pergamentirane celuloze uz masno mljevenje, a opacitet se postiže upotrebom odgovarajućih vlaknastih sirovina, uz dodatak punila [2].

1.3.5. Mehanička svojstva papira

Otpornost prema kidanju i prekidno istezanje ovise, kao i ostala mehanička svojstva, o vrsti upotrijebljenih sirovina, o veličini veza između vlakana, o dimenzijama i orijentiranosti vlakanaca, kao i o njihovoj čvrstoći i stupnju isprepletenosti. Prekidna dužina je zamišljena dužina trake ispitivanog papira koja bi, obješena za jedan kraj, pukla u objesištu pod vlastitom težinom, a određuje se kao omjer prekidne sile i umnoška širine trake i gramature. Prekidno istezanje papira je postotno povećanje dimenzije papira od početne, u stanju mirovanja uređaja, do one u trenutku kidanja trake. Pokus kidanja provodi se na uređaju koji se zove kidalica te se na njemu direktno očitavaju vrijednosti otpornosti prema kidanju i prekidno istezanje. Ostale veličine, kao što su prekidna jakost papira i indeks kidanja, iz izmjerenih se vrijednosti određuju računski. Prekidna jakost papira je maksimalna prekidna sila po jedinici širine ispitivanog uzorka koju papir izdrži do trenutka kidanja, a određuje se kao omjer prekidne sile i širine uzorka. Indeks kidanja se određuje kao omjer prekidne jakosti i gramature i omogućava međusobno uspoređivanje rezultata izmjerenih na uzorcima papira različitih gramatura [5].

Otpornost prema cijepanju je mehaničko svojstvo papira koje prvenstveno ovisi o dužini vlakanaca i elastičnosti papira, a najviše ima utjecaja kod transparentnih, crtaćih, toaletnih i omotnih papira. Otpornost prema cijepanju jednaka je sili potrebnoj da se pocijepa ispitivani uzorak papira, kartona ili ljepenke, koja je prethodno zarezana, a mjeri se na uređaju Elmendorf. Indeks cijepanja određuje se kao omjer otpornosti papira prema cijepanju i gramature papira, a pomoću njega omogućuje se uspoređivanje rezultata uzoraka papira različitih gramatura [5].

Otpornost prema savijanju je posebno važno mehaničko svojstvo papira, pogotovo kod papira koji se svakodnevno pregibaju i gužvaju, poput novina i novčanica. Na otpornost prema savijanju najveći utjecaj imaju sile vezivanja između vlakana, dužina i elastičnost vlakana, pa iz tih vrijednosti možemo zaključiti koja je dužina vlakana i kakva je njihova podatnost. Porastom gramature raste i otpornost na savijanje do nekog maksimuma, nakon čega otpornost opada. Ispitivanje se provodi na uređaju na kojem se mjeri broj dvostrukih savijanja uzorka dok ne dođe do pucanja. Rezultati prvenstveno ovise o relativnoj vlažnosti prostorije, o širini trake, kao i o maloj površini ispitivanog uzorka, pa se često jako rasipaju [5].

Otpornost prema tlaku (prskanju) je svojstvo papira koje je važno kod papirne i kartonske ambalaže u obliku vrećica ili kutija, koje se slažu jedna na drugu kod transporta. Za razliku od kidanja, kod kojeg sila djeluje samo u jednom smjeru, djelovanjem tlaka naprezanja su raspoređena dvodimenzionalno u svim smjerovima. Na aparatu (prema Mullenu ili prema Dalenu) registrira se tlak u trenutku prskanja uzorka, a istovremeno se mjeri i visina ispučenja u trenutku prskanja. Indeks prskanja se izračunava kao omjer otpornosti prema prskanju i gramature ispitivanog papira [2].

1.4. KRAFT PAPIR ZA IZRADU PAPIRNATIH VREĆA

Kraft papir (slika 1) proizvodi se iz sulfatne celuloze dugih vlaknaca i drvenjače, a ime je dobio po njemačkoj riječi „kraft“ što znači jak, čvrst. Bitna karakteristika mu je velika čvrstoća i podatnost, te ima veliku sposobnost istezanja, veliku otpornost na kidanje i probijanje. Ima široku primjenu i često se laminira s drugim materijalima. S obzirom da je sulfatna celuloza jake smeđe boje i teško bjeljiva, upotreba joj je dugo vremena bila ograničena samo za omotne papire i papire za vreće i vrećice. Tek uvođenjem višestupanjskog bijeljenja i ta je celuloza ušla u proces proizvodnje papira. Jedna strana papira – gornja - je uvijek glatka, što omogućuje laku grafičku obradu u tehnici knjigotiska, fleksotiska, pa i offseta, a druga – donja - hrapava, što je dobro svojstvo kod lijepljenja. Kraft papir se koristi kod izrade višeslojnih vreća i vrećica, vrećica s ručkama za trgovine, omotnica, gumiranih ljepljivih brtvila, mesarskog papira i ostalih vrsta ambalaže koji zahtijevaju veliku čvrstoću. Nebijeljeni kraft papiri se također koriste kao unutrašnji sloj kod raznih laminiranih materijala [3,6].



Slika 1. Role kraft papira u skladištu Grafičara – tvornice vreća d.o.o., Borovljani

1.4.1. Vrste kraft papira

Kraft papiri se, osim po boji (bijeli i smeđi), dijele u dvije osnovne skupine: standard kraft papiri i semi extensible (semi clupac). Kod izrade papira vlakanca se već na natoku na situ uglavnom orijentiraju prema kretanju sita, usprkos tome što se sito kontinuirano trese lijevo-desno. Orijentiranost vlaknaca daje određena svojstva papiru zavisno o njihovom smjeru, odnosno orijentaciji u listu papira, a ta svojstva posebno utječu na mehanička svojstva, i to na otpornost prema kidanju i istezanju papira, zatim na otpornost prema savijanju, te uzrokuje promjene dimenzije u slučaju promjene temperature i vlage u skladišnom prostoru ili u prostoriji tiskare. Osnovna razlika između standard kraft papira i semi extensible kraft papira (slika 2) je u dužini celuloznih vlaknaca u uzdužnom i poprečnom smjeru. Celulozna vlakna kod standard kraft papira su dulja po uzdužnom smjeru, a kraća po poprečnom smjeru. Otpornost prema kidanju i savijanju veća je u uzdužnom smjeru, a manja u poprečnom smjeru. Celulozna vlakna kod semi clupaca su iste dužine i u uzdužnom i u poprečnom smjeru, pa je, stoga, otpornost prema kidanju i savijanju u oba smjera približno ista [6, 7].



Slika 2. Bijeli i smeđi standard kraft papir

1.5. PAPIRNATE AMBALAŽNE VREĆE

Prilikom zadovoljavanja svojih prehrambenih navika u početku čovjek nije imao potrebu za očuvanjem hrane, jer je konzumirao svježnu hranu na licu mjesta. Kasnije se javlja potreba skladištenja hrane te se proizvode spremnici za hranu od prirodnih materijala. Vreće spadaju u jedan od najstarijih oblika ambalaže. Prirodna vlakna su se umrežavala i plela te formirala u vreće u kojima se pohranjivala hrana, a ostali prirodni materijali, kao drvo, su se upotrebljavali za izradu košara u kojima se hrana mogla nositi. Kasnije, kada su otkriveni i drugi materijali, počeo je razvoj namjenski formiranog posuđa za očuvanje hrane. S razvitkom tehnologije ambalažni materijali se koriste u širokoj paleti pakiranja proizvoda. Vreće karakterizira fleksibilnost, mala masa u odnosu na volumen radi čega neznatno opterećuju pakirani proizvod, prazne zauzimaju mali prostor (slika 3), što smanjuje troškove njihovog skladištenja i transporta, te su dimenzijski prilagođene nasipnoj masi robe (slika 4) [3, 8].



Slika 3. Prazne papirnate vreće na paleti



Slika 4. Paletizirane, napunjene ventil vreće

Kod izbora materijala za izradu vreća potrebno je voditi brigu o osjetljivosti proizvoda na atmosferske utjecaje i mehanička naprezanja te na oblik proizvoda. Papirnate vreće se koriste za pakiranje praškastih ili granuliranih materijala (prašci, krupica, granule, zrnaste i krupno zrnaste sipke robe), no pojavom novih materijala, kao i mogućnosti oplemenjivanja papira, moguće je u njih pakirati i proizvode drugih pojavnih oblika. Prednost ambalažnih papirnatih vreća su niska cijena, dobra mehanička čvrstoća, ekološka prihvatljivost, jednostavna grafička obrada, a traži se da materijal od kojeg je vreća napravljena ima dobre fizičke, kemijske i mehaničke osobine.

Nedostaci su poroznost, higroskopnost, propustljivost na kisik, ugljikov dioksid i vodenu paru. Zbog loših barijernih svojstava, roba lako gubi arome i hlapljive komponente. U vreće se pakiraju prehrambeni proizvodi, kao što su brašno i stočna hrana, od građevinskih materijala vapno, cement i građevinska ljepila, te mineralna gnojiva kao kemijski proizvodi. Ako želimo pakirati posebno osjetljive proizvode, tada se papir kombinira s drugim materijalima (PE-HD folija, oslojeni papir) koji svojim osobinama poboljšavaju kvalitetu vreće. Napunjene vreće imaju pogodan oblik za sve vrste unutrašnjeg transporta, a osobito se dobro mogu slagati u skladištima, transportnim vozilima i na paletama. Postoji niz različitih izvedbi papirnih vreća ovisno o njihovoj primjeni. Razlikuju se oblikom, dimenzijama i brojem slojeva [8].

1.5.1. Papirnat ambalažne ventil vreće



Slika 5. Papirnat ambalažne ventil vreće

Ventil vreće (slika 5) imaju dva šesterokutna dna, u gornjem i donjem dijelu, koja su dodatno ojačana pokrovnim listom. U jednom dnu, ovisno o zahtjevu kupca (kao i strojevima za punjenje, brzini punjenja, tehnološkoj liniji nakon punjenja, paletizaciji i vrsti materijala koji se puni) ugrađen je ventil (otvor na vreći) koji služi za strojno punjenje vreća, a omogućava veliku brzinu punjenja bez rastepa proizvoda.

Nakon punjenja vreće proizvod stisne ventil i zatvori ga. Pražnjenje ovakve vreće je otežano te je potrebno potrgati gornji dio.

Dna ventil vreće mogu biti okrenuta na lice ili naličje, a njihov položaj uvjetuje smjer padanja vreće nakon punjenja i transportne puteve od punjenja do paletizacije. Pokrovni list (pojačivač dna) može biti običan ili pojačan. Pojačani pokrovni list je širi od širine dna i podvijanjem se, preko dna, lijepi na lice i naličje vreće ili samo na jednu stranu. Pojačani pokrovni list se koristi kako bi se formirano dno s ventilom pojačalo te tako spriječilo pucanje dna kod punjenja. Ventil vreća ima lice i naličje. Lice je ona strana vreće koja, nakon punjenja i paletizacije, stoji prema gore ili naprijed ako vreća stoji uspravno (na donjem šesterokutnom dnu). Na licu vreće je obično otisnut naziv proizvoda, težina, kod, proizvođač. Naličje je ona strana koja se nakon punjenja i paletizacije ne vidi, ili je otraga kada vreća stoji uspravno. Na naličju se obično otiskuju sastav, uputstva za upotrebu, deklaracije i upozorenja. Upravo ovdje je spoj tube koji mora uvijek biti na nasuprotnoj strani od ventila, jer je vreća najslabija na spoju, a kod ventila je tijekom punjenja najveće naprezanje. Dimenzije ventil vreće mogu se mijenjati po potrebi unutar veličina te prema tehničko - tehnološkim karakteristikama pojedinog stroja za izradu [3,9].

Tipovi ventila:

- a) *obični ventil* s ili bez pojačanog, presavinutog lista na strani punjenja; najčešće se ugrađuje kod izrade ventil vreće za pakiranje cementa i materijala većih granulacija,
- b) *tuba ventil* s ili bez pojačanog, presavinutog lista na strani punjenja; ugrađuje se kod izrade ventil vreće za pakiranje brašna i ostalih praškastih materijala,
- c) *ventil rukavac* za ručno zatvaranje preklopom poslije punjenja, koji se koristi kod ručnog umetanja vreća na punilici, a sprečava bilo kakvog curenje materijala nakon punjenja (vrste materijala koje se pune različite su granulacije),
- d) *PE ventil* s pojačanim, presavinutim listom na strani punjenja i umetnutim PE-HD umetkom dužim od tuba ventila za 10 do 30 mm; koristi se za punjenje različitih materijala, prvenstveno za ventile velikih dimenzija, PE-HD umetak, radi statičkog elektriciteta, prijanja nakon punjenja i na taj način zatvara ventil sprečavajući rastep materijala, te
- e) *ventil u ventilu* - kombinacija je nekih od ventila (max. 3 sloja), ugrađuje se za specijalna pakiranja, kod slučaja kada ventil mora biti uži od širine dna [9,10].

Konstrukcija ventil vreće (slika 6)

L = dužina crijeva (tube)

U slučaju da su širine dna različite, onda vrijedi sljedeće;

b = širina vreće

c_1 = širina dna na kojoj se nalazi ventil

a = dužina vreće

c_2 = širina dna bez ventila

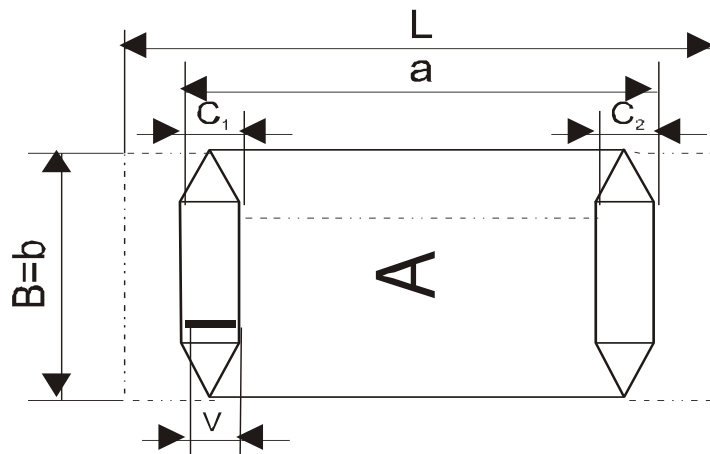
c = širina dna vreće

P = širina plašta = $2B+20$ (mm) (širina papira za izradu crijeva)

$L = a + 1/2c_1 + 1/2c_2 + 40$ (mm) za slučaj ako je $c_1 \neq c_2$

$L = a + c + 40$ (mm) za slučaj ako je $c_1 = c_2 = c$

V = širina ventila (mijenja se kontinuirano prema širini dna)



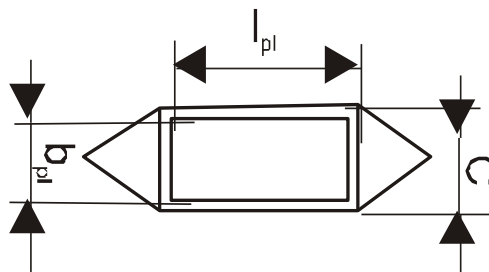
Slika 6. Nacrt ventil vreće [9]

l_{pl} = dužina pokrovnog lista (slika 7) = $(b - c) - 10$ mm

b_{pl} = širina pokrovnog lista = $c - 10$ mm

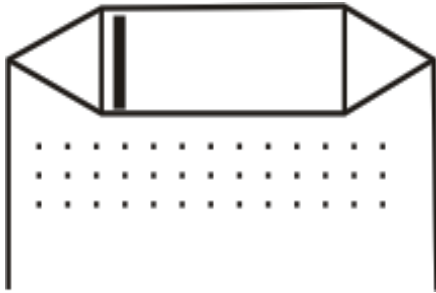
b = širina vreće

c = širina dna vreće

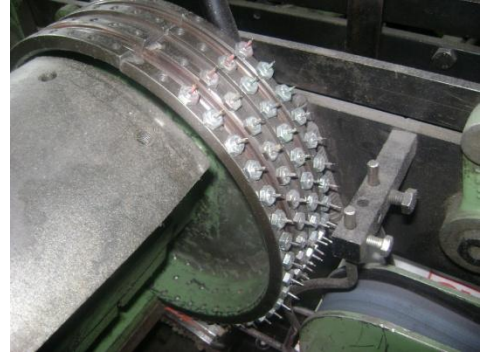


Slika 7. Nacrt pokrovnog lista [9]

Na gornjem dijelu vreće, kod ventila, stavlja se poprečna perforacija (slika 8) različitih dužina i širina kako bi se zrak iz vreće oslobađao tijekom punjenja, a izrađuje se na ventil stroju (slika 9).



Slika 8. Pozicija poprečne perforacije [9]



Slika 9. Perforator na ventil stroju

Po cijeloj vreći se prilikom izrade crijeva izrađuje perforacija (slika 10) koja osigurava izlazak zraka koji je ušao u vreću za vrijeme punjenja. Površina perforacije, kao i gustoća, ovise o vrsti proizvoda koji se puni. Svaki sloj papira je perforiran na različitom mjestu što sprječava izlazak čestica proizvoda iz vreće.



Slika 10. Izgled perforacije na ventil vreći

Dimenzije ventil vreće mogu se mijenjati po potrebi unutar veličina, prema tehničko - tehnološkim podacima Ventil stroja AD 2372 [10,11].

1.5.2. Papirnate otvorene lijepljene vreće



Slika 11. Otvorene lijepljene vreće

Šesterokutno dno otvorene lijepljene vreće (slika 11) je izrađeno lijepljenjem i dodatno osigurano nalijepljenom trakom, tj. pokrovnim listom, a gornja strana vreće je otvorena. Na bočnim stranama nema nabora (falda). Nakon punjenja, automatskog ili ručnog, ovakve vreće se zatvaraju šivanjem koncem (slika 12), šivanjem žicom, uz pomoć ljepljive trake ili zavarivanjem (u kojem slučaju unutarnji sloj papira mora imati sloj plastifikacije). Koriste se isto kao i ventil vreće, u mlinsko-pekarskoj, građevinskoj, kemijskoj, prehrambenoj, industriji stočne hrane i slično, za pakiranje žitarica, sjemena, brašna, aditiva, umjetnog gnojiva, sode, kamenog granulata, cementa, vapna, gipsa, građevinskih ljepila, žbuka, hrane za životinje, kućne ljubimce i za pakiranje svih ostalih praškastih ili granuliranih materijala.

Prednost u odnosu na ventil vreću je što za njezino punjenje nije potrebno specijalno postrojenje za punjenje, pa je pogodna za proizvođače manjih kapaciteta ili za ručne manipulacije. Nedostatak joj je što ju je nakon punjenja potrebno zatvarati, a to predstavlja dodatnu operaciju i trošak [7, 10].



Slika 12. Napunjene otvorene vreće šivane koncem

Vreća ima lice i naličje. Lice je ona strana vreće koja, nakon punjenja i paletizacije, stoji prema gore ili naprijed ako vreća stoji uspravno (na šesterokutnom dnu). Na licu vreće je obično otisnut naziv proizvoda, težina, kod i proizvođač. Naličje je ona strana koja se nakon punjenja i paletizacije ne vidi, ili je otraga kada vreća stoji uspravno (slika 13). Na naličju se obično otiskuju sastav, uputstva za upotrebu, deklaracije i upozorenja. Na naličju je spoj crijeva, koji može biti na bilo kojoj strani naličja. Dimenzije otvorene lijepljene vreće mogu se mijenjati po potrebi unutar veličina, prema tehničko - tehnološkim karakteristikama pojedinih strojeva za izradu [9, 10].

Konstrukcija otvorene lijepljene vreće (slika 13)

$$L = a + 1/2c + 20 \text{ (mm)}$$

$$B = b \text{ (mm)}$$

$$P = 2b + 20 \text{ (mm)}$$

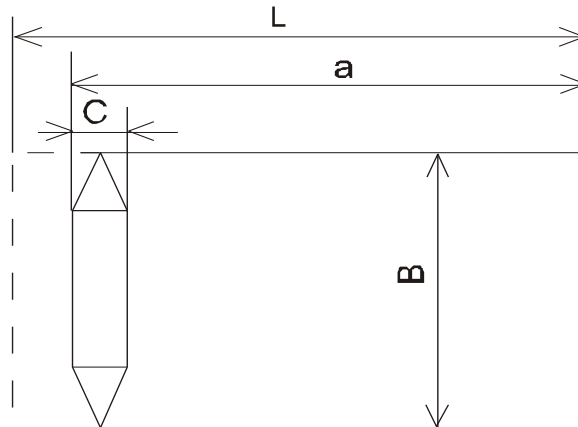
gdje je: L = dužina crijeva

B = širina crijeva

P = širina plašta (širina papira za izradu crijeva)

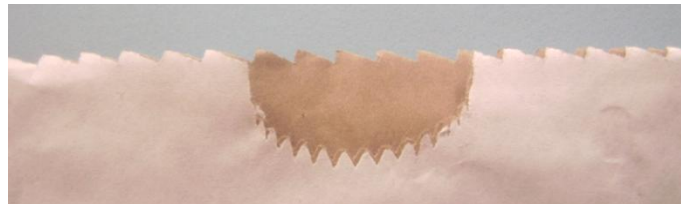
a = dužina vreće

c = širina dna vreće



Slika 13. Nacrt otvorene lijepljene vreće [9]

Dna otvorene vreće mogu biti okrenuta na lice ili naličje, a njihov položaj uvjetuje način automatskog punjenja, isto kao i kod ventil vreće, dok kod ručnog punjenja pozicija dna nije bitna. Karakteristike, dimenzije i tisak pokrovnog lista identični su kao i kod ventil vreće. Kod automatskog punjenja otvorene lijepljene vreće, vreće se otvaraju pomoću vakum pipaca, dok je ručno otvaranje vreća otežano radi priljubljenih slojeva papira. Kako bi se olakšalo i ubrzalo otvaranje vreće, na prednjoj gornjoj strani vreće (slika 14) se izrađuje polukružni otvor (prstohvat) [9, 10].



Slika 14. Prstohvat na otvorenoj vreći

1.5.3. Tehnologija izrade vreća

Proizvodnju vreća od papira možemo podijeliti u tri osnovne faze:

- 1 - *grafička obrada vanjskog sloja*
- 2 - *oblikovanje crijeva (tube)*
- 3 - *oblikovanje dna i izrada ventila*

- 1 - *grafička obrada vanjskog sloja*

Na kraft papirima se tiska u tehnici flexotiska, s vodenim flexo bojama. Flexotisak je tiskarska tehnika u kojoj je tiskovna forma izrađena kao za visoki tisak, a obojenje tiskovnih površina izvodi se pomoću rastriranog valjka s lončićima istih dubina i površina. Kod tiskovne forme za visoki tisak, tiskovne i slobodne površine razlikuju se po svom geometrijskom položaju. Tiskovne površine su izbočene i nalaze se u istoj ravnini, a slobodne površine su udubljene. Tiskovna forma se izrađuje od kovina (najčešće cinka ili magnezija) kemijskim ili elektrokemijskim jetkanjem, ili mehaničkim graviranjem, te od organskih materijala (fotopolimera). Boja se na tiskovne površine nanosi valjkom u jednolikom nanosu, zatim se prenosi na podlogu i dobiju se samo jednotonski otisci. Za reprodukciju višetonskih originala koristi se rasterska tehnika izrade klišea [12].

Na strojevima za tisak iz role (slika 16) se dužina pojedinačnih otisaka mijenja s promjenom valjaka odgovarajućeg promjera, s odgovarajućim zupčanicima. Strojevi se sastoje od ulagačkog dijela, na koji se postavlja rola papira, tiskovnih jedinica koje se sastoje od bojanika, anilokx valjaka, gumenih valjaka, rakela te, na kraju, izlazećeg dijela, na kojem se na osovinu namata otisnuti papir (slika 15) [13].



Slika 15. Otisnuta rola papira



Slika 16. Stroj za tisak MASTERFLEX 1020

- 2 - oblikovanje crijeva (tube)

Crijeva se oblikuju na strojevima za oblikovanje crijeva istovremenim uzdužnim lijepljenjem onoliko slojeva papira koliko buduća vreća treba imati slojeva. Mjesta lijepljenja pojedinih slojeva nalaze se izmaknuta jedna u odnosu na druga, jer bi u protivnom vreća izgubila fleksibilnost, postala bi na mjestu lijepljenja debela i kruta i lako bi pucala prilikom savijanja. Slojevi papira su slijepljeni i poprečno, po cijeloj širini tube, s donje i gornje strane (jednoredno i višeredno lijepljenje), što sprječava raslojavanje crijeva u fazi oblikovanja dna, kao i raslojavanje vrećica kod punjenja. Na prednjem dijelu strojeva za izradu crijeva nalaze se osovine s rolama papira (slika 17). Svaka rola se odmotava zasebno, a prilikom odmotavanja role papira svaki je sloj moguće perforirati valjcima za perforaciju (finije ili grublje strukture) po cijeloj površini crijeva.



Slika 17. Rola papira na Tubijeri



Slika 18. Sistem diskova i vodicica na Tubijeri

Papir prolazi kroz sistem za nanos poprečnog i uzdužnog ljepila, nakon čega se sistemom diskova i vodicica (slika 18) oblikuje potrebna širina crijeva. Slijepljeno crijevo prolazi kroz nož za poprečno rezanje gdje se reže na odgovarajuću dimenziju i pomoću transportnih traka odlazi na izlagači dio stroja [3,7].

- 3 - oblikovanje dna i izrada ventila

Nakon faze oblikovanja crijeva kod izrade vreća slijedi faza oblikovanja dna kod izrade otvorene lijepljene vreće, te oblikovanja dna i izrade ventila kod ventil vreća. Na ulagačem dijelu (slika 19) stroja se ulažu crijeva koja sistemom vodilica dolaze do noževa za urezivanje dna i rašlja za otvaranje dna (slika 20).



Slika 19. Ulagači dio ventil stroja



Slika 20. Otvaranje dna na ventil stroju

Na jednoj strani stroja se na tako otvoreno dno (slika 21) nanosi ljepilo, sljepljuju se klapne dna s gornje i donje strane, te na tako oblikovano dno naljepljuje pokrovni list. Istovremeno se na drugoj strani stroja na isti način oblikuje dno koje u sebi ima ventil. Prije sljepljivanja klapni u otvoreno dno se naljepljuju slojevi za ventil (slika 22). Slijedi naljepljivanje pokrovnog lista. Ove operacije se sinkronizirano odvijaju s obje strane stroja.



Slika 21. Otvoreno dno prije nanosa ljepila



Slika 22. Umetanje papira za ventil

Vreće tada prolaze kroz sistem vodilica koje okreću dna, prema zahtjevu, na lice ili naličje vreće. Na izlagačem dijelu stroja (slika 23) vreća prolazi ispod valjaka za prešanje i preko transportnih remena izlazi na izlagači stol [3,10].



Slika 23. Ventil stroj AD 2372

EKSPERIMENTALNI DIO

1.6. PLAN ISTRAŽIVANJA

U eksperimentalnom dijelu ispitana su osnovna svojstva smeđeg standard kraft papira za izradu otvorenih lijepljenih vreća, smeđeg semi extensible kraft papira za izradu ventil vreća dvaju različitih proizvođača, bijelog standard kraft papira, koji se koristi kao vanjski sloj kod izrade otvorenih lijepljenih vreća, jednog dobavljača i bijelog semi extensible kraft papira, koji se koristi kao vanjski sloj kod izrade ventil vreća, istog dobavljača, a to su svojstva debljine, upojnosti i gramature. Osim toga ispitana su i mehanička svojstva, otpornost na kidanje, i s tim mjerenjima povezano određivanje prekidne dužine i prekidnog istezanja, otpornost na cijepanje kao i otpornost na prskanje, za sve uzorke i za oba smjera toka vlaknaca. Ispitivanja su obavljena na 16 uzoraka papira. Svrha provedenog ispitivanja je provjera deklariranih vrijednosti ispitivanih uzoraka papira, a na osnovu reklamacija kupaca treba odrediti koji papiri svojim mehaničkim svojstvima mogu biti uzrok povremenom pucanju vreća prilikom punjenja ili manipulacije vrećama.

1.7. MATERIJALI I UREĐAJI

Smeđi standard kraft papiri – zemlja porijekla Italija (proizvođač 1)

U tablici 2.,3. i 4. prikazani su službeni podaci proizvođača 1 za papir smeđi standard kraft, gramature 60, 70 i 80 g/m².

Tablica 2. Smeđi standard kraft papir, 60 g/m², proizvođač 1

Smeđi standard kraft papir, 60 g/m ² oznaka SN 60 – 1	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		60
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	3,92
			poprečno	2,49
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,50
			poprečno	8,00
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		265
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	411
			poprečno	460
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		

Tablica 3. Smeđi standard kraft papir, 70 g/m², proizvođač 1

Smeđi standard kraft papir, 70 g/m ² oznaka SN 70 – 1	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		70
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	4,25
			poprečno	2,75
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	5500
			poprečno	3400
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,50
			poprečno	8,00
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		320
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	320
			poprečno	350
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		24

Tablica 4. Smeđi standard kraft papir, 80 g/m², proizvođač 1

Smeđi standard kraft papir, 80 g/m ² oznaka SN 80 – 1	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		80
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	4,84
			poprečno	3,15
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	6100
			poprečno	3800
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,5
			poprečno	8,0
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		360
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	380
			poprečno	420
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		26

Smeđi standard kraft papiri – zemlja porijekla BIH (proizvođač 2)

U tablici 5., 6. i 7. prikazani su službeni podaci proizvođača 2 za papir smeđi standard kraft, gramature 60, 70 i 80 g/m².

Tablica 5. Smeđi standard kraft papir, 60 g/m², proizvođač 2

Smeđi standard kraft papir, 60 g/m ² oznaka SN 60 – 2	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		60
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	6,06
			poprečno	3,53
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	100
			poprečno	58,3
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,09
			poprečno	6,61
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	8,1
			poprečno	8,9
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		27-29

Tablica 6. Smeđi standard kraft papir, 70 g/m², proizvođač 2

Smeđi standard kraft papir, 70 g/m ² oznaka SN 70 – 2	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura (+/- 3%)	g/m ²	ISO 536		70
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	6,3
			poprečno	3,9
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	90
			poprečno	55
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,5
			poprečno	7,0
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	10,5
			poprečno	11,5
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		32

Tablica 7. Smeđi standard kraft papir, 80 g/m², proizvođač 2

Smeđi standard kraft papir, 80 g/m ² oznaka SN 80 – 2	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura (+/- 3%)	g/m ²	ISO 536		80
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	7,2
			poprečno	4,4
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	90
			poprečno	55
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,5
			poprečno	7,0
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	10,5
			poprečno	11,5
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		32

Smeđi semi extensible kraft papiri – zemlja porijekla Italija (proizvođač 1)

U tablici 8. i 9. prikazani su službeni podaci proizvođača 1 za papir smeđi semi extensible kraft, gramature 70 i 80 g/m².

Tablica 8. Smeđi semi extensible kraft papir, 70 g/m², proizvođač 1

Smeđi semi extensible kraft papir, 70 g/m ² oznaka SSC 70 – 1	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		70
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	4,24
			poprečno	2,81
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	6190
			poprečno	4095
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	5,6
			poprečno	8,6
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		380
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	402
			poprečno	460
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		27

Tablica 9. Smeđi semi extensible kraft papir, 80 g/m², proizvođač 1

Smeđi semi extensible kraft papir, 80 g/m ² oznaka SSC 80 – 1	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		80
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	4,84
			poprečno	3,66
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	6166
			poprečno	4666
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	5,7
			poprečno	8,0
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		290
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	380
			poprečno	420
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		28

Smeđi semi extensible kraft papiri – zemlja porijekla BIH (proizvođač 2)

U tablici 10. i 11. prikazani su službeni podaci proizvođača 2 za papir smeđi semi extensible kraft, gramature 70 i 80 g/m².

Tablica 10. Smeđi semi extensible kraft papir, 70 g/m², proizvođač 2

Smeđi semi extensible kraft papir, 70 g/m ² oznaka SSC 70 – 2	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		70(+/- 3%)
Debljina	µm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	5,2
			poprečno	4,1
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	6,5 +/- 0,5
			poprečno	7,5 +/- 0,5
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	10
			poprečno	11
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		32

Tablica 11. Smeđi semi extensible kraft papir, 80 g/m², proizvođač 2

Smeđi semi extensible kraft papir, 80 g/m ² oznaka SSC 80 – 2	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		80(+/- 3%)
Debljina	µm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	6,0
			poprečno	4,6
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	6,5 +/- 0,5
			poprečno	7,5 +/- 0,5
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	10
			poprečno	11
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		32

Bijeli standard kraft papiri – zemlja porijekla Španjolska (proizvođač 3)

U tablici 12. i 13. prikazani su službeni podaci proizvođača 3 za papir bijeli standard kraft, gramature 70 i 80 g/m².

Tablica 12. Bijeli standard kraft papir, 70 g/m², proizvođač 3

Bijeli standard kraft papir, 70 g/m ² oznaka BN 70 – 3	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		70
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	6,1
			poprečno	3,6
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	87
			poprečno	51
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,5
			poprečno	7,3
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974		11
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		

Tablica 13. Bijeli standard kraft papir, 80 g/m², proizvođač 3

Bijeli standard kraft papir, 80 g/m ² oznaka BN 80 – 3	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		80
Debljina	μm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	7,0
			poprečno	4,1
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	87
			poprečno	51
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,5
			poprečno	7,2
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974		11,5
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		

Bijeli standard kraft papiri strojno glatki– zemlja porijekla Austrija (proizvođač 4)

U tablici 14. i 15. prikazani su službeni podaci proizvođača 4 za papir bijeli standard kraft strojno glatki, gramature 70 i 80 g/m².

Tablica 14. Bijeli standard kraft papir strojno glatki, 70 g/m², proizvođač 4

Bijeli standard kraft papir, 70 g/m ² oznaka BN MG 70 – 4	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		70 +/- 3,5g
Debljina	µm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	8,2
			poprečno	4,0
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	65
			poprečno	85
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,0
			poprečno	5,5
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		

Tablica 15. Bijeli standard kraft papir strojno glatki, 80 g/m², proizvođač 4

Bijeli standard kraft papir, 80 g/m ² oznaka BN MG 80 – 4	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		80 +/- 3,5g
Debljina	µm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	8,0
			poprečno	4,0
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	80
			poprečno	100
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	2,0
			poprečno	5,5
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		

Bijeli semi extensible kraft papiri – zemlja porijekla Španjolska (proizvođač 3)

U tablici 16. i 17. prikazani su službeni podaci proizvođača 3 za papir bijeli semi extensible kraft, gramature 70 i 80 g/m².

Tablica 16. Bijeli semi extensible kraft papir, 70 g/m², proizvođač 3

Bijeli semi extensible kraft papir, 70 g/m ² oznaka BSC 70 – 3	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		70
Debljina	µm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	5,0
			poprečno	3,6
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	71
			poprečno	51
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	6,5
			poprečno	7,7
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974		12
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		

Tablica 17. Bijeli semi extensible kraft papir, 80 g/m², proizvođač 3

Bijeli semi extensible kraft papir, 80 g/m ² oznaka BSC 80 – 3	Jed. mjere	Test metoda		Vrijednost
Gramatura	g/m ²	ISO 536		80
Debljina	µm	ISO 534		
Prekidna jakost	kN/m	ISO 1924	uzdužno	5,7
			poprečno	3,6
Indeks kidanja	Nm/g	ISO 1924	uzdužno	71
			poprečno	51
Prekidna dužina	m	ISO 1924	uzdužno	
			poprečno	
Prekidno istezanje	%	ISO 1924	uzdužno	6,5
			poprečno	7,7
Otpornost prema prskanju	kPa	ISO 2758		
Indeks prskanja	kPam ² /g	ISO 2758		
Otpornost prema cijepanju	mN	ISO 1974	uzdužno	
			poprečno	
Indeks cijepanja	mNm ² /g	ISO 1974		12
Upojnost vode	g/m ²	ISO 535		

Izvršeno je ispitivanje općih svojstava (gramature i debljine), ispitivanje mehaničkih svojstava (otpornost prema kidanju, cijepanju), te površinske upojnosti na Grafičkom fakultetu, u laboratoriju Katedre za materijale u grafičkoj proizvodnji, na uređajima Frank, Elmendorf, na analitičkoj vagi, mikrometru i Cobb uređaju.

Ispitivanje otpornosti prema prskanju provedeno je na Grafičkom fakultetu, u laboratoriju Katedre za ambalažu, knjigoveštvo i projektiranje, na uređaju Mullen.

1.8. METODE MJERENJA

Ispitivanje gramature, površinske mase ili mase jedinične površine (HRN EN ISO 536, T 410)

Gramatura, površinska masa ili masa jedinične površine, je masa jednog kvadratnog metra papira, kartona ili ljepenke izražena u gramima. U SI sustavu jedinica za gramaturu je g/m^2 .

Ispitivanje je provedeno na 10 epruveta (uzoraka) svake vrste papira, rezani su precizno na format 100 x 100 mm i vagani na preciznoj analitičkoj vagi (slika 24), čija je skala baždarena tako da se gramatura može direktno očitati s preciznošću od 0,0001 mm.

Rezultati su izračunati prema formuli :

$$g = \frac{m}{A} \times 1000 \quad [g/m^2] \quad [1]$$

gdje je: g – gramatura papira, g/m^2

m – masa uzoka, g

A – površina uzorka, cm^2

Mjerena gramatura svake vrste papira dobila se za pojedinačne listove računskim putem, kao aritmetička sredina pojedinih mjerenja



Slika 24. Analitička vaga

Ispitivanje debljine papira

(HRN EN ISO 534, T 411)

Debljina papira, kartona ili ljepenke po definiciji jest razmak (udaljenost) između dviju paralelnih stranica ispitivanog papira i izražava se u milimetrima.

U ovom ispitivanju upotrijebljen je specijalan precizni mikrometar (slika 25) s kružnom skalom, koji ima preciznost od 0,001 mm. Po 10 uzoraka od svake vrste papira izrezani su na dimenzije 100 x 100 mm. Na svakom uzorku je izvršeno jedno mjerenje i to na način da je mjereno mjesto bilo barem 20 mm udaljeno od ruba, i uvijek na istoj gornjoj strani lista. Prosječna debljina pojedinih uzoraka papira dobila se računskim putem kao aritmetička sredina pojedinih mjerenja i izražena je s točnošću od tri decimale.



Slika 25. Mikrometar

***Određivanje upojnosti (površinske apsorpcije) papira metodom Cobb
(HRN ISO 535, T 441)***

Metoda Cobb se primjenjuje pri ispitivanju upojnosti keljenih papira, kartona i ljepenke, a nije pogodna za papire s gramaturom manjom od 50 g/m^2 , za porozne novinske papire, nekeljene papire i ostale papire s visokom upojnošću.

Ovim ispitivanjem određuje se okomita površinska upojnost na ravninu lista, točnije, količina tekućine koju je uzorak u određenim uvjetima i vremenu upio, korištenjem metode Cobb, a izražena je u g/m^2 .

Uređaj (slika 26) se sastoji od ravne glatke površine i čvrstog metalnog cilindra koji je pričvršćen na podlogu pomoću vijaka. Vijci omogućavaju smještaj uzoraka u uređaj i prijanjanje cilindra na podlogu, bez da voda istječe iz uređaja.



Slika 26. Skica uređaja za određivanje površinske upojnosti po Cobbu

Za mjerenje je korišteno po 10 uzoraka od svake vrste papira, pripremljenih pri istim atmosferskim uvjetima u kojima se vršilo mjerenje, na kojima se izvodilo 5 mjerenja s jedne i 5 mjerenja s druge strane. Uzorci su bili dimenzija $125 \times 125 \text{ mm}$. Prije ispitivanja uzorci su izvagani na analitičkoj vagi, nakon čega su se stavljali u aparat, uz dolijevanje destilirane vode do visine od 10 mm . Zaporna ura se uključila odmah kod prvog kontakta vode s papirom. Prema standardu mogu se upotrijebiti sljedeća vremena: 30, 60, 120 i 300 sekundi, ovisno prema upojnosti papira. U ovom eksperimentu korišteno je ukupno vrijeme od 60 sekundi radi velike upojnosti kraft papira.

Prema standardu, nakon 45 sekundi voda se odlijala. Zaostala voda na površini uzorka (slika 27) uklonjena je smještanjem bugačice na mokru stranu papira i dva puta ručnim prolaskom metalnim valjkom po bugačici. Na taj način učinkovito se uklonila voda s površine lista i postigla se veća točnost mjerenja mase uzorka. Odmah nakon uklanjanja vode uzorak je presavinut mokrom stranom prema unutra i izvagan. Cobb vrijednost dobivena je prema sljedećoj formuli:

$$C_t = [(m_2 - m_1) / P] \times 10000 \quad [\text{g/m}^2] \quad [2]$$

gdje je:

C_t = Cobb vrijednost, g/m^2

t = vrijeme djelovanja vode na površinu epruvete, s

m_2 = masa epruvete poslije djelovanja vode, g

m_1 = masa epruvete prije djelovanja vode, g

P = površina epruvete izložena djelovanju vode, cm^2



Slika 27. Uzorak papira nakon izlijevanja vode i odstranjivanja viška vode bugačicom

Srednja vrijednost izračunala se posebno za gornju i sitovu stranu. Ako je razlika između vrijednosti do 10%, izračunava se jedna srednja vrijednost svih mjerenja, a ukoliko se vrijednosti veće od toga, prikazuju se zasebno.

Određivanje prekidnih svojstava papira
(HRN ISO 1924, T 404, T 494)

Pod prekidnim svojstvima papira, kartona ili ljepenke podrazumijeva se nekoliko veličina, a to su otpornost papira prema kidanju (prekidna sila), prekidno istežanje, prekidna jakost papira, prekidna dužina i indeks kidanja. Otpornost prema kidanju, tj. prekidna sila, i prekidno istežanje mjere se na uređaju, dok se ostale veličine iz izmjerenih određuju računski.



Slika 28. Kidalica Frank

Otpornost prema kidanju, prekidna sila

Test se provodio na uređaju kidalici Frank (slika 28). Po 10 uzoraka svakog ispitivanog papira, u uzdužnom i poprečnom smjeru papira, izrezano je u ravne trake širine 15 mm, paralelne unutar +/- 0,1 mm tolerancije i slobodne duljine od 180 mm, bez oštećenja ili vodenih žigova. Pričvršćeni su na dvije hvataljke koje se uključivanjem uređaja počinju udaljavati jedna od druge sve do momenta kidanja ispitivanog uzorka. Kidalica je registrirala silu na vlak potrebnu da dođe do kidanja ispitivane trake papira. Ta sila se naziva prekidna sila i izražena je u N. Kod izvođenja testa otpornosti papira prema kidanju, od početka ispitivanja do trenutka kidanja trake otpornost papira je veća od vlačne sile koja djeluje na uzorak, dok je nakon kidanja trake papira vlačna sila veća od otpornosti papira prema kidanju. Samo u trenutku kidanja ispitivane trake papira vlačna sila i otpornost prema kidanju su jednake, pa se stoga mjerenjem sile na vlak dobila otpornost prema kidanju, koja je bila očitana direktno na uređaju i izražena u N. Prekidna sila je djelovala na uzorak jednodimenzionalno.

Prekidno istezanje (engl. Stretch)

Prekidno istezanje papira je postotno povećanje dimenzije papira od početne, u stanju mirovanja uređaja, do one u trenutku kidanja trake. Mjerena je i očitavana na kidalici, a izražena u postocima.

Prekidna jakost (engl. tensile strenght)

Prekidna jakost papira je maksimalna prekidna sila po jedinici širine ispitivanog uzorka koju papir izdrži do trenutka kidanja. Odredila se kao omjer prekidne sile i širine uzorka, a izražena je u kN/m.

$$S = \frac{F}{w} \quad [\text{kN/m}] \quad [3]$$

gdje je:

S – prekidna jakost, kN/m

F – prekidna sila, N

w – širina trake, mm

Prekidna dužina (engl. Length strenght)

Prekidna dužina je zamišljena dužina trake ispitivanog papira koja bi, obješena za jedan kraj, pukla u objesištu pod vlastitom težinom. Odredila se kao omjer prekidne sile i umnoška širine trake i gramature, a izražena je u kilometrima. Prekidne dužine uzoraka papira različitih gramatura moguće je međusobno uspoređivati.

$$L = \frac{F}{9,81 \times w \times g} \times 1000 \quad [\text{ km }] \quad [4]$$

gdje je:

L – prekidna dužina, km

F – prekidna sila, N

w – širina trake, mm

g – gramatura, g/m^2

Indeks kidanja (engl. tensile index)

Indeks kidanja se odredio kao omjer prekidne jakosti i gramature i izražava se u Nm/g. Na taj način indeks kidanja omogućava međusobno uspoređivanje rezultata izmjerenih na uzorcima papira različitih gramatura.

$$I = \frac{S}{g} \times 1000 \quad [\text{ Nm/g }] \quad [5]$$

gdje je:

I – indeks kidanja, Nm/g

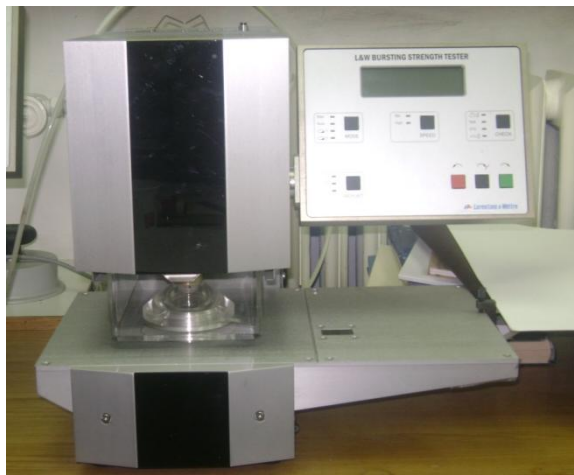
S – prekidna jakost, kNm

g – gramatura, g/m^2

Otpornost prema prskanju (engl. air burst)

(HRN ISO 2758, T 403)

Otpornost prema prskanju ispitivanog papira, kartona ili ljepenke jednaka je tlaku potrebnom da uzorak prsne. Mjerenja su izvršena na uređaju Mullen (slika 29). List uzorka papira hermetički se pričvrstio metalnim zvonom na gumenu podlogu, na koju s donje strane djeluje komprimirani zrak. Pod utjecajem komprimiranog zraka, i gumena podloga i ispitivani uzorak papira su se deformirali ispučenjem, sve dok uzorak nije prsnuo. Registrirao se tlak u kPa u trenutku prskanja uzorka. Tlak na površinu papira djeluje dvodimenzionalno u svim smjerovima. Moguće je mjeriti i visinu deformacije papira ispučenjem do momenta prskanja u milimetrima.



Slika 29. Uređaj Mullen

Indeks prskanja (engl. air burst index)

Indeks prskanja izračunat je kao omjer otpornosti prema prskanju i gramature ispitivanog papira, a izražava se u $kPa m^2/g$. Koristeći se ovom veličinom, omogućeno je uspoređivati otpornosti prema prskanju papira različitih gramatura.

$$x = \frac{p}{g} \quad [kPa m^2/g] \quad [6]$$

gdje je: x – indeks prskanja, $kPa m^2/g$

p – otpornost prema prskanju, kPa

g – gramatura, g/m^2

Otpornost prema cijepanju (engl. tear resistance)

(HRN ISO 1974, T 414)

Otpornost prema cijepanju jednaka je sili potrebnoj da se pocijepa ispitivani uzorak papira, kartona ili ljepenke koji je prethodno zarezan. Mjerenja su izvršena na uređaju Elmendorf (slika 30). Otpornost prema cijepanju je izražena u mN. Metodom po Elmendorfu test se provodio na način da se po 4 uzoraka ispitivanog papira pričvrstilo na hvataljke, od kojih je jedna sastavni dio stativa, a druga je sastavni dio klatna. Prije nego što se otpustilo klatno, izvršeno je na uzorcima definirano zarezivanje nožem (1.63 cm). Definirano zarezivanje pretpostavlja jednaku dubinu reza svaki put, za sve uzorke, kao jedan od uvjeta ponovljivosti testa. Otpušteno klatno izvršilo je njihaj tijekom kojeg su se uzorci papira pocijepali u nastavku reza. Mjerenja su rađena tri puta za svaku vrstu papira. Očitana se sila potrebna za cijepanje uzoraka i poistovjetila se s otpornošću papira prema cijepanju.

$$F = \frac{F_p}{n} \quad [\text{mN}] \quad [7]$$

gdje je:

F – otpornost prema cijepanju, mN

F_p – izmjerena sila cijepanja, mN

n – broj istovremeno pocijepanih uzoraka

Ispitivanje je vršeno na uzorcima veličine 65 x 80 mm koji su se rezali pomoću šablone. Skala je baždarena tako da daje rezultat – srednju silu u mN koju je potrebno primijeniti za cijepanje 16 uzoraka. Pošto je mjerenje rađeno na 4 uzorka, preračunavanje se vršilo prema formuli:

$$F = \frac{16}{n} \times F_n \quad [\text{mN}] \quad [8]$$

gdje je:

F – sila, mN

n - broj istovremeno cijepanih uzoraka

F_n – očitana vrijednost



Slika 30. Elmendorf uređaj

Indeks cijepanja (engl. tear index)

Indeks cijepanja odredio se kao omjer otpornosti papira prema cijepanju i gramature papira. Izrazio se u mNm^2/g . Izražavajući izmjerene vrijednosti otpornosti prema cijepanju u formi indeksa cijepanja, omogućilo se uspoređivanje rezultata uzoraka papira različitih gramatura.

$$X = \frac{F}{g} \quad [\text{mNm}^2/\text{g}] \quad [9]$$

gdje je:

X – indeks cijepanja, mNm^2/g

F – otpornost prema cijepanju, mN

g – gramatura, g/m^2

REZULTATI I RASPRAVA ISTRAŽIVANJA

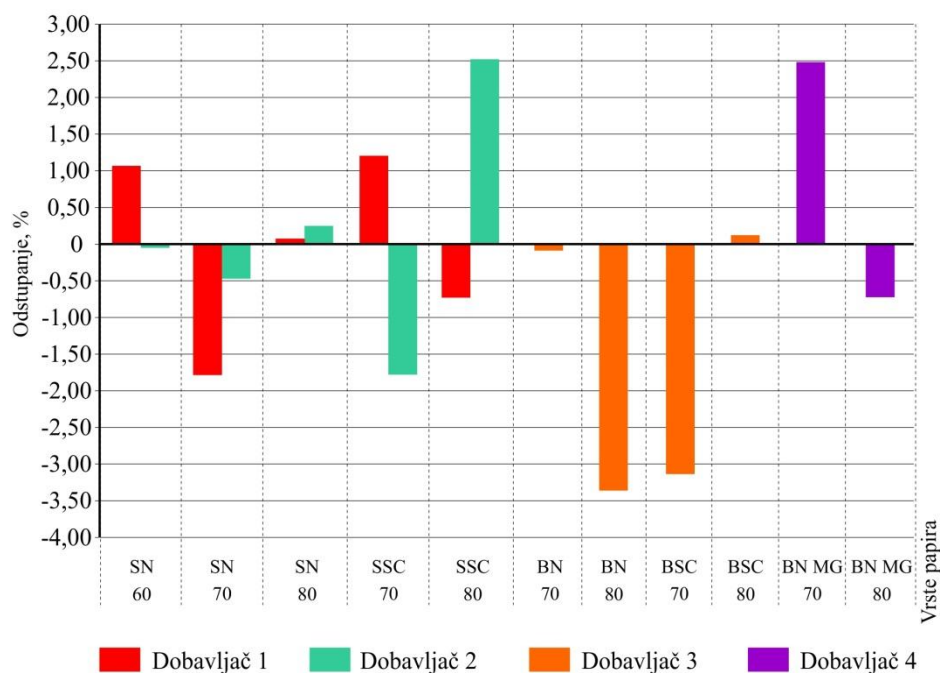
Tablica 18. Prikaz deklariranih i izmjerenih vrijednosti gramature ispitivanih uzoraka papira i odstupanja u mjerenim vrijednostima

UZORCI PAPIRA	Deklarirana vrijednost gramature [g/m ²]	Izmjerena vrijednost gramature [g/m ²]	Tolerancija [%]	Odstupanje [%]
SN 60-1	60	60,64	+/- 3	1,07
SN 70-1	70	68,75	+/- 3	-1,79
SN 80-1	80	80,06	+/- 3	0,07
SN 60-2	60	59,99	+/- 3	-0,02
SN 70-2	70	69,67	+/- 3	-0,47
SN 80-2	80	80,20	+/- 3	0,25
SSC 70-1	70	70,84	+/- 3	1,21
SSC 80-1	80	79,42	+/- 3	-0,73
SSC 70-2	70	68,75	+/- 3	-1,78
SSC 80-2	80	82,02	+/- 3	2,52
BN 70-3	70	69,94	+/- 3	-0,09
BN 80-3	80	77,31	+/- 3	-3,36
BSC 70-3	70	67,80	+/- 3	-3,14
BSC 80-3	80	80,10	+/- 3	0,12
BN MG 70-4	70	71,74	+/- 5	2,48
BN MG 80-4	80	79,42	+/- 5	-0,72

Prema rezultatima ispitivanja gramature (tablica 18), od 16 ispitivanih vrsta papira, 14 vrsta ima gramaturu unutar dozvoljenih tolerancija u rasponu od -1,79% do +2,52%.

Dvije vrste papira, BN 70-3 i BSC 70-3 bilježe odstupanja ispod donje granice dozvoljene tolerancije deklariranih vrijednosti, a odstupanja iznose -3,36% i -3,14%.

Najmanje odstupanje od deklarirane vrijednosti gramature ima papir SN 60-2 i to samo 0,02%. Na slici 31. prikazana je usporedba u odstupanjima izmjerenih vrijednosti gramature u odnosu na deklarirane vrijednosti ispitivanih uzoraka papira dobavljača 1 i 2 za smeđi standard kraft papir gramature 60,70 i 80 g/m² i smeđi semi extensible kraft papir gramature 70 i 80 g/m². Odstupanja u gramaturi za bijeli standard kraft, bijeli semi ekstensible kraft i bijeli standard kraft strojno glatki 70 i 80 g/m² dobavljača 3 i 4, na slici 31. su prikazana kako bi se usporedila sa papirima iste gramature dobavljača 1 i 2 a različite kvalitete, ali se ne mogu usporediti s papirima iste vrste drugog dobavljača jer za iste nisu vršena ispitivanja.



Slika 31. Usporedba odstupanja izmjerenih vrijednosti gramature ispitivanih uzoraka papira u odnosu na deklarirane vrijednosti prema dobavljačima

U svrhu određivanja ukupne ocjene svake vrste papira pristupilo se brojčanom ocjenjivanju (tablica 19) prema skali od 1-16 po parametru odstupanja izmjerenih vrijednosti gramature u odnosu na deklarirane vrijednosti. Ocjena 1 predstavlja najveće odstupanje, dok ocjena 16 znači najmanje odstupanje.

Tablica 19. Ocjene vrste papira prema odstupanjima izmjerenih vrijednosti gramature od deklarirane vrijednosti po dobavljačima

	SN 60	SN 70	SN 80	SSC 70	SSC 80	BN 70	BN 80	BSC 70	BSC 80	BN MG 70	BN MG 80	PROSJEČNA OCJENA DOBAVLJAČA
DOBAVLJAČ 1	8	5	15	7	9							8,8
DOBAVLJAČ 2	16	11	12	6	3							9,6
DOBAVLJAČ 3						14	1	2	13			7,5
DOBAVLJAČ 4										4	10	7,0

*Ocjena 1 – najveće odstupanje

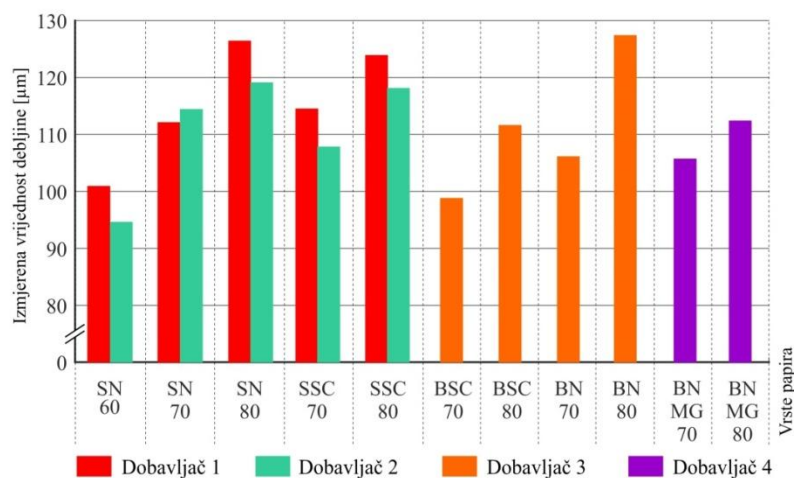
*Ocjena 16 – najmanje odstupanje

Najbolju ocjenu 9,6 za parametar gramature je dobio dobavljač 2, što znači najmanje odstupanje u gramaturi izmjerenih vrijednosti od deklariranih vrijednosti, slijedi dobavljač 1 s ocjenom 8,8 i dobavljač 3 s ocjenom 7,5. Najmanju ocjenu 7,0 je dobio dobavljač 4 što pokazuje na najveće odstupanje u gramaturi izmjerenih vrijednosti od deklariranih vrijednosti.

Tablica 20. Prikaz izmjerenih vrijednosti debljine ispitivanih uzoraka papira

UZORCI PAPIRA	Izmjerena vrijednost debljine [μm]	UZORCI PAPIRA	Izmjerena vrijednost debljine [μm]
SN 60-1	101	SSC 80-1	124
SN 60-2	95	SSC 80-2	118
SN 70-1	112	BSC 70-3	99
SN 70-2	114	BSC 80-3	112
SN 80-1	126	BN 70-3	106
SN 80-2	119	BN MG 70-4	106
SSC 70-1	115	BN 80-3	127
SSC 70-2	108	BN MG 80-4	112

Laboratorijskim ispitivanjem je ustanovljeno da je smeđi standard kraft papir 60 i 80 g/m^2 i smeđi semi extensible 70 i 80 g/m^2 dobavljača 1 deblji od papira iste vrste dobavljača 2, dok je smeđi standard kraft papir 70 g/m^2 dobavljača 1 tanji od papira iste vrste dobavljača 2 (tablica 20). Bijeli standard kraft papir 80 g/m^2 i bijeli semi extensible kraft papir 80 g/m^2 dobavljača 3 su deblji od iste vrste papira 70 g/m^2 istog dobavljača. Bijeli standard kraft papir strojno glatki 80 g/m^2 dobavljača 4 deblji je od bijelog standard kraft strojno glatkog papira 70 g/m^2 istog dobavljača (slika 32).



Slika 32. Usporedba debljine papira prema dobavljačima i vrstama papira

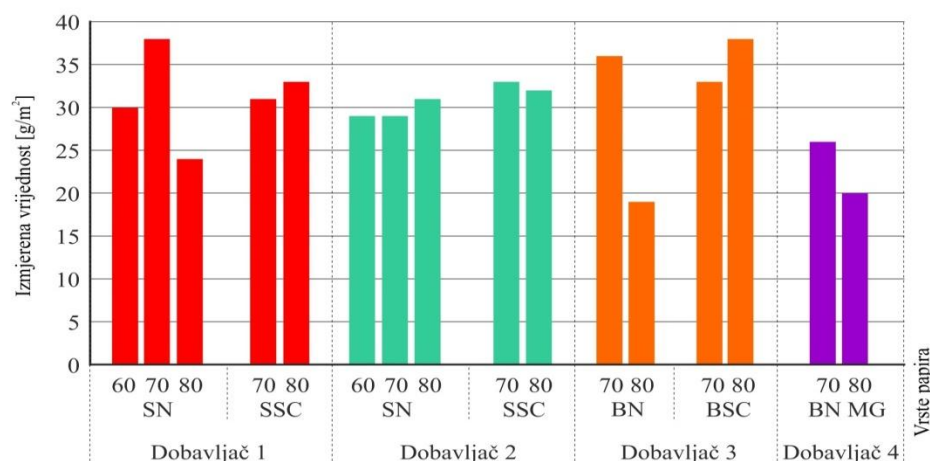
Brojčanu ocjenu ispitivanih vrsta papira po parametru debljine nije moguće izraditi jer u specifikacijama dobavljača nisu navedene vrijednosti za debljinu materijala. Izmjerene vrijednosti debljine, zajedno s rezultatima prekidnih svojstava, prskanja i cijepanja, mogu poslužiti za analizu kompaktnosti papirne tvorevine, kvalitete vlakana, sadržaju dodataka papiru koja nije predmet ovog rada.

Tablica 21. Prikaz deklariranih i izmjerenih vrijednosti površinske upojnosti vode ispitivanih uzoraka papira i odstupanja u izmjerenim vrijednostima

UZORCI PAPIRA	Površinska upojnost vode (C_{60})		
	Deklarirana vrijednost [g/m ²]	Izmjerena vrijednost [g/m ²]	Odstupanje [%]
SN 60-1	/	30	/
SN 70-1	24	38	59
SN 80-1	26	24	-8
SN 60-2	28	29	3
SN 70-2	32	29	-10
SN 80-2	32	31	-4
SSC 70-1	27	31	15
SSC 80-1	28	33	18
SSC 70-2	32	33	3
SSC 80-2	32	32	0
BN 70-3	/	36	/
BN 80-3	/	19	/
BSC 70-3	/	33	/
BSC 80-3	/	38	/
BN MG 70-4	/	26	/
BN MG 80-4	/	20	/

Laboratorijskim ispitivanjima površinske upojnosti vode (C_{60}) utvrđeno je da se mjerene vrijednosti razlikuju od deklariranih vrijednosti kod 9 vrsta papira od ukupno 10 vrsta papira koji imaju deklarirane vrijednosti (tablica 21). Vrijednosti odstupanja kreću se od +59% do -10%. Dobavljač 3 i 4 nema u specifikacijama definirane vrijednosti površinske upojnosti. Najveće odstupanje od 59% pokazuje SN-1, dok SSC 80-2 ne bilježi odstupanje.

Prema rezultatima ispitivanja površinske upojnosti vode (slika 33), najveću vrijednost bilježi papir SN 70-1 i BSC 80-3 od 38 g/m², a najmanju BN 80-3 od 19 g/m², ostale vrste papira variraju između tih vrijednosti neovisno o gramaturi papira.



Slika 33. Prikaz izmjerenih vrijednosti površinske upojnosti vode prema dobavljačima i vrstama papira

U svrhu određivanja ukupne ocjene svake vrste papira pristupilo se broječanom ocjenjivanju (tablica 22) prema skali od 1-11 po parametru izmjerenih vrijednosti površinske upojnosti vode. Ocjena 1 predstavlja najveću izmjerenu vrijednost dok ocjena 11 znači najmanju izmjerenu vrijednost površinske upojnosti vode. Papiri koji imaju iste izmjerene vrijednosti ocjenjeni su istom ocjenom.

Tablica 22. Ocjene vrsta papira obzirom na površinsku upojnost vode prema dobavljačima

	SN 60	SN 70	SN 80	SSC 70	SSC 80	BN 70	BN 80	BSC 70	BSC 80	BN MG 70	BN MG 80	PROSJEČNA OCJENA DOBAVLJAČA
DOBAVLJAČ 1	6	1	9	5	3							4,8
DOBAVLJAČ 2	7	7	5	3	4							5,2
DOBAVLJAČ 3						2	11	3	1			4,25
DOBAVLJAČ 4										8	10	9,0

*Ocjena 1 – najveća upojnost

*Ocjena 11 – najmanja upojnost

Najbolju ocjenu 9,0 za parametar površinske upojnosti vode je dobio dobavljač 4, što znači najmanju površinsku upojnost, a pošto se radi o strojno glatkom papiru rezultati su i očekivani. Slijedi dobavljač 2 s ocjenom 5,2 i dobavljač 1 s ocjenom 4,8. Najmanju ocjenu 4,25 je dobio dobavljač 3 što pokazuje da papir ovog dobavljača najviše površinski upija vodu.

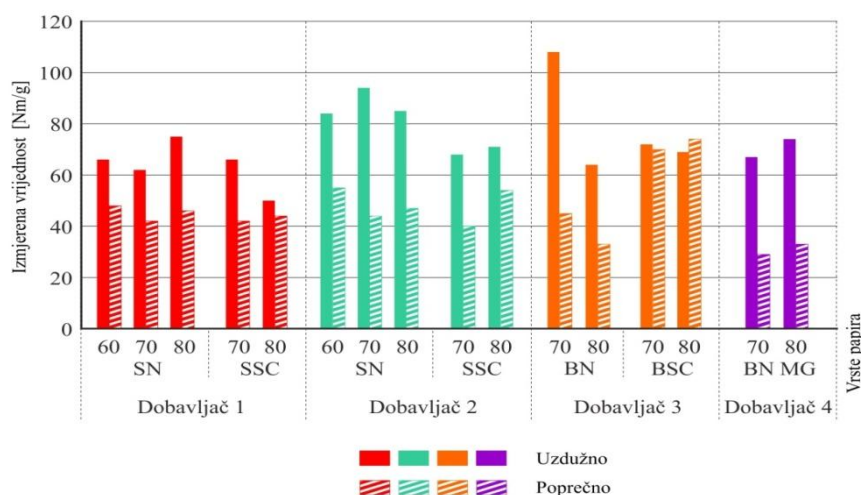
Tablica 23. Prikaz deklariranih i izmjerenih vrijednosti prekidnih svojstava ispitivanih uzoraka papira i odstupanja u mjerenim vrijednostima

UZORCI PAPIRA	Smjer papira	Prekidna jakost			Prekidno istezanje		Indeks kidanja		Prekidna dužina	
		Deklarirana vrijednost [kN/m]	Izmjerena vrijednost [kN/m]	Odstupanje [%]	Deklarirana vrijednost [%]	Izmjerena vrijednost [%]	Deklarirana vrijednost [Nm/g]	Izmjerena vrijednost [Nm/g]	Deklarirana vrijednost [m]	Izmjerena vrijednost [m]
SN 60-1	uzdužno	3,92	3,98	1	2,50	1,40	65 *	66	4356 **	6688
	poprečno	2,49	2,91	17	8,00	7,54	42 *	48	2767 **	4884
SN 70-1	uzdužno	4,25	4,28	1	2,50	1,78	61 *	62	5500	6352
	poprečno	2,75	2,87	4	8,00	7,43	39 *	42	3400	4253
SN 80-1	uzdužno	4,84	6,00	24	2,50	3,13	61 *	75	6100	8660
	poprečno	3,15	3,68	17	8,00	6,80	39 *	46	3800	4687
SN 60-2	uzdužno	6,06	5,04	-17	2,09	1,83	100	84	6733 **	8557
	poprečno	3,53	3,32	-6	6,61	8,21	58	55	3922 **	5636
SN 70-2	uzdužno	6,30	6,55	4	2,50	2,04	90	94	6000 **	9588
	poprečno	3,90	3,06	-22	7,00	8,08	55	44	3714 **	4473
SN 80-2	uzdužno	7,20	6,84	-5	2,50	3,01	90	85	6000 **	8693
	poprečno	4,40	3,74	-15	7,00	6,86	55	47	3667 **	4750
SSC 70-1	uzdužno	4,24	4,67	10	5,60	7,54	61 *	66	6190	7161
	poprečno	2,81	2,99	6	8,60	7,97	40 *	42	4095	4584
SSC 80-1	uzdužno	4,84	4,01	-17	5,70	7,49	61 *	50	6166	5145
	poprečno	3,66	3,47	-5	8,00	6,31	46 *	44	4666	4449
SSC 70-2	uzdužno	5,20	4,68	-10	6,50	5,12	74 *	68	4952 **	6933
	poprečno	4,10	2,72	-34	7,50	5,98	59 *	40	3905 **	4034
SSC 80-2	uzdužno	6,00	5,85	-2	6,50	6,20	75 *	71	5000 **	7275
	poprečno	4,60	4,40	-4	7,50	9,24	58 *	54	3833 **	5473
BN 70-3	uzdužno	6,10	7,59	24	2,50	2,83	87	108	5810 **	11057
	poprečno	3,60	3,13	-13	7,30	6,64	51	45	3429 **	4556
BN 80-3	uzdužno	7,00	4,94	-29	2,50	1,93	87	64	5833 **	6511
	poprečno	4,10	2,53	-38	7,20	5,20	51	33	3417 **	3334
BSC 70-3	uzdužno	5,00	4,89	-2	6,50	6,70	71	72	4762 **	7849
	poprečno	3,60	3,41	-5	7,70	7,89	51	70	3429 **	5464
BSC 80-3	uzdužno	5,70	5,54	-3	6,50	6,77	71	69	4750 **	7519
	poprečno	3,60	4,22	17	7,70	7,46	51	74	3000 **	5731
BN MG 70-4	uzdužno	8,20	4,82	-41	2,00	2,37	65	67	7810 **	7311
	poprečno	4,00	2,07	-48	5,50	4,77	85	29	3810 **	3133
BN MG 80-4	uzdužno	8,00	5,89	-26	2,00	2,20	80	74	6667 **	8058
	poprečno	4,00	2,65	-34	5,50	3,92	100	33	3333 **	3626

* Izračun dobiven iz deklarirane prekidne jakosti i deklarirane gramature

** Izračun dobiven kao omjer deklarirane prekidne sile i umnoška širine trake i deklarirane gramature

Prema rezultatima ispitivanja prekidne jakosti (tablica 23), odstupanja se po uzdužnom i poprečnom smjeru papira kreću od - 48% do + 24%. Od 32 rezultata zajedno u uzdužnom i poprečnom smjeru za 16 vrsta papira, 11 mjerenja pokazuju pozitivno odstupanje od deklariranih vrijednosti prekidne jakosti i to SN 60-1, SN 70-1, SN 80-1 i SSC 70-1 u oba smjera papira, SN 70-2 i BN 70-3u uzdužnom smjeru i BSC 80-3 u poprečnom smjeru. Ostali rezultati odstupanja imaju negativan predznak.



Slika 34. Prikaz izmjerenih vrijednosti indeksa kidanja ispitivanih uzoraka papira prema dobavljačima i vrstama papira

Uspoređujući indekse kidanja ispitivanih uzoraka papira (slika 34), SN 60,70 i 80 g/m² SSC 70 i 80 g/m² dobavljača 1 imaju niže vrijednosti indeksa kidanja od istih vrsta papira dobavljača 2. Ispitivanje je pokazalo da BN 70-3 ima najveći indeks kidanja u uzdužnom smjeru i to 108 Nm/g, dok BN 80-3 bez obzira na povećanje gramature u istom smjeru ima indeks kidanja samo 64 Nm/g. BSC 70-3 i BSC 80-3 imaju indekse kidanja podjednake u uzdužnom i poprečnom smjeru, što je karakteristika kvalitetnih semi extensible kraft papira.

U svrhu određivanja ukupne ocjene svake vrste papira pristupilo se brojčanom ocjenjivanju po parametrima izmjerene vrijednosti indeksa kidanja za uzdužni smjer papira (tablica 24), prema skali od 1-15 i poprečni smjer papira (tablica 25), prema skali od 1-13. Ocjena 1 predstavlja najmanju izmjerenu vrijednost kod oba smjera papira, dok ocjena 15 za uzdužni smjer i 13 za poprečni smjer papira znači najveću izmjerenu vrijednost indeksa kidanja. Papiri koji imaju iste izmjerene vrijednosti ocjenjeni su istom ocjenom.

Tablica 24. Ocjene vrsta papira prema parametru indeksa kidanja u **uzdužnom** smjeru papira

	SN 60	SN 70	SN 80	SSC 70	SSC 80	BN 70	BN 80	BSC 70	BSC 80	BN MG 70	BN MG 80	PROSJEČNA OCJENA DOBAVLJAČA
DOBAVLJAČ 1	4	2	11	4	1							4,4
DOBAVLJAČ 2	12	14	13	6	8							10,6
DOBAVLJAČ 3						15	3	9	7			8,5
DOBAVLJAČ 4										5	10	7,5

*Ocjena 1 – najmanji indeks kidanja

*Ocjena 15 – najveći indeks kidanja

Najbolju ocjenu 10,6 prema parametru indeksa kidanja u uzdužnom smjeru je dobio dobavljač 2, što znači da papiri dobavljača 2 imaju najveći indeks kidanja a prema tome i najveću prekidnu jakost u uzdužnom smjeru papira. Slijedi dobavljač 3 s ocjenom 8,5 i dobavljač 4 s ocjenom 7,5. Najmanju ocjenu 4,4 je dobio dobavljač 1 što pokazuje da papir ovog dobavljača ima najmanju prekidnu jakost u uzdužnom smjeru.

Tablica 25. Ocjene vrsta papira prema parametru indeksa kidanja u **poprečnom** smjeru papira

	SN 60	SN 70	SN 80	SSC 70	SSC 80	BN 70	BN 80	BSC 70	BSC 80	BN MG 70	BN MG 80	PROSJEČNA OCJENA DOBAVLJAČA
DOBAVLJAČ 1	9	4	7	4	5							5,8
DOBAVLJAČ 2	11	5	8	3	10							7,4
DOBAVLJAČ 3						6	2	12	13			8,25
DOBAVLJAČ 4										1	2	1,5

*Ocjena 1 – najmanji indeks kidanja

*Ocjena 13 – najveći indeks kidanja

Najbolju ocjenu 8,25 prema parametru indeksa kidanja u poprečnom smjeru je dobio dobavljač 3, što znači da papiri dobavljača 3 imaju najveći indeks kidanja a prema tome i najveću prekidnu jakost u poprečnom smjeru papira. Slijedi dobavljač 2 s ocjenom 7,4 i dobavljač 1 s ocjenom 5,8. Najmanju ocjenu 1,5 je dobio dobavljač 4 što pokazuje da papir ovog dobavljača ima najmanju prekidnu jakost u poprečnom smjeru.

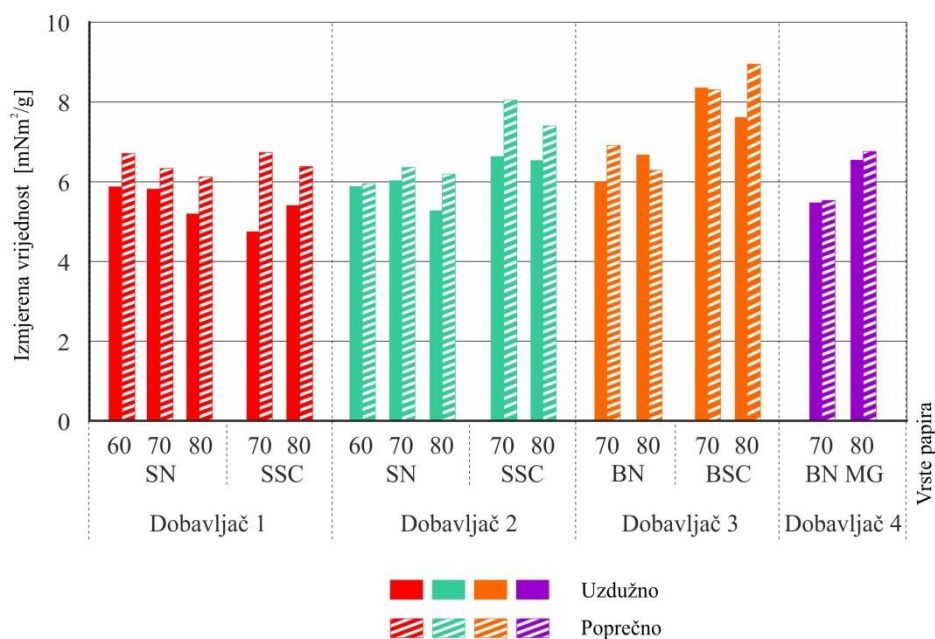
Tablica 26. Prikaz deklariranih i izmjerenih vrijednosti otpornosti prema cijepanju i indeksa cijepanja ispitivanih uzoraka papira te odstupanja u mjerenim vrijednostima

UZORCI PAPIRA	Smjer papira	Otpornost prema cijepanju			Indeks cijepanja	
		Deklarirana vrijednost [mN]	Izmjerena vrijednost [mN]	Odstupanje [%]	Deklarirana vrijednost [mNm ² /g]	Izmjerena vrijednost [mNm ² /g]
SN 60-1	uzdužno	411	357	-13	6,85 **	5,88
	poprečno	460	407	-12	7,67 **	6,71
SN 70-1	uzdužno	320	400	25	4,57 **	5,82
	poprečno	350	435	24	5,00 **	6,33
SN 80-1	uzdužno	380	417	10	4,75 **	5,20
	poprečno	420	490	17	5,25 **	6,12
SN 60-2	uzdužno	486 *	353	-27	8,1	5,89
	poprečno	534 *	357	-33	8,9	5,95
SN 70-2	uzdužno	735 *	420	-43	10,5	6,03
	poprečno	805 *	443	-45	11,5	6,36
SN 80-2	uzdužno	840 *	423	-50	10,5	5,28
	poprečno	920 *	497	-46	11,5	6,19
SSC 70-1	uzdužno	402	337	-16	5,74 **	4,75
	poprečno	460	477	4	6,57 **	6,73
SSC 80-1	uzdužno	380	430	13	4,75 **	5,41
	poprečno	420	507	21	5,25 **	6,38
SSC 70-2	uzdužno	700 *	457	-35	10,0	6,64
	poprečno	770 *	553	-28	11,0	8,05
SSC 80-2	uzdužno	800 *	537	-33	10,0	6,54
	poprečno	880 *	607	-31	11,0	7,40
BN 70-3	uzdužno	770 *	420	-45	11,0	6,01
	poprečno		483	-37		6,91
BN 80-3	uzdužno	920 *	517	-44	11,5	6,68
	poprečno		487	-37		6,29
BSC 70-3	uzdužno	840 *	567	-33	12,0	8,36
	poprečno		563	-33		8,31
BSC 80-3	uzdužno	960 *	610	-36	12,0	7,62
	poprečno		717	-25		8,95
BN MG 70-4	uzdužno	/	393	/	/	5,48
	poprečno	/	397	/	/	5,53
BN MG 80-4	uzdužno	/	520	/	/	6,55
	poprečno	/	537	/	/	6,76

* Izračun dobiven iz deklarirane vrijednosti indeksa cijepanja i deklarirane gramature

** Izračun dobiven iz deklarirane otpornosti prema cijepanju i deklarirane gramature

Ispitivanja otpornosti prema cijepanju (tablica 26), su pokazala da se odstupanja po uzdužnom i poprečnom smjeru papira kreću od - 45% do + 25%. Od 32 rezultata zajedno u uzdužnom i poprečnom smjeru za 16 vrsta papira, samo 7 mjerenja pokazuju pozitivno odstupanje od deklariranih vrijednosti otpornosti prema cijepanju i to SN 70-1, SN 80-1 i SSC 80-1 u oba smjera papira, dok SSC 70-1 samo u poprečnom smjeru papira. Ostali rezultati odstupanja imaju negativan predznak.



Slika 35. Prikaz izmjerenih vrijednosti indeksa cijepanja ispitivanih uzoraka papira prema dobavljačima i vrstama papira

Uspoređujući indekse cijepanja ispitivanih uzoraka papira u uzdužnom smjeru (slika 35), SN 60,70 i 80 g/m² SSC 70 i 80 g/m² dobavljača 1 imaju niže vrijednosti indeksa cijepanja od istih vrsta papira dobavljača 2. Ispitivanje je pokazalo da BSC 70-3 ima najveći indeks cijepanja u uzdužnom smjeru i to 8,36 mNm²/g, a SSC 70-1 najmanji, samo 4,75 mNm²/g. BN MG 70-4 ima najniži indeks cijepanja u poprečnom smjeru od 5,53 mNm²/g, dok BSC 80-3 ima najveći i to 8,95 mNm²/g.

U svrhu određivanja ukupne ocjene svake vrste papira pristupilo se brojčanom ocjenjivanju po parametrima izmjerene vrijednosti indeksa cijepanja za uzdužni (tablica 27) i poprečni smjer papira (tablica 28), prema skali od 1-16. Ocjena 1 predstavlja najmanju izmjerenu vrijednost dok ocjena 16 znači najveću izmjerenu vrijednost indeksa cijepanja za svaki smjer papira.

Tablica 27. Ocjene vrsta papira prema parametru indeksa cijepanja za **uzdužni** smjer papira

	SN 60	SN 70	SN 80	SSC 70	SSC 80	BN 70	BN 80	BSC 70	BSC 80	BN MG 70	BN MG 80	PROSJEČNA OCJENA DOBAVLJAČA
DOBAVLJAČ 1	7	6	2	1	4							4,0
DOBAVLJAČ 2	8	10	3	13	11							9,0
DOBAVLJAČ 3						9	14	16	15			13,5
DOBAVLJAČ 4										5	12	8,5

*Ocjena 1 – najmanji indeks cijepanja

*Ocjena 16 – najveći indeks cijepanja

Najbolju ocjenu 13,5 prema parametru indeksa cijepanja u uzdužnom smjeru je dobio dobavljač 3, što znači da papiri dobavljača 3 imaju najveći indeks cijepanja a prema tome i najveću otpornost prema cijepanju u uzdužnom smjeru papira. Dobavljač 2 je ocijenjen ocjenom 9,0 a dobavljač 4 s ocjenom 8,5. Najmanju ocjenu 4,0 je dobio dobavljač 1 što pokazuje da papir ovog dobavljača ima najmanju otpornost prema cijepanju u uzdužnom smjeru papira.

Tablica 28. Ocjene vrsta papira prema parametru indeksa cijepanja za **poprečni** smjer papira

	SN 60	SN 70	SN 80	SSC 70	SSC 80	BN 70	BN 80	BSC 70	BSC 80	BN MG 70	BN MG 80	PROSJEČNA OCJENA DOBAVLJAČA
DOBAVLJAČ 1	9	6	3	10	8							7,2
DOBAVLJAČ 2	2	7	4	14	13							8,0
DOBAVLJAČ 3						12	5	15	16			12,0
DOBAVLJAČ 4										1	11	6,0

*Ocjena 1 – najmanji indeks cijepanja

*Ocjena 16 – najveći indeks cijepanja

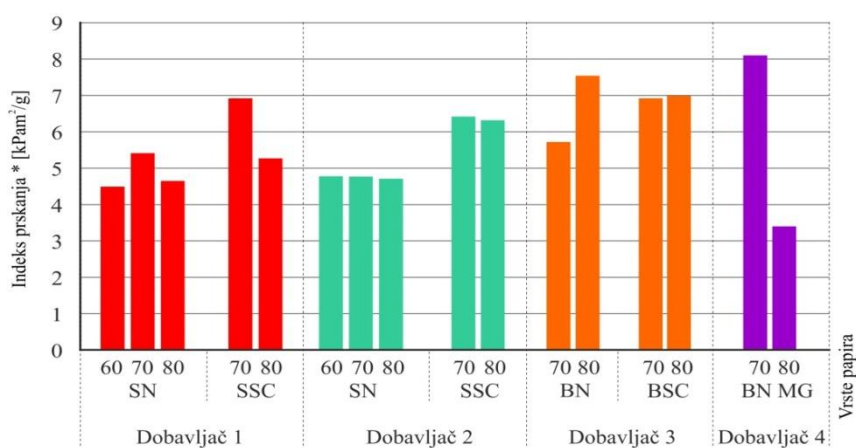
Najbolju ocjenu 12,0 prema parametru indeksa cijepanja u poprečnom smjeru je dobio dobavljač 3, što znači da papiri dobavljača 3 imaju najveći indeks cijepanja a prema tome i najveću otpornost prema cijepanju u poprečnom smjeru papira. Dobavljač 2 je ocijenjen ocjenom 8,0 a dobavljač 1 ocjenom 7,2. Najmanju ocjenu 6,0 je dobio dobavljač 4 što pokazuje da papir ovog dobavljača ima najmanju otpornost prema cijepanju u poprečnom smjeru papira.

Tablica 29. Prikaz deklariranih i izmjerenih vrijednosti otpornosti prema prskanju i indeks prskanja ispitivanih uzoraka papira te odstupanja u mjerenim vrijednostima

UZORCI PAPIRA	Otpornost prema prskanju			Indeks prskanja * [kPam ² /g]
	Deklarirana vrijednost [kPa]	Izmjerena vrijednost [kPa]	Odstupanje [%]	
SN 60-1	265	272	2,64	4,49
SN 70-1	320	372	16,22	5,41
SN 80-1	360	372	3,33	4,65
SN 60-2	/	287	/	4,78
SN 70-2	/	332	/	4,77
SN 80-2	/	378	/	4,71
SSC 70-1	380	490	29,00	6,92
SSC 80-1	290	419	44,31	5,27
SSC 70-2	/	441	/	6,42
SSC 80-2	/	518	/	6,32
BN 70-3	/	400	/	5,72
BN 80-3	/	583	/	7,54
BSC 70-3	/	470	/	6,92
BSC 80-3	/	560	/	6,99
BN MG 70-4	/	581	/	8,10
BN MG 80-4	/	270	/	3,40

* Izračunato iz izmjerenih vrijednosti otpornosti prema prskanju i izmjerenih vrijednosti gramature

Ispitivanja otpornosti prema prskanju (tablica 29), pokazuju da najmanju otpornost prema prskanju ima BN MG-4 i to 270 kPa, a najveću BN 80-3 od 583 kPa. Vrijednosti po ostalim vrstama papira variraju neovisno o gramaturi i vrstama papira.



Slika 36. Prikaz izmjerenih vrijednosti indeksa prskanja ispitivanih uzoraka papira prema dobavljačima i vrstama papira

U svrhu određivanja ukupne ocjene svake vrste papira pristupilo se broječanom ocjenjivanju (tablica 30) prema skali od 1-15 po parametru izmjerenih vrijednosti otpornosti prema prskanju. Ocjena 1 predstavlja najmanju izmjerenu vrijednost dok ocjena 15 znači najveću izmjerenu vrijednost otpornosti prema prskanju. Papiri koji imaju iste izmjerene vrijednosti ocjenjeni su istom ocjenom.

Tablica 30. Ocjene vrsta papira prema izmjerenim vrijednostima otpornosti prema prskanju

	SN 60	SN 70	SN 80	SSC 70	SSC 80	BN 70	BN 80	BSC 70	BSC 80	BN MG 70	BN MG 80	PROSJEČNA OCJENA DOBAVLJAČA
DOBAVLJAČ 1	2	5	5	11	8							6,2
DOBAVLJAČ 2	3	4	6	9	12							6,8
DOBAVLJAČ 3						7	15	10	13			11,25
DOBAVLJAČ 4										14	1	7,5

*Ocjena 1 – najmanja otpornost prema prskanja

*Ocjena 15 – najveća otpornost prema prskanja

Najbolju ocjenu 11,25 za parametar otpornosti prema prskanju je dobio dobavljač 3, što znači da papiri dobavljača 3 ima najveću otpornost prema prskanju, slijedi dobavljač 4 s ocjenom 7,5 i dobavljač 3 s ocjenom 6,8. Najmanju ocjenu 6,2 je dobio dobavljač 1 što pokazuje da papiri dobavljača 1 imaju najmanju otpornost prema prskanju.

Završna diskusija rezultata

Na osnovu pojedinačne ocijene dobavljača za sve vrste papira po svim mjerenim parametrima pristupilo se ukupnoj ocjeni dobavljača (tablica 31) koja je izražena kao srednja vrijednost svih ocjena.

Tablica 31. Ukupna ocjena dobavljača za sve vrste papira prema svim ocjenjenim parametrima

	GRAMATURA	POVRŠINSKA UPOJNOST VODE	INDEKS KIDANJA UZDUŽNI SMJER	INDEKS KIDANJA POPREČNI SMJER	INDEKS CIJEPA UZDUŽNI SMJER	INDEKS CIJEPA POPREČNI SMJER	OTPORNOST PREMA PRSKANJU	UKUPNA PROSJEČNA OCJENA DOBAVLJAČA
DOBAVLJAČ 1	8,80	4,80	4,40	5,80	4,00	7,20	6,30	5,90
DOBAVLJAČ 2	9,60	5,20	10,60	7,40	9,00	8,00	6,80	8,09
DOBAVLJAČ 3	7,50	4,25	8,50	8,25	13,50	12,00	11,25	9,32
DOBAVLJAČ 4	7,00	9,00	7,50	1,50	8,50	6,00	7,50	6,71

**zeleno – najveća ocjena*

**crveno – najmanja ocjena*

- Uspoređujući pojedinačne ocjene dobavljača po parametru gramature, najbolju ocjenu je dobio dobavljač 2 a najslabiju dobavljač 4.
- Prema parametru površinske upojnosti vode najbolju ocjenu je dobio dobavljač 4, ali obzirom da se radi o strojno glatkom papiru, koji ima tendenciju slabijeg površinskog upijanja vode, ovaj rezultat se zanemaruje. Najlošiju ocjenu je dobio dobavljač 3.
- Prema parametru indeksa kidanja u uzdužnom smjeru najbolju ocjenu je dobio dobavljač 2 a u poprečnom dobavljač 3. Najlošiju ocjenu u uzdužnom smjeru je dobio dobavljač 1 a u poprečnom smjeru dobavljač 4.
- Prema parametru indeksa cijepanja u uzdužnom i poprečnom smjeru papira najbolju ocjenu je dobio dobavljač 3. Najlošiju ocjenu u uzdužnom smjeru papira je dobio dobavljač 1, a u poprečnom dobavljač 4.
- Prema parametru otpornosti prema prskanju najbolju ocjenu je dobio dobavljač 3, a najlošiju dobavljač 1.

- Najviše najboljih ocjena, 4 od ukupno 7 dobio je dobavljač 3, slijedi dobavljač 2 sa dvije najbolje ocjene, te dobavljač 4 sa jednom najboljom ocjenom. Dobavljač 1 nema ni jednu najbolju ocjenu.
- Najviše najlošijih ocjena imaju dobavljač 1 i 4, svaki po tri najlošije ocjene od ukupno 7 ocjena. Dobavljač 3 ima jednu najlošiju ocjenu, a dobavljač 2 nema ni jednu najlošiju ocjenu.
- Najveću ukupnu ocjenu dobio je dobavljač 3 sa ocjenom 9,32. Slijedi dobavljač 2 sa ocjenom 8,09 i dobavljač 4 sa ocjenom 6,71. Najmanju ocjenu dobio je dobavljač 1 sa ocjenom 5,90.

ZAKLJUČAK

Metoda bodovanja rezultata istraživanja pojedinačnih vrijednosti svih vrsta papira pokazala se uspješna kod ukupnog ocjenjivanja po dobavljačima, bez obzira na kompleksnost pristupa bodovanju pošto su dobavljači imali papire različitih vrsta i gramatura. Usporedbom dobivene ukupne ocjene za dobavljače s pojedinačnim ocjenama za pojedine vrste papira i pojedino svojstvo, zaključuje se da ukupne ocjene po dobavljačima odgovaraju pojedinačnim ocjenama svake vrste papira i ocjenama po svojstvima.

Provedeno je ispitivanje pokazalo da je dobavljač 3 postigao najbolje ocjene na osnovu 7 mjerenih parametara od ukupno 16 vrsta papira, dobavljač 2 je na drugom, a dobavljač 4 na trećem mjestu. Najlošiju ocjenu je postigao dobavljač 1.

Dobavljač 3 koji je dobio najveću konačnu ocjenu, u cijelom istraživanju imao je 4 vrste papira od ukupno 16 uzoraka, a sve su bili bijeli papiri koji se koriste samo kao vanjski sloj kod višeslojnih otvorenih i ventil vreća.

Gledajući smeđe papire dobavljača 1 i 2, na 10 ispitivanih vrsta papira od ukupno 16, koji se koriste i kao vanjski i kao unutarnji sloj kod višeslojnih otvorenih i ventil vreća, dobavljač 2 je najbolji.

LITERATURA

1. Horvatić. S. (2009). *Grafika – Papiri i Kartoni*, Grafička škola u Zagrebu, Zagreb
2. Golubović. A. (1993). *Svojstva i ispitivanje papira*, treće izdanje, Grafički fakultet, Zagreb
3. Vujković I., Galić K., Vereš M. (2007). *Ambalaža za pakiranje namirnica*, Zagreb
4. Lozo, B. (2004). *Doprinos optimiranju kvalitete novinskog papira*, Magistarski rad, Grafički fakultet, Zagreb
5. Golubović, A. (1993). *Svojstva i ispitivanje papira*, Grafički fakultet, Zagreb
6. Yam, K. L. (2009). *The Wiley Encyclopedia of Packaging Tehnology*, John Wiley & Sons
7. Halon, F.J., Kelsey, J.R., Forcinio, E.H. (1998). *Handbook of Package Engineering*, CRC Press
8. Stričević, N. (1982). *Suvremena ambalaža 1*, Školska knjiga, Zagreb
9. Pogonska dokumentacija „Grafičara – tvornice vreća d.o.o.“ (2010). *Izrada filmova, montaža i tiskovnih formi*, Borovljani
10. Potisk V. (1997). *Grafička dorada*, Školska knjiga, Zagreb
11. Pogonska dokumentacija „Grafičara – tvornice vreća d.o.o.“ (2010). *Održavanje-popis strojeva*, Borovljani
12. Babić, D. (1998). *Uvod u grafičku tehnologiju*, Grafički centar za ispitivanje i projektiranje d.o.o., Zagreb
13. Bolanča, S. (1997). *Glavne tehnike tiska*, Acta Graphica, Zagreb

STANDARDI I NORME:

14. HRN ISO 536 Papir i karton – Određivanje gramature
15. HRN ISO 1974 Papir – Određivanje otpora na cijepanje (Elmendorfova metoda)
16. HRN ISO 1924 -1 Papir i karton – Određivanje vlačnih svojstava -
1. dio: Metoda stalnog opterećenja
17. HRN ISO 2758 Papir – Određivanje otpornosti jačine pucanja
18. HRN ISO 535 Papir i karton – Određivanje sposobnosti upijanja vode – Cobbova metoda
19. T 404 cm – 92 Tensile breaking strength and elongation of paper and paperboard

20. T 410 om – 98 Grammage of paper and paperboard (weight per unit area)
21. T 411 om – 97 Thickness (caliper) of paper, paperboard and combined board
22. T 414 om – 98 Internal tearing resistance of paper (Elmendorf-type method)
23. T 494 om – 96 Tensile properties of paper and paperboard
24. T 441 om – 98 Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper, paperboard, and corrugated fiberboard (Cobb test)
25. T 403 om – 10 Bursting strength of paper

PRILOZI

1. Smeđi standard kraft papir 60 g/m² dobavljača 1
2. Smeđi standard kraft papir 70 g/m² dobavljača 1
3. Smeđi standard kraft papir 80 g/m² dobavljača 1
4. Smeđi standard kraft papir 60 g/m² dobavljača 2
5. Smeđi standard kraft papir 70 g/m² dobavljača 2
6. Smeđi standard kraft papir 80 g/m² dobavljača 2
7. Smeđi semi extensible kraft papir 70 g/m² dobavljača 1
8. Smeđi semi extensible kraft papir 80 g/m² dobavljača 1
9. Smeđi semi extensible kraft papir 70 g/m² dobavljača 2
10. Smeđi semi extensible kraft papir 80 g/m² dobavljača 2
11. Bijeli standard kraft papir 70 g/m² dobavljača 3
12. Bijeli standard kraft papir 80 g/m² dobavljača 3
13. Bijeli semi extensible kraft papir 70 g/m² dobavljača 3
14. Bijeli semi extensible kraft papir 80 g/m² dobavljača 3
15. Bijeli standard kraft strojno glatki papir 70 g/m² dobavljača 4
16. Bijeli standard kraft strojno glatki papir 80 g/m² dobavljača 4