

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

**TAMARA IMBRIOVČAN**

**UTJECAJ PARAMETARA PAPIRNE  
SIROVINE NA KORITAVOST  
VALOVITOG KARTONA**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

**TAMARA IMBRIOVČAN**

**UTJECAJ PARAMETARA PAPIRNE  
SIROVINE NA KORITAVOST VALOVITOG  
KARTONA**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:  
Prof.dr.sc. Darko Babić

Student:  
Tamara Imbriovčan

Zagreb, 2013

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

*Zahvaljujem profesoru Darku Babiću i profesorici Branki Lajić koji su kroz pet godina mojeg studiranja održavali svoj mladenački duh, volju i ljubav prema ambalaži.*

*Zahvaljujem radnicima Bilokalnik IPA – e koji su mi strpljivo pomagali u istraživanju i otkrivanju ključnog problema teme mojeg diplomskog rada na nemilosrdnih pedeset i više stupnjeva Celzijusevih.*

*Ovaj rad posvećen je mojoj majci Mileni bez čije snage, bezuvjetne ljubavi i žrtve ne bih bila ono što danas jesam.*

## **SAŽETAK**

Valoviti karton je grafički proizvod čija kvaliteta ovisi o stroju na kojem se proizvodi i o parametrima sirovina od kojih se proizvodi. Da bi se proizveo gotovo savršen proizvod, moraju se promatrati svi ulazni parametri sirovina iz kojih se izrađuje valoviti karton, a te sirovine su papir i ljepilo. Cilj ovog rada jest istražiti koji parametri papirne sirovine moraju biti nepromjenjivi tokom cijele proizvodnje kako bi se izbjegla pojava koritavosti, savijanja valovitog kartona. Metoda ovog istraživanja obuhvaća promatranje ulaznih parametara papirne sirovine, kao što su vlaga papira, temperatura, papira, vrsta i gramatura, a isto tako vrlo je važno uskladiti parametre papira s radnim specifikacijama stroja. Obradom statističkih podataka i uočavanjem koritavosti na gotovom grafičkom proizvodu donijeti će se zaključak koji će pokazati kako postići proizvodnju visoko kvalitetnog grafičkog proizvoda isključivo kontrolom uvjeta proizvodnje i parametara sirovina koje se koriste, bez obzira na stroj.

**Ključne riječi: sirovina, koritavost, valoviti karton, parametar**

## **ABSTRACT**

Corrugated cardboard is a graphic product which quality depends on the machine on which is being produced and on the material parameters of which is being produced. It is required to observe all input material parameters from which the corrugated cardboard is being produced, and that materials are paper and glue. Purpose of this paper is to explore which parameters of paper material must be permanent during the production to avoid warp appearance, incurvation of corrugated cardboard. Method of this research includes observing input parameters of the paper material, such as moisture of the paper, temperature of the paper, type and weight, and also it is very important to harmonize parameters of the paper with operating specifications of the machine. Processing of the statistical data and noticing the warp on the finished graphic product will lead to the conclusion which will show how to achieve the production of high quality graphic product entirely with control of the conditions of the production and parameters of the materials which are being used, regardless on machine.

**Key words: material, warp, corrugated cardboard, parameter**

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. Povijest valovitog kartona.....	2
2.2. Valoviti karton .....	3
2.2.1. Oblik i građa valovitog kartona.....	3
2.2.2. Oznake valova i dimenzije .....	5
2.3. Materijali za proizvodnju valovitog kartona.....	7
2.3.1. Papiri.....	7
2.3.2. Ljepilo.....	9
2.4. Proizvodnja valovitog kartona .....	11
2.5. Koritavost.....	16
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	23
3.1. Postupak mjerenja .....	23
3.2. Uređaji.....	24
4. REZULTATI I RASPRAVA .....	26
5. ZAKLJUČAK.....	53
6. LITERATURA.....	55

## 1. UVOD

Valoviti karton je jedan od najrasprostranjenijih grafičkih proizvoda. Sastoji od jednog ili više slojeva papira međusobno slijepljenih od kojih jedan čini val. Valoviti karton koristi se za izradu mnogih grafičkih proizvoda, a najviše za izradu kutija kao što su transportne kutije i kutije za skladištenje.

Kako bi proizvod koji se izrađuje od valovitog kartona zadovoljio sve kvalitativne uvjete, potrebno je dovesti proizvodnju valovitog kartona do vrlo visoke kvalitete. U procesu proizvodnje valovitog kartona dolazi do brojnih problema koji umanjuju kvalitetu i vrijednost valovitog kartona kao proizvoda za izradu ambalaže. Jedan od tih problema poznat je kao koritavost valovitog kartona. Zbog neujednačenih parametara sirovine od koje se izrađuje valoviti karton i parametara stroja na kojem se izrađuje, dolazi do savijanja rubova ili cijele površine kartonskih ploča. Takve izvijene kartonske ploče nisu odgovarajući materijal za izradu ambalaže. Zbog svoje neravne površine ne mogu ostvariti potpunu zadaću koja im je namijenjena. Tako može doći do pucanja kartonske kutije prilikom upotrebe, do zastoja prilikom otiskivanja kutija, kod izrezivanja, savijanja i lijepljenja kutija i ostalih doradnih procesa.

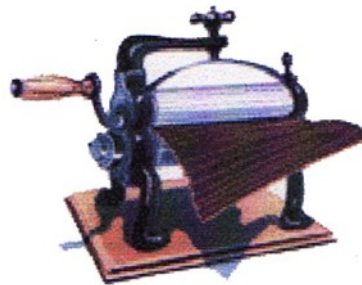
U tvornici Bilokalnik IPA – industrija papirne ambalaže, promatrati će se proizvodnja valovitog kartona na stroju za izradu valovitog kartona, Velpap-u. Usklađivanjem parametara svih materijala koji su uključeni u proizvodnju, a isto tako i parametara stroja na kojem se proizvodi, može se značajno umanjiti pojava koritavosti. Ovakvo istraživanje pomoći će tvornici Bilokalnik IPA, a isto tako i ostalim tvornicama koje proizvode papirnu ambalažu, jer cilj ovog istraživanja nije sadržan u promjeni sustava tvornice (strojeva, materijala, radne snage) već u kontroli uvjeta same proizvodnje kontroliranjem i praćenjem parametara ulaznih sirovina.



## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Povijest valovitog kartona

Valoviti karton prvi puta javlja se u viktorijanskoj Engleskoj 1856. godine, a koristio se kao potpora i oblik kod izrade visokih šešira [1]. Dva Engleza Charles Healey i Eduard Allen izumili su ručni stroj koji se sastojao od dva rebrasta valjka (slika 1) [2]. Prolaskom papira kroz stroj nastao je valoviti karton.



Slika 1. Ručna naprava za izradu valovitog sloja

(Izvor: <http://www.embasold.com.br/historia.htm>)

Prva upotreba valovitog kartona u funkciji materijala za izradu ambalaže zabilježena je 1871. godine, kada su izrađene prve kutije od valovitog kartona. Patent za kutiju od valovitog kartona osmislio je Albert Jones, a do tada staklene boce i neki drugi lako lomljivi predmeti šttili su se sijenom ili isječenim i nagužvanim trakama papira. Takva kutija bila je izrađena od valovitog kartona s jednim ravnim papirnim slojem i jednim valovitim papirnim slojem. 1874.godine Oliver Long unaprijedio je razvoj valovitog kartona tako da je postojeći valoviti papir spojio s jednim ravnim slojem kako bi izbjegao istezanje valovitog sloja, a rezultat je bio valoviti karton koji je služio za zaštitu i omatanje predmeta nepravilnog oblika. 1881.godine George Smyth izumio je prvi mehanički stroj koji je proizvodio jednostrani valoviti karton. Prvi beskonačni stroj za izradu valovitog kartona koji je postojećem valovitom kartonu s jednim ravnim i jednim valovitim slojem dodao još jedan ravni sloj izumio je Jefferson T. Ferres

1895.godine. Dva ravna sloja koja su bila priljubljena s obje strane valovitog stroja činila su troslojni proizvod koji je bio čvrst i manje fleksibilan od prethodnog dvoslojnog, te je osiguravao zaštitu kod skladištenja i transporta različitih predmeta, od njihove proizvodnje pa sve do uporabe.

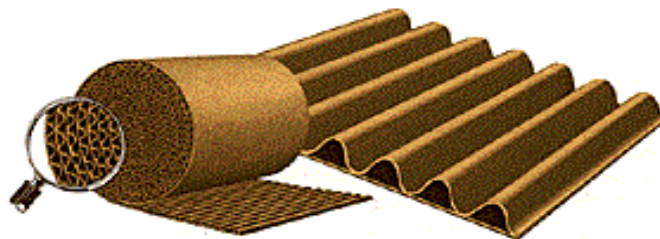
Tako je izumljen proizvod danas poznat kao valoviti karton. Na prostorima Republike Hrvatske prvi put se javlja 1960.godine, gdje je nastao kao rezultat proizvodnje ambalaže od valovitog kartona u tvornici Belišće [3]. Do tada proizvodi su se pakirali u drvenu ambalažu i prevozili željezničkim prometom. S obzirom da je papirna ambalaža imala puno više prednosti u odnosu na drvenu ambalažu, proizvodnja papira i ambalaže od papira rasla ubrzano je rasla i napredovala.

## 2.2. Valoviti karton

### 2.2.1. Oblik i građa valovitog kartona

Valoviti karton je tvrdi ambalažni materijal koji se sastoji od najmanje jednog valovitog i jednog ravnog papirnog sloja slijepljenih u jednu cijelinu [4].

Dvoslojni valoviti karton (slika 2), dvoslojac, najjednostavnija je izvedba valovitog kartona prisutna na tržištu. Sastoji se od sloja ravnog papira slijepljenog sa slojem valovitog papira. Lako je savitljiv, pa se koristi kao materijal za zaštitu od oštećenja, kao obložni ili omotni materijal, za završne radove u građevinarstvu, za razne podloge, u transportu te u drvenoj industriji za omatanje drvenog namještaja [5].



Slika 2. Dvoslojni valoviti karton

(Izvor: <http://behkarbord.com/corrugated.htm>)

Troslojni valoviti (slika 3) karton sastoji se od unutarnjeg valovitog sloja i dva ravna sloja papira. Upotrebljava se za izradu transportne i komercijalne ambalaže.



Slika 3. Troslojni valoviti karton

(Izvor: [http://www.preventandsave.ie/Wall\\_structure.html](http://www.preventandsave.ie/Wall_structure.html))

Peteroslojni valoviti karton (slika 4) je čvršći pa se upotrebljava u izradi transportne ambalaže u koju se pakiraju proizvodi veće mase [6]. Sastoji se od dva valovita sloja i tri ravna sloja koji su međusobno slijepljeni. Takvi valoviti slojevi najčešće su kombinacija različitih vrsta valova. U tvornici Bilokalnik – IPA proizvodi se peteroslojni valoviti karton izrađen od B i C vala – kombinacija B vala (sitni) i C vala (krupni), i peteroslojni valoviti karton izrađen od B i E vala – kombinacija B vala (sitni) i E vala (mikroval).



Slika 4. Peteroslojni valoviti karton

(Izvor: [http://www.preventandsave.ie/Wall\\_structure.html](http://www.preventandsave.ie/Wall_structure.html))

Sedmeroslojni valoviti karton (slika 5) nastaje tako da se peteroslojnom valovitom kartonu doda jedan ravni sloj i jedan valoviti sloj papira. Sedmeroslojni valoviti karton je krući od peteroslojnog, teško se probija pa se koristi za izradu posebnih kutija za pakiranje strojeva i uređaja velike mase.



Slika 5. Sedmeroslojni valoviti karton

(Izvor: [http://www.preventandsave.ie/Wall\\_structure.html](http://www.preventandsave.ie/Wall_structure.html))

### 2.2.2. Oznake valova i dimenzije

Oblik vala definiran je s tri parametra (slika 6): visinom vala, koju definira udaljenost između vrha i dna šupljine vala; korakom vala, razmakom vrhova dvaju susjednih valova; te brojem valova, brojem valova sadržanih u jednom metru kartona.



Slika 6. Prikaz mjera za dužinu i visinu vala

Tablica 1. Vrste valova i njihove dimenzije prema standardu DIN - 55468

Naziv vala	Oznaka vala	Visina vala [mm]	Korak vala [mm]	Broj valova /m
sitni val	B	2,5 - 3,4	6,3 - 6,6	152 - 159
krupni val	C	3,5 - 4,4	7,3 - 8,1	123 - 137
mikro val	E	1,5 - 2,4	3,2 - 3,4	294 - 313

Valoviti karton s obzirom na visinu vala ima oznake A, B, C, E, F, R i N.

A val je najviši pa valoviti kartoni izrađeni s A valom najbolje podnose udarce jer osigurava najduži put “kočenja“, ali imaju malu čvrstoću na tlak. Valoviti karton izrađen s A valom ima najveću čvrstoću na probijanje. Koristi se za pakiranje proizvoda koji su osjetljivi na udarce za vrijeme transporta i skladištenja.

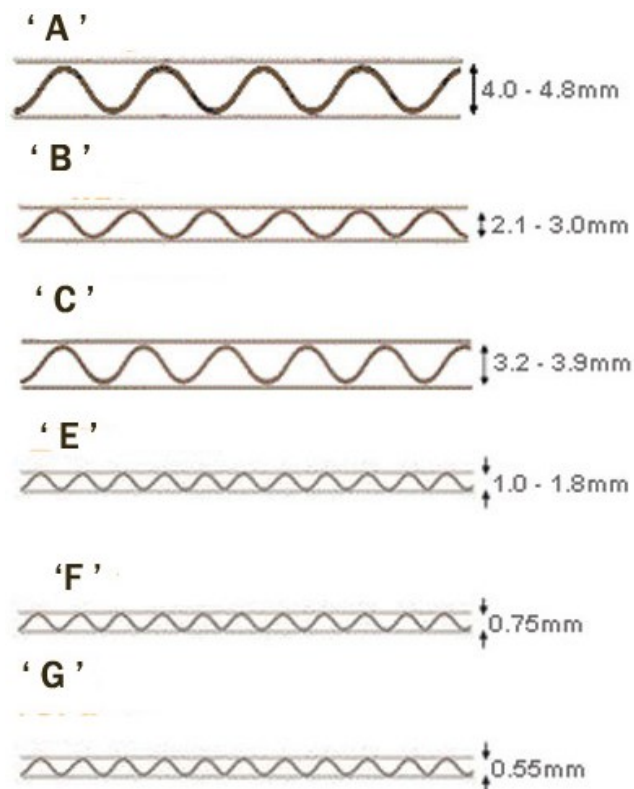
B val ima veću otpornost na tlačenje pa može izdržati veće opterećenje na jedinicu površine, no slabo podnosi dinamička opterećenja. Ima manju čvrstoću na savijanje u smjeru pružanja vala nego A val, ali zato ima veću čvrstoću na savijanje u okomitom smjeru na smjer pružanja vala.

C val je kombinacija između A i B vala te je i po mehaničkim karakteristikama između A i B vala. Najčešće se koristi u izradi transportne ambalaže (oko 80% ambalaže je napravljeno u C valu).

E val ima najveću čvrstoću na tlak a najmanju na savijanje. Valoviti karton s E valom je tanak čime mu je omogućeno visokokvalitetno otiskivanje koje nije izvedivo na debljim valovitim kartonima. Upotrebljava se u izradi valovitog kartona za pakiranje proizvoda koji su namijenjeni tržištu (kozmetika, krhki stakleni i keramički proizvodi, osjetljivi instrumenti i slično).

F val je sitniji val od E vala te ga vrlo malo proizvođača proizvodi. Razvijen je u Europi s namjerom da se napravi ambalaža s manjim sadržajem vlakana.

Postoji još i val N, koji je najfiniji val i specijalno projektiran za direktni litografski tisak, te R val koji omogućuje kvalitetniji tisak, pruža značajnu uštedu u logistici u smislu uštede prostora.



Slika 7. Prikaz visine A, B, C, E, F i G vala

(Izvor: <http://www.corrugatedboxmanufacturersinmumbai.com/corrugated-flutes.Sizes-and-profiles-for-corrugated-boxes.html>)

### 2.3. Materijali za proizvodnju valovitog kartona

Za proizvodnju valovitog kartona osnovne sirovine koje se koriste su papir i ljepilo. Kako bi se dobio zadovoljavajući grafički proizvod, obje sirovine moraju ispunjavati visoke kvalitativne zahtjeve i točno određene parametre za proizvodnju.

#### 2.3.1. Papiri

Valoviti sloj ili *fluting* oblikuje se od papira koji imaju mehanička svojstva za tu svrhu. *Fluting* je papir izrađen od poluceluloze, kemijske drvenjače, celuloze, starog papira, slamovine ili njihovih mješavina. *Fluting* pokazuje najvišu krutost. Proizvodi se

dijelom mehaničkim, a dijelom kemijskim putem. Prema nekim standardima može sadržavati najviše od 10 do 50% vlakanaca starog papira. Proizvodi se u gramaturi od 112 do 180 g/m<sup>2</sup> i daje veliku čvrstoću valu [4].

Ravan sloj ima u sastavu valovitog kartona drukčiju ulogu, za njegovu proizvodnju upotrebljava se papir drukčijeg sastava. Za izradu ravnih slojeva valovitog kartona upotrebljavaju se papiri kraftliner, testliner i šrenc.

*Kraftliner* je strojno izrađen glatki papir pretežito od nebijeljene celuloze četinara (sulfatna celuloza). Njegova površinska masa može biti između 125 i 450 g/m<sup>2</sup>. Ima najviša svojstva čvrstoće. Može biti nebijeljen tako da ima svoju izvornu boju, bijeli koji je potpuno izbijeljen i može biti bijeli s jedne strane.

*Testliner* se izrađuje od dva ili tri sloja papira iz celuloznih vlakna ili prerađenog starog papira. Osnovni sloj načinjen je od starog papira, a vanjski slojevi od sulfatne celuloze. Obje su strane različito obojene, pri čemu jedna strana može biti bijela. Njegova površinska masa se kreće između 125 i 450 g/m<sup>2</sup>.

*Šrenc* je žilava i savitljiva tanka ljepenka, odnosno omotni papir sive boje, nekeljen, jednostrano gladak i izrađen od otpadaka papira, ljepenke i novinskoga papira. Njegova površinska masa je od 100 do 360 g/m<sup>2</sup>. Služi za izradu unutarnjih dijelova valovitog kartona.

Postoje još i oplemenjeni papiri koji se u samoj proizvodnji obogaćuju kemijskim spojevima. Ti kemijski spojevi mogu biti različita punila koja su dodana masi u proizvodnji papira. Oplemenjeni papiri imaju poboljšana svojstva od neoplemenjenih papira, i tako daju veću kvalitetu proizvodu koji se izrađuje od njih.

Koji će se papir upotrijebiti za proizvodnju valovitog kartona ovisi o namjeni. Papiri većih gramatura upotrebljavaju za transportnu ambalažu, dok se za izradu ambalaže namijenjene tržištu koriste papiri manjih gramatura. Od papira koji se koriste za izradu valovitog kartona zahtjeva se da imaju određena svojstva. Papiri za izradu valova moraju imati određenu otpornost na gnječenje, dok papiri za ravne slojeve moraju biti otporniji na pucanje. Papir za val mora biti čvrst te uvijek mora imati oblik koji ima val na valjku kojim se oblikuje valoviti papir, što pridonosi ujednačenoj čvrstoći valovitog

kartona. Papiri moraju dobro prihvaćati ljepilo kako bi se mogli spajati s drugim slojevima. Isto tako papir mora imati takva svojstva da mu se struktura ne mijenja pri proizvodnji valovitog kartona prilikom prolaska kroz ugrijane valjke. Ne smije pucati na rubovima pri savijanju valovitog kartona, a istodobno mora biti elastičan i tvrd. Ovisno o potrebi, od papira se zahtijeva otpornost na atmosferske utjecaje.

Valoviti karton se u načelu može razlikovati prema tri kriterija: prema strukturi, prema sirovinskom sastavu i prema vrsti vala.

### 2.3.2. Ljepilo

Ljepilo mora ispunjavati sljedeće zahtjeve. Zadaća ljepila jest potpuno slijepiti listove papira kako bi osigurala jedinstvena čvrstoća kartona. Viskozitet i tečnost ljepila moraju biti stabilni u dužem vremenskom razdoblju i moraju osigurati besprijekoran prijenos s valjaka na papir. Ljepilo mora posjedovati i zadovoljavajuću moć upijanja, odnosno penetracije kod gušćih papira, ali opet ne pretjeranu tako da potpuno ne nestane u papirima koji imaju povećanu moć upijanja. Također, ljepilo ne smije sadržavati previše vode i mora imati brzu ljepljivost na dodir, tako da povezivanje nastaje već u vlažnom stanju. Suvišak vode, koja predstavlja sredstvo za rastvaranje i transport ljepila, najprije se mora prihvaćati za materijal, a potom se mora postepeno osloboditi i ispariti. Ljepilo mora dati čvrst i ujedno elastičan film. Ne smije uzrokovati nikakvu koroziju na metalnim dijelovima stroja i mora se moći lako odstraniti ako do njih dođe, kako se ne bi oštetili dijelovi stroja. Prilikom reciklacije valovitog kartona ljepilo ne smije loše utjecati na ponovno upotrebene ostatke papira i stari karton. Ljepilo mora imati takva svojstva da omogućuje čvrsto lijepljenje na mokro, i ujedno ne smije štetiti zdravlju ljudi koji su u doticaju s njim.

Idealna sirovina za izradu ljepila je nativni škrob koji se dobiva iz kukuruza. Škrob koji se koristi u tvornici Bilokalnik – IPA za izradu ljepila mora se kuhati. Prema kemijskoj recepturi postoje ljepila većeg ili manjeg viskoziteta, ovisno za koji se val upotrebljavaju. Ljepilo se usavršava dodavanjem natrijeve lužine, vode, boraksa i dodatkom biocida.



Receptura po kojoj se priprema ljepilo u Bilokalnik – IPA tvornici jest Steinhall receptura [7].

Priprema ljepila je automatska i kontrolira se preko zaslona. Postoji 6 receptura za pripremu ljepila, a najviše se koristi RM1 (za val) i RM3 (za E val) receptura. Ljepilo se kuha u dvije faze. Prva faza je kuhanje s toplom vodom koja ima temperaturu od 60 do 65°C. Dodaje se određena količina sastojaka te se nakon toga smjesa miješa. U drugoj fazi se dodaje hladna voda i ostatak sastojaka za konačnu količinu i svojstva ljepila. Prva faza predstavlja nosač za škrob koji se dodaje u drugu fazu. Prva faza miješanja traje oko 30 minuta, dok druga traje oko 15 minuta dok se ne postigne željeni viskozitet. Viskoznost ili unutarnje trenje je otpor tekućina i plinova koje pružaju kod međusobnog kretanja njihovih slojeva. Tekućine pružaju otpor prema objektima koji se urone u njih, te dolazi do pokretanja slojeva tekućine različitim brzinama [8]. Preko digitalnog zaslona kontrolira se kuhanje ljepila – provjerava se da li je stroj dodao dovoljnu količinu sastojaka prilikom kuhanja ljepila, ovisno o odabranoj recepturi. Propisani viskozitet ljepila mora biti između 60 i 120 sekundi, a mjeri se količinom vremena u sekundama koje je potrebno da istječe 100ml ljepila kroz otvor na viskozimetru koji ima volumen 200 ml. Viskozitet mjeri operater uzimanjem uzorka ljepila iz bazena i mjerenjem. Ako viskozitet odstupa, pristupa se pripremi ljepila iz vreća prema određenoj recepturi. Škrob iz vreća se koristi i kada stroj za proizvodnju valovitog kartona ne radi preko vikenda a ostane ljepila u bazenima. Takvom ljepilu kroz vikend padne viskozitet te ga je potrebno nadograditi škrobom iz zalihe. Ljepilo se prepumpava u staru miješalicu iz bazena i nadodaje se škrob iz vreća sve dok se ne postigne željeni viskozitet. Kada se izmiješa, ljepilo se vraća natrag u bazene.

Na viskozitet možemo utjecati promjenom količine škroba (mala odstupanja imaju velik utjecaj), mijenjanjem intenziteta miješanja, mijenjanjem vremena miješanja, mijenjanjem temperature i dodavanjem boraksa.

Ljepilo se mora prilagoditi vlazi i temperaturi papira, i viskozitet ljepila mora odgovarati vlažnosti papira uz zadovoljavanje uvjeta za postizanje točke gela. Receptura za pripremu ljepila za svaki val mora se prilagoditi vrsti i parametrima papira.

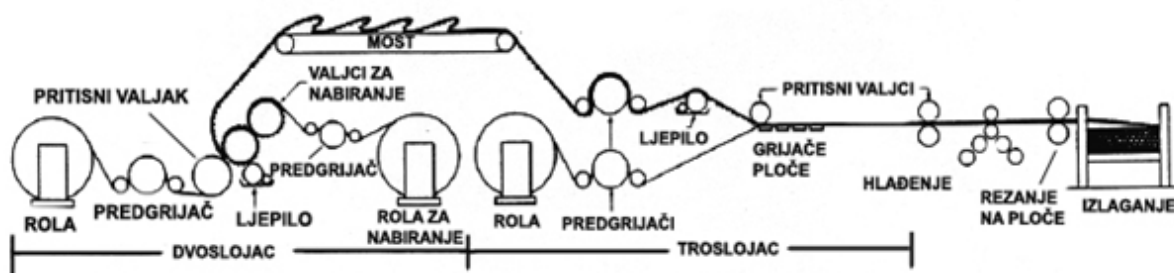


Slika 8. Lijevo – spremnik za pohranu i miješanje ljepila, desno – zaslon na kojem se kontroliraju parametri ljepila

#### 2.4. Proizvodnja valovitog kartona

Stroj za proizvodnju valovitog kartona ili *Velpap* proizvodi ploče valovitog kartona od papira koji se na uređaj ugrađuje u rolama.

Papir se obrađuje parom i ljepilom. Prvo se papir za valoviti sloj žlijebi prolaskom između dvaju rebrastih valjaka pod djelovanjem temperature, vlage i tlaka. Ljepilo se nanosi na vrhove valovitog sloja i slijedi lijepljenje ravnog papira na valoviti papir kako bi se izradio dvoslojni valoviti karton. Trake dvoslojnog valovitog kartona se prenose do dijela stroja gdje se nanosi ljepilo na jednu ili više traka dvoslojnog valovitog kartona i sljepljuju se trake dvoslojnog valovitoga kartona s trakom ravnoga papira. Tako se proizvede troslojni valoviti karton. Slijedi pritisak i sušenje trake.



Slika 9. Shematski prikaz stroja za izradu valovitog kartona – *Velpap*

Na prvom agregat; prvoj glavi ili *single facer-u* proizvodi se dvoslojni valoviti karton. Valoviti karton izrađuje se od papirne role smještene na nosaču role. Nosač (odmatač) se sastoji se od dva dijela kako bi se promjena role mogla odvijati bez prekida proizvodnog procesa.

Odmatač služi za prihvaćanje rola, smještanje u centar stroja, te pravilno kočenje papirne trake za dobro formiranje valova. Predgrijač je smješten između nosača trake ravnog papira i glave s valovitim valjcima, a sastoji se od čeličnog cilindra promjera 900 mm i zagrijava se parom temperature od oko 180°C. Traka prolazi preko cilindra i zagrijava se kako bi se povisila njezina sposobnost prihvaćanja ljepila. Zagrijanost papira ovisi o dodirnoj površini sa cilindrom predgrijača, a regulira se pomoćnim valjcima.

*Splicer* ili uređaj za izmjenu rola bez zaustavljanja stroja, u sebi sadrži zalihi papira dovoljnu da se izvrši spajanje nove na staru rolu. Kod izmjene rola zaustavlja se rola koja je pri kraju, a pokreće se pripremljena rola. Budući da prvi agregat mora smanjiti brzinu u odnosu na brzinu cijele linije kako ne bi došlo do pucanja dvoslojne trake, koristi se zaliha s mosta.

Najvažniji dio prvog agregata su valoviti valjci gdje se traka papira za valoviti sloj žlijebi, a zatim lijepi s ravnim slojem papira. Rebrasti valjci su izrađeni od posebno obrađenog čelika, imaju površinsku tvrdoću do 65 HRC (izražena tvrdoća po Rockwellu) i mogu raditi i do 40 milijuna metara, što ovisi o papirima koji se koriste u proizvodnji. Papir za valoviti sloj prolazi između gornjeg i donjeg rebrastog valjka koji su zagrijani parom na oko 180°C. U trenutku prolaska između valjaka, traka papira ima

veću brzinu od obodne brzine valjka. Papir pripremljen za valoviti sloj (*fluting*) pod djelovanjem topline od 180°C, vlage i pritiska preuzima oblik valjka za žlijebljenje. Papir za val mora se prethodno zagrijati i navlažiti zasićenom parom pritiska od 2 do 3 bara, da bi se lakše formirao u val. Na vrhove valovitog papira nanosi se ljepilo i to pomoću valjka uronjenog u kadu s ljepilom i drugog valjka kojim se regulira nanos. Traka ravnog papira istodobno prelazi preko predgrijača gdje se zagrijava, zatim preko pritisknog valjka na traku valovitog papira, te se pritisne i s njime slijepi. Tako nastaje dvoslojni valoviti karton. Traka dvoslojnog valovitoga kartona transportnim mostom odlazi do drugog agregata (treća glava). Para ulazi u valjke kroz parnu glavu, a isto tako kroz nju izlazi kondenzat.



Slika 10. Rebrasti valjci koji služe za izradu valovitog sloja

Uređaj za kaširanje (treća glava) ili *double facer* jednu ili više traka dvoslojnog valovitog kartona spaja s trakom ravnog papira i lijepi [9]. Predgrijač može biti dvostruki, trostruki ili četverostruki, a zagrijava traku dvoslojnog valovitog kartona i traku ravnog papira za ravni sloj. Valjak za nanošenje ljepila kreće se nešto sporije od same trake dvoslojnog valovitog kartona, i kod proizvodnje svih valova brzina je ista. Zadnji dio drugog agregata - uređaj za sljepljivanje odnosno sušara sastoji se od grijaćih ploča i remena. Sušara obuhvaća sušenje i transport papira do izlagaće platforme. Grijaće ploče sastoje se od čeličnih cijevi instaliranih poprečno u odnosu na smjer kretanja trake. Grijaće ploče daju toplinu potrebnu za vezanje škroba u ljepilu i zaslužne

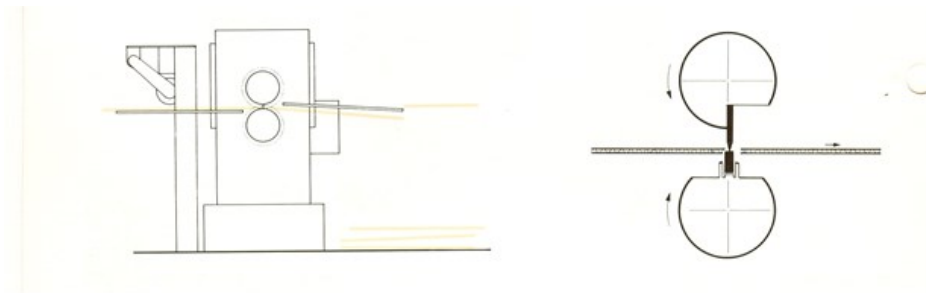
su za potpuno sljepljivanje. Grijaće ploče kartona otklanjaju vodu s valovitog kartona dovedenu ljepilom.



Slika 11. Drugi agregat spojen na sušaru

Vanjski ravni sloj valovitog kartona prelazi direktno preko grijaćih ploča. U kontaktu s prvim pločama škrob se u ljepilu odmah želira i pri tome sljepljuje jednu traku s drugom. Pomoću valjaka za pritisak gornji remen pritišće traku valovitog kartona prema grijaćim pločama kako bi se postigao dobar toplinski prijelaz. U dio za sušenje spada i rezanje valovitog kartona (uzdužno i poprečno) kao i odlaganje i transport. Brzi poprečni rezač smješten je između uređaja za sljepljivanje i uređaja za žlijebljenje i rezanje. Njime se sa strane izrezuju otpadni dijelovi a služi i za mijenjanje formata pri čemu traku reže poprečno. Zatim traka dolazi na uređaj koji je uzdužno reže na željenu dimenziju. Ako ploča poslije ide na sloter (stroj za izradu prireza složive transportne kutije), onda se tu radi i žlijebljenje okomito na valove. Žlijebovi odgovaraju visini gotovih kutija.

Kratki poprečni rezač služi za poprečno rezanje kartona (slika 12). Kod promjene kvalitete, formata, te uklanjanja škarta potrebno je traku presjeći i to tako da se ne zaustavlja stroj. Za tu svrhu ugrađen je rotirajući nož koji reže na dužinu od otprilike 0,6 metara.



Slika 12 . Shematski prikaz poprečnog noža

U uređaju za uzdužno biganje i rezanje određuje se visina ili prva dimenzija formata iz kojeg se dalje u preradi izrađuje kutija i to tako da se prema zadanim dimenzijama postave rilovi i noževi, i to automatski putem unosa podataka u računalo. U stroju postoje dva odjeljenja. Prvo odjeljenje ima 12 pari kružnih rilova, tako da se može raditi maksimalno šest formata, a drugo odjeljenje ima 14 kružnih noževa za rezanje šest formata.

Poprečni rezač (slika 13) nalazi se iza uzdužnog rezača. Na njemu se reže druga dimenzija formata valovitog kartona. Najčešći uređaj za poprečno rezanje kod stroja za izradu valovitog kartona je uređaj s dva poprečna noža, a vrlo rijetko mogu biti uređaji s tri poprečna noža.

Traka valovitog kartona na kraju dolazi do poprečnog rezača koji ju reže na pravokutne ploče, slaže na kup i transportira u međuprostor (skladište). Proizvedene ploče valovitog kartona ne smiju biti ni previše vlažne ni previše suhe, moraju imati određenu vlažnost radi zadržavanja ili stjecanja elastičnosti koja je potrebna u izradi ambalaže.



Slika 13. Poprečni rezač

Izlagaća platforma je zadnji dio jednog *Velpap* stroja i služi za formiranje kupova gotovih formata iza poprečnih noževa. Obično radi na principu *down stacker* - platforma s kupom određenog formata kartonskih ploča spušta se prema dolje i kad se napuni, izbacuje se na transportni sistem za daljnje postupke prerade. Odlagačem se upravlja s centralnog računala jer o njegovom radu ovisi rad cijelog stroja.



Slika 14. Izlagaća platforma

## 2.5. Koritavost

Uzroci zbog kojih dolazi do koritavosti ili savijanja kartona mogu biti različiti. Najvažniji i najčešći uzrok koritavosti jest vlaga papira [10]. Papir se rasteže prilikom upijanja vlage, a sakuplja prilikom gubitka vlage. Koritavost se javlja ako dva papirna sloja valovitog kartona imaju različiti udio vlage. Zbog pretjerane ili preblage zategnutosti papirne trake može doći do koritanja kartona, a isto tako koritavost se može pojaviti i zbog slabije ili jače oštećenih valjaka u stroju za izradu valovitog kartona.

Čimbenici koji utječu na razliku vlage između slojeva papira mogu se javiti u proizvodnji papira, prilikom nanošenja ljepila, prilikom tuširanja parom, korištenjem dodataka u vodenom tušu i uklanjanjem vlage predgrijačem.

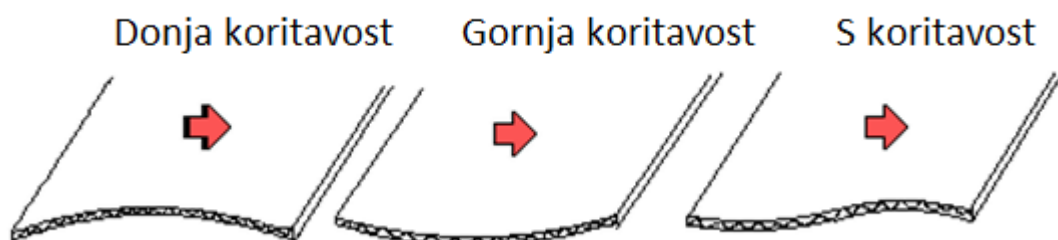
Koritavost definiraju tri čimbenika : smjer koritanja u odnosu na stroj, oblik korita, te u kojem dijelu proizvodnje je koritavost nastala.

Koritanje u smjeru toka proizvodnje, odnosno koritanje dužinom valovitog kartona je pojava koritavosti od jednog do drugog kraja kartonske ploče. Koritanje u smjeru poprečnom od toka proizvodnje je pojava koritavosti od lijeve do desne strane kartonske ploče. Kombinacija prethodno navedenih smjerova koritanja je dijagonalna koritavost kod koje se karton korita u smjeru dva nasuprotna kuta kartonske ploče.

Oblik koritanja odnosi se vidljivi profil valovitog kartona. Prema obliku koritanja, koritavost može biti normalna ili gornja, kod koje se rubovi kartona savijaju prema gore, obrnuta ili donja, kod koje se rubovi kartona savijaju prema dolje, i S koritavost kod koje se na jednoj kartonskoj ploči javljaju i gornja i donja koritavost, te kartonska ploča poprima oblik slova S.

Konačno određivanje pojave koritavosti odnosi se na mjesto gdje se koritavost pojavila. Karton se može koritati tijekom same proizvodnje, a isto tako može se i koritati nakon što gotovi valoviti karton napusti stroj. Koritavost uzrokuju neuravnoteženi parametri unutar stroja, parametri papirne sirovine ili ljepila, dok u nekim slučajevima koritavost može ovisiti o djelatniku koji upravlja strojem.

Koritavost u smjeru toka proizvodnje može biti gornja, donja i S koritavost. Ako su parametri unutar stroja loše podešeni, može doći do dimenzionalnih promjena u papiru gubitkom vlage. Ovakvo koritanje najčešće se javlja zbog nejednake napetosti papirnih slojeva kartona nakon sljepljivanja. Također, prevelika napetost papirne trake kod izrade valovitog sloja može uzrokovati uzdužnu koritavost.



Slika 15. Oblici koritanja u smjeru toka proizvodnje



Donja koritavost najčešće se javlja ako je donji papirni sloj prezategnut, a ostali slojevi nisu. Potrebno je otpustiti valjke koji osiguravaju napetost trake, povećati kočnicu na mostu na kojem se smještaju zalihe papira, smanjiti napetost ravnog papirnog sloja. Najbolji način za izbjegavanje donje koritavosti su dobro postavljene kočnice na mostu.



Slika 16. Donja koritavost kod kartonskih ploča E vala

Gornja koritavost javlja se ako je prevelika zategnutost papirne trake na mostu, a nedovoljna na ravnom sloju. Uzrok gornje koritavosti može biti i preveliki pritisak između prijenosnog valjka i valjka za lijepljenje. Zbog sporog kretanja valjka za nanos ljepila, u većini slučajeva pretjeran pritisak između prijenosnog valjka i valjka za nanos ljepila uzrok je pojave gornje koritavosti. Također može se pojaviti i dijagonalna koritavost ako prijenosni valjak nije savršeno usporedan s valjkom za nanos ljepila. Kako bi se to izbjeglo potrebno je otpustiti kočnicu na mostu, povećati napetost na valjku ravnog sloja i uskladiti prijenosni valjak s valjkom za nanos ljepila.

Predgrijači mogu uzrokovati mnogo kočenja u papiru i izazvati trenje. Mnogi strojevi imaju predgrijače koji su blokirani ili zbog tehničkih problema. Ulje i papirna nečistoća ne omogućuju pravilan rad predgrijača zbog upotrebe krivih ulja ili masti. Potrebno je koristiti ulje ili mast otpornu na visoke temperature kako bi se očuvali i zaštitili ležajevi predgrijača. Jednom kad se predgrijač zablokira na duži period, teško da će se opet pokrenuti. Ovakav problem može imati ogromne posljedice što se tiče koritavosti duž

papirne trake. Samo kod papira visokih gramatura od 300 do 400 gr/m<sup>2</sup> kočnica može pomoći u povećanju ili izjednačenju temperature papira.



Slika 17. Gornja koritavost kod kartonskih ploča B vala

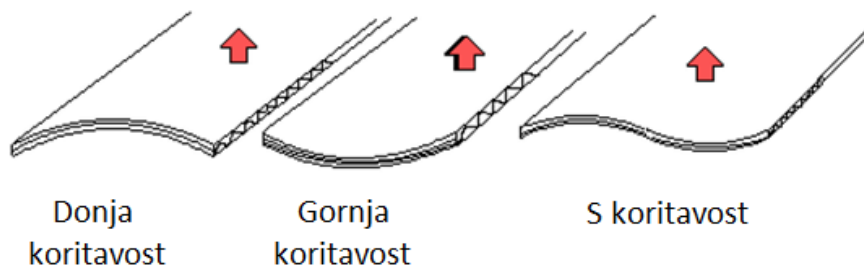
S koritavost naziv ima zbog karakterističnog oblika korita. Kartonska ploča savija se u obliku slova S. Ovaj oblik koritavosti izaziva najviše problema u doradi kartonskih ploča. Javlja se ako nanos ljepila na stroju za izradu valovitog stroja nije izjednačen duž cijele površine papira. Također, može se pojaviti ako na ravnom papirnom sloju određeni dio površine papira ima veću vlagu od preostale površine papira. Jedan od uzroka pojave S koritavosti jest i nejednak razmak između valjaka za nanošenje ljepila, oni moraju biti potpuno usporedni kako bi se osigurao potpuno isti nanos ljepila. Također, nejednaka napetost role papira i loš kontakt papirne trake s grijačima i predgrijačima dovodi do ovog oblika koritanja. Kako bi se izbjegla s koritavost, potrebno je osušiti vlažnije dijelove papira i izraditi profil vlage za papirnu rolu.



Slika 18. S koritavost na kartonskim pločama E vala

Glavni razlog zbog kojeg se javlja gornja ili donja koritavost je skupljanje papira. Papir je higroskopan, što znači da lako skuplja vodu. Ako voda dođe u doticaj s papirom, papir se širi, a nakon sušenja površina papira se smanjuje, odnosno papir se sakuplja. Rezultat toga je skupljanje papira. Skupljanje je uočljivije kad se vlažniji ravni sloj papira nakon sušenja skupi. Koritavost u većini slučajeva nije odmah nakon sušenja vidljiva, nego sem može pojaviti i u skladištu.

Koritavost u smjeru suprotnom od smjera proizvodnje valovitog kartona javlja se zbog razlika u vlazi između valovitog i ravnog sloja papira. Vlaga u valovitom sloju papira može doći od ljepila ili parnog tuša. Ovisno o vremenskom razdoblju u kojem papir putuje kroz most, vlaga može ispariti iz papira. Ako papirna traka putuje kroz most presporo, više vlage će ispariti iz papira. Ako papirna traka putuje prebrzo, manje vlage će ispariti iz papira. Nakon izlaska iz stroja, vlaga u papiru izjednačava se s vlagom u prostoru u kojem se nalazi. Tako dolazi do gubljenja vlage i sakupljanja lica i vala, dok naličje prikuplja vlagu i širi se, te se tako stvara gornja koritavost.



Slika 19. Koritavost u smjeru suprotnom od toka stroja

Koritavost se može smanjiti podešavanjem parametara na prvoj i trećoj glavi stroja za izradu valovitog kartona.

Za izbjegavanje donje koritavosti, na prvom agregatu potrebno je provjeriti i podesiti nanos ljepila na mostu koliko je god moguće. Može se smanjiti napetost papirne trake na valjku predgrijača, dok se na mostu treba smanjiti količina papira na minimum. Na drugom agregatu smanjuje se napetost papirne trake na predgrijaču, a povećava se napetost papirne trake na donjem predgrijaču. Ako je papir prevlažan potrebno ga je zamijeniti.

Gornja koritavost može se izbjeći podešavanjem nanosa ljepila na prvom agregatu, povećanjem napetosti papirne trake na predgrijaču i povećanjem količine papira na mostu na maksimum. Kod drugog agregata povećava se napetost trake na predgrijaču, i smanjuje se napetost papirne trake na donjem predgrijaču. Potrebno je smanjiti toplinu grijaćih ploča u sušari. Ako je papir prevlažan na prvoj glavi potrebno ga je zamijeniti.

S ili dijagonalna koritavost na prvom agregatu regulira se nanosom ljepila, valjci za nanos ljepila moraju biti paralelni, i žljebljeni valjak mora biti paralelan s valjcima za nanos ljepila. Na drugom agregatu svi predgrijači valjci moraju biti potpuno paralelni, a papir mora biti dovoljno zategnut i otporan na sve zagrijane površine. Ako je nejednaka vlaga širinom role, potrebno je promijeniti papir.

Pojava koritavosti je zapažena u manjem broju prilikom smanjenja vlage u ljepilu pomoću škroba. Nanos ljepila može se smanjiti ili povećati do određene količine kako bi se izbjegla pojava razlike u vlazi između papirnih slojeva.

Koritavost se može kontrolirati tako da se predgrijači i parni tuš mogu koristiti kao kontrolni parametri, a redovito kontroliranje i praćenje nanosa ljepila i temperature papira može smanjiti pojavu koritanja. Noviji, brži strojevi imaju puno više mogućnosti i lakši su za upravljanje. U većini slučajeva kvaliteta valovitog kartona koji se proizvodi ovisi o pažljivosti i spretnosti radnika koji kontrolira rad stroja.

Kod kvalitete valovitog kartona, koritavost je jedan od glavnih faktora koji je određuju. Koritavost se može smanjiti do određene granice i prihvatljive tolerancije.

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

Istraživanje uzroka koritavosti prilikom izrade valovitog kartona provedeno je praćenjem parametara materijala za izradu valovitog kartona. Mjereni su parametri papirne sirovine i ljepila, te parametri samog *Velpap* stroja.

U ovom radu praćena je pojava koritavosti prilikom izrade B vala, C vala i E vala. Izmjereno je 20 radnih naloga za svaki od tri prethodno navedenih valova. Ukupan broj uzoraka na kojima su provedena mjerenja je 60.

#### 3.1. Postupak mjerenja

Mjerenje svakog pojedinog radnog naloga obuhvaća više parametara. Za jedan radni nalog upisuje se datum, kupac, broj radnog naloga, dužni metri koji opisuju dužinu valovitog kartona kojeg treba proizvesti, radnu širinu koja opisuje širinu valovitog kartona, i kvalitetu. Ovi podaci upisani su u svakom radnom nalogu.

Sljedeći parametri mjere se elektronički ili ručno. Elektroničkim putem izmjereni su sljedeći parametri koji su prikazani na zaslonu računala. Na zaslonu računala koje je spojeno na sušaru prikazan je pritisak u sušari izražen u barima i pritisak glavne pare izražen u barima. Na zaslonu računala koja su spojena za određeni agregat stroja očitaju se nanosi ljepila izražen u mikrometrima. Na zaslonu koji je postavljen uz sušaru očitava se prosječna brzina proizvodnje u metrima po minuti. Temperatura pare u stupnjevima Celzijusa koja se dovodi u sušaru očitava se na termometru sa skalom koji je smješten neposredno u blizini sušare.

Sljedeći parametri mjere se ručno. Mjeri se vlaga papirnih rola s lijeve i desne strane u postocima. Temperatura papira, predgrijača, ulazne i izlazne pare rebrastih valjaka mjeri se termometrom i izražava u stupnjevima Celzijusa. Viskozitet ljepila mjeri operater pomoću viskozimetra koji mjeri koliko je vremena potrebno za istjecanje 100 ml ljepila kroz viskozimetar od 200 ml. Viskozitet ljepila izražen je i zabilježen u sekundama.

Vlaga u kartonskim pločama nakon rezanja mjeri se pomoću higrometra i izražava u postocima.

### 3.2. Uređaji

Za mjerenje temperature papira, ulazne i izlazne pare te predgrijača korišten je Raytek PM Plus infracrveni termometar (slika 20). Koristi se za nekontaktno mjerenje površinske temperature, kao što su staklene površine, termalne mase, motori, rasvjetna tijela i slično. Nakon mjerenja dolaznih dugovalnih infracrvenog zračenja, uređaj izračunava površinsku temperaturu koristeći vrijednosti za emisiju koje je unio korisnik. Pritiskom na gumb aktivira se laserska zraka koja označava točku na površini koja se mjeri. Na ekranu na samom vrhu uređaja očita se temperatura. Ovakav termometar može mjeriti temperaturu od 0 do 1600 stupnjeva Faradaya, ili od – 18 do 870 stupnjeva Celzijusa [11].



Slika 20. Raytek PM Plus infracrveni termometar

Za mjerenje vlage role papira korišten je uređaj higrometar Doser Messgerate D – 87269 (slika 21). Ovaj uređaj mjeri udio vlage u papiru u postocima. Na prednoj strani uređaja nalazi se skala s postocima od 2 do 12 i od 10 do 20, gumb sa skalom od 0 do

10 za određenu vrstu papira kojem se mjeri vlaga, te gumb za uključivanje i isključivanje uređaja. Uređaj ima tri metalne pločice koje se priljube uz papir kojem se mjeri vlaga. Može mjeriti vlagu unutar bilo kojeg materijala kao što su papir, drvo, vinil i slično, do dubine od 3cm. Uređaj kontrolira mikroprocesor koji na skali prikazuje točan i pouzdan rezultat. Ovakvi uređaji su dugotrajni [12].



Slika 21. Higrometar korišten za mjerenje vlage u rolama papira

Higrometar na slici 22 korišten je za mjerenje vlage gotovog valovitog kartona nakon što je izrezan i smješten na platformu. Mjeri se vlaga u papiru na lijevoj i desnoj strani te u sredini kartonske ploče. Na prednjoj strani uređaja nalazi se skala od 0 do 100 i od 4 do 12 u postocima.



Slika 22. Higrometar korišten za mjerenje vlage u gotovom valovitom kartonu



#### 4. REZULTATI I RASPRAVA

Provedena su mjerenja prilikom izrade tri vrste vala – B, C i E vala. Za svaki val izmjereno je 20 radnih naloga, odnosno uzoraka. Ukupno je obrađeno 60 uzoraka. Simboli korišteni u tablicama za oznaku pojave i vrste koritavosti su slijedeći: donja koritavost označena je simbolom „^“, gornja koritavost označena je simbolom „∩“, S koritavost označena je simbolom „S“. Izostanak koritavosti označen je riječju „RAVNO“. Kartonska ploča uvijek izlazi na izlagaću platformu okrenuta licem prema gore i naličjem prema dolje. Stoga je gornja koritavost koritavost prema licu, a donja koritavost je koritavost prema naličju.

Simboli korišteni u tablicama za oznaku vrste papira su slijedeći: bijeli papir označen je simbolom „B“, *kraftliner* papir označen je simbolom „K“, *testliner* označen je simbolom „T“, *fluting* papir označen je simbolom „F“.

„lux“ je oznaka za premazani papir, „PS“ je oznaka za papir namijenjen tisku, „HP“ je oznaka za papir visokog sjaja. Lice i naličje papira označava gornju ili donju stranu valovitog kartona – lice je papir na kojem se tiska.

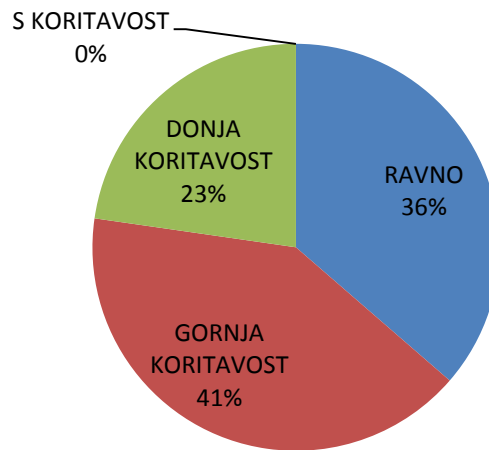
Najvažniji parametri pojave koritavosti su temperatura i vlaga papira, gramatura i vrsta papira, nanos i viskozitet ljepila, a u rezultatima je prikazan njihov utjecaj na pojavu koritavosti kod uzoraka.

Tablica 2. Pojava koritavosti kod uzoraka B vala

Redni broj	Napomena
1.	^, v
2.	RAVNO
3.	^
4.	RAVNO
5.	v
6.	v
7.	^
8.	v
9.	RAVNO
10.	v
11.	v
12.	v
13.	v
14.	RAVNO
15.	RAVNO
16.	RAVNO
17.	^
18.	RAVNO
19.	v
20.	^, RAVNO

U tablici 2. prikazana je pojava koritavosti kod uzoraka B vala. Kod mjerenja B vala od 20 uzoraka, uočena je pojava donje koritavosti od 23%, odnosno 5 od 20 uzoraka je imalo donju koritavost. Gornja koritavost javlja se u 41% slučajeva, odnosno 9 od 20 uzoraka je imalo gornju koritavost. 36% uzoraka proizvedeno je bez koritavosti ili je koritavost jednim dijelom naklade izostala, odnosno 8 od 20 uzoraka je bilo ravno. S koritavost javlja se u 0% slučajeva, odnosno izostala je.

Od 20 uzoraka B vala, 64% uzoraka proizvedeno je koritavo, dok je 36% uzoraka ravno, odnosno 14 uzoraka je koritavo a 6 uzoraka bilo je potpuno ravno kroz cijelu nakladu. Jedan uzorak imao je pojavu donje i gornje koritavosti, a jedan uzorak je imao pojavu donje koritavosti i ravno.

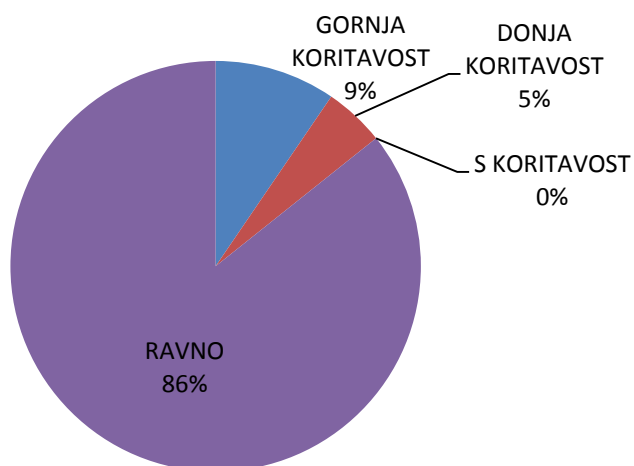


Slika 23. Grafički prikaz pojave koritavosti kod B vala

Tablica 3. Pojava koritavosti kod uzoraka C vala

Redni broj	Napomena
1.	RAVNO
2.	RAVNO
3.	RAVNO
4.	RAVNO
5.	RAVNO
6.	RAVNO
7.	RAVNO
8.	RAVNO
9.	∧
10.	RAVNO
11.	∪
12.	RAVNO
13.	RAVNO
14.	RAVNO
15.	RAVNO
16.	RAVNO
17.	RAVNO
18.	RAVNO, ∪
19.	RAVNO
20.	RAVNO

U tablici 3. prikazana je pojava koritavosti kod uzoraka C vala. Kod mjerenja C vala od ukupno 20 uzoraka, samo 9%, odnosno 2 uzorka imala su gornju koritavost. Donja koritavost zapažena je samo u 5% uzoraka, odnosno na jednom uzorku, dok je 86%, odnosno 17 uzoraka bilo potpuno ravno kroz čitavu nakladu. Jedan od uzoraka imao je ravnu nakladu i gornju koritavost. S koritavost nije uočena ni na jednom od uzoraka C vala.



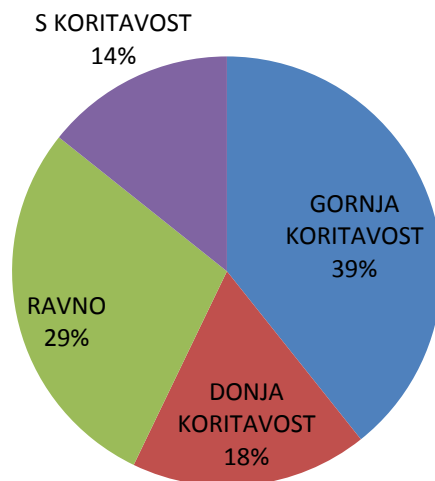
Slika 24. Grafički prikaz pojave koritavosti kod C vala

Tablica 4. Pojava koritavosti kod uzoraka E vala

Redni broj	Napomena
1.	∩, ^, S
2.	RAVNO, ∩, ^, S
3.	RAVNO
4.	S
5.	∩, ^, S
6.	RAVNO
7.	RAVNO
8.	RAVNO
9.	RAVNO
10.	∩
11.	∩
12.	RAVNO
13.	∩
14.	∩, ^
15.	∩
16.	∩
17.	RAVNO
18.	∩
19.	∩
20.	^

U tablici 4. prikazana je pojava koritavosti kod uzoraka E vala. Kod mjerenja E vala, uočena je pojava donje koritavosti od 18%, odnosno 5 od 20 uzoraka je imalo donju koritavost. Gornja koritavost javlja se u 39% slučajeva, odnosno 11 od 20 uzoraka je imalo gornju koritavost. 35% uzoraka bilo je ravno, odnosno 8 uzoraka, a od 8 uzoraka 7 ih je bilo potpuno ravno kroz cijelu nakladu. S koritavost javlja se u 14% slučajeva, odnosno 4 od 20 uzoraka ima S koritavost.

Od 20 uzoraka E vala, 71% uzoraka proizvedeno je koritavo, dok je 29% uzoraka ravno. Na jednom uzorku moguća je pojava više vrsta koritavosti, odnosno njen izostanak, tako da jedan radni nalog može biti i ravan i koritav. Na jednom od 20 uzoraka E vala pojavili su se sva tri oblika koritavosti i naklada je bila jednim dijelom ravna. Tri uzorka imala su pojavu sva tri oblika koritavosti. Jedan uzorak imao je pojavu donje i gornje koritavosti.



Slika 25. Grafički prikaz pojave koritavosti kod E vala

Temperatura papirne role prilikom proizvodnje ima veliku ulogu u kvaliteti konačnog proizvoda. Pomoću temperature na predgrijaćim valjcima ujednačava se temperatura na cijeloj širini papirne trake. Onaj dio površine papira koji ima veću temperaturu ima i manje vlage jer vlaga ispari, te zbog toga nejednaka temperatura papira može izazvati pojavu koritavosti.

Tablica 5. Pojava koritavosti kod uzoraka B vala s obzirom na temperaturu papira

Redni broj	Temperatura papira - naličje (°C)	Temperatura papira – lice (°C)	Napomena
1.	52	63	∧, ∪
2.	59	66	RAVNO
3.	56	69	∧
4.	58	69	RAVNO
5.	73	66	∪
6.	67	76	∪
7.	56	64	∧
8.	55	76	∪
9.	48	81	RAVNO
10.	46	67	∪
11.	61	64	∪
12.	52	66	∪
13.	52	69	∪
14.	69	70	RAVNO
15.	70	71	RAVNO
16.	53	66	RAVNO
17.	55	76	∧
18.	62	68	RAVNO
19.	57	68	∪
20.	60	73	∧, RAVNO

U tablici 5. prikazana je pojava koritavosti kod uzoraka B vala s obzirom na temperaturu papira lica i naličja – dvaju ravnih papirnih slojeva. Kod uzoraka koji imaju veću razliku u temperaturi između papira lica i papira naličja javila se koritavost. Donja koritavost rezultat je veće temperature naličja, i manje temperature lica. Papir koji ima veću temperaturu ima manje vlage i skuplja se, dok se papir koji ima manju temperaturu rasteže zbog veće količine vlage. Od 4 uzoraka koji imaju donju koritavost, temperatura naličja je manja od temperature lica. Razlika u temperaturi povezana je s pojavom koritavosti, ali ne i s pojavom oblika koritanja. Kod 7 uzoraka od ukupno 8 koji imaju gornju koritavost, razlika u temperaturi lica i naličja povezana je s oblikom koritanja,

gdje je temperatura lica veća od temperature naličja. Svih 8 uzoraka ima razliku u temperaturi lica i naličja i povezanost s pojavom koritavosti.

Od 13 uzoraka koji imaju pojavu koritavosti, 7 uzoraka pokazalo je povezanost razlike u temperaturi između lica i naličja s oblikom koritavosti. Donja koritavost povezana je s razlikom u temperaturi papirnih slojeva 0%, dok je gornja koritavost povezana s razlikom u temperaturi papirnih slojeva 87,5%.

Tablica 6. Pojava koritavosti kod uzoraka C vala s obzirom na temperaturu papira

Redni broj	Temperatura papira – naličje (°C)	Temperatura papira - lice (°C)	Napomena
1.	66	64	RAVNO
2.	62	57	RAVNO
3.	59	66	RAVNO
4.	58	67	RAVNO
5.	59	66	RAVNO
6.	62	73	RAVNO
7.	58	76	RAVNO
8.	52	68	RAVNO
9.	52	58	∩
10.	71	63	RAVNO
11.	68	74	∪
12.	58	74	RAVNO
13.	59	72	RAVNO
14.	55	71	RAVNO
15.	54	69	RAVNO
16.	58	72	RAVNO
17.	56	73	RAVNO
18.	55	62	RAVNO, ∪
19.	54	58	RAVNO
20.	66	66	RAVNO



U tablici 6. prikazana je pojava koritavosti kod uzoraka C vala s obzirom na temperaturu papira lica i naličja – dvaju ravnih papirnih slojeva. Jedan uzorak koji ima donju koritavost ima razliku u temperaturi između lica i naličja od 6°C. Temperatura naličja je manja, a temperatura lica veća. Razlika u temperaturi između papirnih slojeva povezana je s pojavom koritavosti ali ne i s oblikom koritavosti.

Jedan uzorak koji ima gornju koritavost ima razliku u temperaturi između lica i naličja od 6 °C. Temperatura naličja je manja od temperature lica. Razlika u temperaturi između papirnih slojeva kod ovog uzorka povezana je s pojavom koritavosti i s oblikom koritanja.

Donja koritavost kod C vala nema povezanost s oblikom koritanja, dok gornja koritavost ima povezanost s oblikom koritanja od 100%. Oblik koritavosti povezan je s temperaturom papira u 50% slučajeva.

Tablica 7. Pojava koritavosti kod uzoraka E vala s obzirom na temperaturu papira

Redni broj	Temperatura papira - naličje (°C)	Temperatura papira - lice (°C)	Napomena
1.	68	69	∪, ^, S
2.	72	58	RAVNO, ∪, ^, S
3.	71	69	RAVNO
4.	64	68	S
5.	63	70	∪, ^, S
6.	58	64	RAVNO
7.	67	64	RAVNO
8.	68	69	RAVNO
9.	48	48	RAVNO
10.	49	71	∪
11.	48	63	∪
12.	74	64	RAVNO
13.	66	61	∪
14.	54	52	∪, ^
15.	67	46	∪
16.	72	73	∪
17.	51	72	RAVNO
18.	68	73	∪
19.	65	60	∪
20.	65	74	^

U tablici 7. prikazana je pojava koritavosti kod uzoraka E vala s obzirom na temperaturu papira lica i naličja – dvaju ravnih papirnih slojeva. Donja koritavost od ukupno 5 uzorka povezana je s pojavom koritavosti s obzirom na razliku u temperaturi papirnih slojeva, lica i naličja. 2 uzorka imaju povezanost s oblikom koritavosti.

Gornja koritavost od ukupno 11 uzoraka povezana je s pojavom koritavosti s obzirom na razliku u temperaturi između papirnih slojeva, lica i naličja. 6 uzoraka povezano je i s oblikom koritavosti. Od ukupno 13 uzoraka koji su imali pojavu koritavosti, 8 uzoraka povezano je s oblikom koritavosti s obzirom na razliku u temperaturi lica i naličja. Razlika u temperaturi lica i naličja povezana je s oblikom koritavosti 61%.

Tablica 8. Pojava koritavosti kod uzoraka B vala s obzirom na vlagu papira

Redni broj	Naličje (%)		Lice (%)		Napomena
	Val (%)		Lijevo	Desno	
	Lijevo	Desno	Lijevo	Desno	
1.	7,3	6,1	7,1	6,7	^, v
	9,5	8,6			
2.	6,4	5,6	5,8	5,5	RAVNO
	9,5	8,5			
3.	5,7	5,7	6,3	5,7	^
	8,5	8,2			
4.	6,6	7,3	6,8	6,3	RAVNO
	5,6	5,8			
5.	6,6	6,9	6,8	6,9	v
	9,1	10			
6.	6,5	6	3,8	4,2	v
	6,5	5,8			
7.	5,5	5,8	6,3	6,4	^
	4,5	5			
8.	4,8	4,5	5,5	5,4	v
	6,1	5,8			
9.	4,4	4,7	4,5	4,8	RAVNO
	6,7	5,5			
10.	6,5	3,8	4,5	4,2	v
	5,3	4,8			
11.	5,8	6,3	4,5	4,6	v
	6,2	5,8			
12.	3,8	4,2	5,8	6,5	v
	8,9	7,9			
13.	5,3	4,8	7,3	7,4	v
	5,4	5,5			
14.	5,5	5,9	5,4	5,8	RAVNO
	6,2	6,2			
15.	6,4	7,1	5,9	6,4	RAVNO
	5,5	4,9			
16.	5,8	5,5	6,5	5,7	RAVNO
	4,3	4,5			
17.	4,8	4,5	5,5	5,4	^
	6,1	5,8			
18.	7,1	6,8	5,8	5,9	RAVNO
	8,9	8,3			
19.	8,8	8,2	6,5	7,1	v
	7,1	7,4			
20.	4,6	4,7	4,8	5,2	^, RAVNO
	7,8	7,2			

U tablici 8. prikazana je povezanost vlage papira s pojavom koritavosti kod uzoraka B vala. Od ukupno 5 uzoraka koji imaju donju koritavost, svi uzorci imaju povezanost između oblika koritavosti i vlage papirnih slojeva lica i naličja. Od ukupno 9 uzoraka koji imaju gornju koritavost, 4 uzorka ima povezanost između oblika koritavosti i vlage papirnih slojeva lica i naličja.

Nejednaka vlaga kod lica, naličja i vala valovitog kartona kod proizvodnje B vala utjecala je na koritanje kod 70% uzoraka. Kod 30 % uzoraka vlaga papira nije imala utjecaj na koritanje kartona.

Od ukupno 14 uzoraka koji imaju pojavu koritavosti, 67%, odnosno 9 uzoraka ima povezanost oblika koritavosti s obzirom na razliku u vlazi.

Tablica 9. Pojava koritavosti kod uzoraka C vala s obzirom na vlagu papira

Redni broj	Naličje (%)		Lice (%)		Napomena
	Val (%)		Lijevo	Desno	
	Lijevo	Desno			
1.	4,5	6,7	6,5	6,4	RAVNO
	6,2	6,5			
2.	5,9	4,9	6,5	4,8	RAVNO
	6,2	5,2			
3.	6,4	5,6	5,8	5,5	RAVNO
	9,5	8,5			
4.	6,2	6,7	5,4	5,6	RAVNO
	9,3	8,7			
5.	6,3	6,5	5,5	5,7	RAVNO
	9,4	8,8			
6.	6,8	6,5	5,8	6,5	RAVNO
	5,8	5,8			
7.	6,8	7,5	6,5	5,5	RAVNO
	7,5	9,5			
8.	6,2	6,8	8,9	9,5	RAVNO
	7,1	7,3			
9.	8,6	8,8	6,5	6,1	∩
	7,1	7,2			
10.	8,1	7,9	8,4	8,7	RAVNO
	6,1	6,3			
11.	7	7,4	5,2	5,2	∩
	5,2	5,2			
12.	6,8	6,6	4,4	4,2	RAVNO
	5,6	6,2			
13.	6,5	6,9	4,5	4,9	RAVNO
	6,1	6,8			
14.	6,3	6,5	4,5	4,5	RAVNO
	7,3	7,4			
15.	6	6,4	7,3	8	RAVNO
	7	7,5			
16.	6,1	6,8	6,8	6,8	RAVNO
	6,8	6,2			
17.	6,8	7,1	4,3	4,2	RAVNO
	5,9	5,7			
18.	7,7	6,8	9	8,8	RAVNO, ∩
	5,3	5,2			
19.	7,6	6,9	8,8	9,1	RAVNO
	7,2	6,9			
20.	7,9	7,6	6,8	6,5	RAVNO
	6,5	6,5			

U tablici 9. prikazana je povezanost koritavosti s obzirom na razliku vlage papira lica i naličja kod uzoraka C vala. Donja koritavost koju ima 1 uzorak nema povezanost oblika koritavosti s razlikom u vlazi lica i naličja. Od 2 uzorka koji imaju pojavu gornje koritavosti, jedan uzorak povezan je s oblikom koritavosti i razlikom u vlazi lica i naličja, dok jedan nije.

Nejednaka vlaga papira kod uzoraka C vala povezana je s pojavom koritavosti 15%, odnosno 3 uzorka od 20 je koritavo. Oblik koritavosti povezan je s nejednakom vlagom papira s jednim od ukupno 3 uzorka, odnosno oblik koritavosti povezan je s nejednakom vlagom papira 33%.

Tablica 10. Pojava koritavosti kod uzoraka E vala s obzirom na vlagu papira

Redni broj	Naličje (%)		Lice (%)		Napomena
	Val (%)		Lijevo	Desno	
	Lijevo	Desno			
1.	6,5	6,8	6,1	5,9	∩, ^, S
	6,9	6,5			
2.	7,1	6,8	8,5	8,2	RAVNO, ∩, ^, S
	6,5	6,4			
3.	6,5	6,3	6,5	5,8	RAVNO
	6,8	7,1			
4.	7,3	7,4	7,2	6,8	S
	6,5	5,5			
5.	7,2	7,5	7,1	6,9	∩, ^, S
	6,4	5,8			
6.	6,7	7,3	7,2	6,7	RAVNO
	6,5	6,6			
7.	6,2	6,3	5,6	5,4	RAVNO
	5,8	5,5			
8.	6,5	6,8	6,1	5,9	RAVNO
	6,9	6,5			
9.	7,8	7,8	7,2	8,5	RAVNO
	5,4	5,5			
10.	6,1	6,3	4,7	4,9	∩
	5,9	5,8			
11.	4,8	5,1	8,5	9,6	∩
	5,9	6,1			
12.	7	6,4	6,8	6,8	RAVNO
	6,1	6,3			
13.	5,7	5,5	7,5	7,2	∩
	6,2	5,9			
14.	6,1	6,4	8,1	6,5	∩, ^
	6,2	5,8			
15.	7,4	6,8	7,2	7,8	∩
	6,9	7,6			
16.	7,6	6,4	8,6	8,1	∩
	8,9	8,2			
17.	7,5	7,2	7	7,2	RAVNO
	8,1	8,6			
18.	7	6,5	6,7	6,5	∩
	8,5	8,9			
19.	8,5	8,5	7	8,9	∩
	7,5	7,5			
20.	7,5	6,9	6,5	7,5	^
	8,5	8,4			

U tablici 10. prikazana je pojava koritavosti s obzirom na vlagu papira kod uzoraka E vala. Od ukupno 5 uzoraka koje ima donju koritavost, 2 uzorka ima povezanost između razlike vlage lica i naličja s oblikom koritavosti. Od ukupno 11 uzoraka koji imaju gornju koritavost, 5 uzorka ima povezanost između razlike vlage lica i naličja s oblikom koritavosti.

Vlaga je utjecala na koritavost 13 od 20 uzoraka, odnosno 65%. Od 13 uzoraka koji su koritavi, 7 uzoraka pokazalo je povezanost razlike u vlazi s oblikom korita. 53% uzoraka povezano je s oblikom koritavosti s obzirom na vlagu papira.



Tablica 11. Pojava koritavosti kod uzoraka B vala s obzirom na gramaturu i vrstu papira

Redni broj	Vrsta papira i gramatura (naličje, F – val)	Vrsta papira i gramatura (lice)	Napomena
1.	B - 125	B - 125	∩, ∪
	F - 112 HP		
2.	T - 120	T - 120	RAVNO
	F - 112 HP		
3.	T - 120	T - 190	∩
	F - 112 HP		
4.	T - 120	T - 90	RAVNO
	F - 100		
5.	T - 90	B - 125	∪
	F - 112 HP		
6.	T - 90	K - 125	∪
	F - 100		
7.	T - 90	B - 135	∩
	F - 100		
8.	T - 90	K - 125	∪
	F - 100		
9.	Š - 80	Š - 90	RAVNO
	F - 90		
10.	T - 90	K - 120	∪
	F - 100		
11.	T - 90	K - 120	∪
	F - 100		
12.	K - 125	B - 125	∪
	F - 112		
13.	T - 120	T - 170	∪
	F - 140		
14.	T - 90	K - 125	RAVNO
	F - 100		
15.	T - 90	T - 120	RAVNO
	F - 100		
16.	T - 120	Š - 100	RAVNO
	F - 100		
17.	T - 90	K - 125	∩
	F - 100		
18.	T - 90	T - 120	RAVNO
	F - 112 HP		
19.	T - 90	T - 120	∪
	F - 175 HP		
20.	K - 125 FR	K - 125	∩, RAVNO
	F - 140 HP		

U tablici 11. prikazana je pojava koritavosti s obzirom na vrstu i gramaturu papira kod uzoraka B vala. Kod B vala, veća gramatura u odnosu na manju gramaturu ima utjecaj na 30% uzoraka koji su imali pojavu koritavosti. Na ukupan zbroj uzoraka, gramatura ima utjecaj na koritanje na 20% uzoraka, što pokazuje da gramatura ima vrlo malen utjecaj na koritanje kartona. Uzorci koji su koritavi izrađeni su od *testliner* papira, *kraftliner* papira i bijelog papira.

Tablica 12. Pojava koritavosti kod uzoraka C vala s obzirom na gramaturu papira

Redni broj	Vrsta papira i gramatura (naličje, F - val)	Vrsta papira i gramatura (lice)	Napomena
1.	T - 120	B - 125	RAVNO
	F - 120		
2.	K - 125	T - 170	RAVNO
	F - 120		
3.	T - 120	T - 120	RAVNO
	F - 112 HP		
4.	T - 120	T - 120	RAVNO
	F - 112 HP		
5.	T - 120	T - 120	RAVNO
	F - 112 HP		
6.	T - 90	T - 120	RAVNO
	F - 100		
7.	T - 120	B - 125	RAVNO
	F - 100		
8.	Š - 80	T - 100	RAVNO
	F - 100		
9.	T - 120	T - 170	∩
	F - 127 HP		
10.	T - 90	T - 120	RAVNO
	F - 90		
11.	T - 120	T - 170	∪
	F - 127 HP		
12.	T - 90	K - 125	RAVNO
	F - 100		
13.	T - 90	K - 125	RAVNO
	F - 100		
14.	K - 125	B - 125	RAVNO
	F - 112		
15.	T - 90	T - 120	RAVNO
	F - 80		
16.	T - 120	T - 170	RAVNO
	F - 100		
17.	T - 09	K - 125	RAVNO
	F - 100		
18.	T - 90	B - 130	RAVNO, ∪
	F - 120 HP		
19.	T - 90	B - 130	RAVNO
	F - 120		
20.	T - 90	B - 125	RAVNO
	F - 100		

U tablici 12. prikazana je pojava koritavosti s obzirom na vrstu i gramaturu papira kod uzoraka C vala. Od ukupno 3 uzorka koji su koritavi, 2 uzorka su pokazala pojavu koritavosti s obzirom na gramaturu papira. Veća gramatura papira lica u odnosu na papir naličja uzrokovala je koritavost od 66%. Koritavost se pojavila kod uzoraka gdje su papiri lica i naličja izrađeni od *testliner* papira, i kod uzorka gdje je lice izrađeno od bijelog papira.

Tablica 13. Pojava koritavosti kod uzoraka E vala s obzirom na gramaturu papira

Redni broj	Vrsta papira i gramatura (naličje, F-val)	Vrsta papira i gramatura (lice)	Napomena
1.	T - 90	T - 120	∩, ^, S
	F - 80		
2.	B - 125	B - 130 PS	RAVNO, ∩, ^, S
	F - 80		
3.	T - 90	T - 120	RAVNO
	F - 80		
4.	B - 125	B - 125	S
	F - 90		
5.	B - 125	B - 125	∩, ^, S
	F - 80		
6.	T - 90	B - 125	RAVNO
	F - 90		
7.	T - 90	B - 125	RAVNO
	F - 120		
8.	T - 90	T - 120	RAVNO
	F - 80		
9.	B - 140	B - 140	RAVNO
	F - 100		
10.	T - 120	B - 125	∩
	F - 90		
11.	T - 120	B - 130	∩
	F - 100		
12.	T - 90	B - 125	RAVNO
	F - 90		
13.	T - 120	B - 125	∩
	F - 90		
14.	B - 125	B - 140	∩, ^
	F - 100		
15.	B - 125	B - 125	∩
	F - 80		
16.	B - 125	B - 125	∩
	F - 100		
17.	B - 125	B - 125	RAVNO
	F - 80		
18.	T - 120	B - 125	∩
	F - 80		
19.	T - 90	T - 120	∩
	F - 80		
20.	B - 125	B - 125	^
	F - 90		

U tablici 13. prikazana je pojava koritavosti s obzirom na vrstu i gramaturu papira kod uzoraka E vala. Od ukupno 5 uzoraka koji imaju donju koritavost, nijedan uzorak nije povezan s oblikom koritavosti i gramaturom papira. Od ukupno 11 uzoraka koji imaju gornju koritavost, 8 uzoraka povezano je s oblikom koritavosti i gramaturom papira. Na 61% uzoraka gramatura papira utjecala je na pojavu koritavosti. Uzorci koji su koritavi izrađeni su od papira *testliner*, *kraftliner*, i bijelog papira.

Tablica 14. Pojava koritavosti kod uzoraka B vala s obzirom na nanos ljepila

Redni broj	Nanos ljepila ( $\mu\text{m}$ )		Napomena
	2.glava	3.glava	
1.	221	145	^, v
2.	200	121	RAVNO
3.	152	145	^
4.	221	145	RAVNO
5.	221	145	v
6.	183	130	v
7.	230	133	^
8.	169	134	v
9.	217	132	RAVNO
10.	183	140	v
11.	166	140	v
12.	167	141	v
13.	170	136	v
14.	174	137	RAVNO
15.	175	137	RAVNO
16.	166	136	RAVNO
17.	169	134	^
18.	190	149	RAVNO
19.	150	90	v
20.	300	150	^, RAVNO

U tablici 14. prikazana je pojava koritavosti s obzirom na nanos ljepila kod uzoraka B vala. Od ukupno 13 uzoraka koji su imali pojavu koritavosti, svih 13 uzoraka ima

razliku u nanosu dva sloja ljepila. Uzorci koji nemaju pojavu koritavosti također imaju razliku u nanosu dva sloja ljepila. Na 13 uzorka nanos ljepila utječe na pojavu koritavosti, dok na 7 uzorka nema utjecaj. Razlika u nanosu dva sloja ljepila kod uzoraka B vala ima utjecaj na koritavost od 65%.

Tablica 15. Pojava koritavosti kod uzoraka C vala s obzirom na nanos ljepila

Redni broj	Nanos ljepila ( $\mu\text{m}$ )		Napomena
	1.glava	3.glava	
1.	190	130	RAVNO
2.	200	122	RAVNO
3.	200	121	RAVNO
4.	200	122	RAVNO
5.	200	122	RAVNO
6.	230	134	RAVNO
7.	130	90	RAVNO
8.	130	90	RAVNO
9.	130	93	∩
10.	130	91	RAVNO
11.	344	149	∪
12.	117	90	RAVNO
13.	110	90	RAVNO
14.	113	133	RAVNO
15.	115	135	RAVNO
16.	135	135	RAVNO
17.	180	156	RAVNO
18.	185	157	RAVNO, ∪
19.	188	158	RAVNO
20.	90	158	RAVNO

U tablici 15.prikazana je pojava koritavosti s obzirom na nanos ljepila kod uzoraka C vala. Na 3 uzorka koji imaju pojavu koritavosti razlika u nanosu ljepila utjecala je na koritavost, odnosno 15%.

Tablica 16. Pojava koritavosti kod uzoraka E vala s obzirom na nanos ljepila

Redni broj	Nanos ljepila ( $\mu\text{m}$ )		Napomena
	2.glava	3.glava	
1.	160	134	∩, ^, S
2.	148	127	RAVNO, ∩, ^, S
3.	150	127	RAVNO
4.	152	127	S
5.	152	127	∩, ^, S
6.	153	125	RAVNO
7.	141	135	RAVNO
8.	160	134	RAVNO
9.	135	131	RAVNO
10.	162	150	∩
11.	167	148	∩
12.	164	146	RAVNO
13.	138	133	∩
14.	138	128	∩, ^
15.	185	140	∩
16.	114	90	∩
17.	120	90	RAVNO
18.	135	90	∩
19.	135	90	∩
20.	110	90	^

U tablici 16. prikazana je pojava koritavosti s obzirom na nanos ljepila kod uzoraka E vala. Od ukupno 13 uzoraka koji su koritavi, svih 13 uzoraka, odnosno 65% ima razliku u nanosu ljepila. Na 7 uzoraka koji nemaju koritavost razlika u nanosu ljepila nije utjecala.



Tablica 17. Pojava koritavosti kod uzoraka B vala s obzirom na viskozitet ljepljiva

Redni broj	2. glava (sec)	3. glava (sec)	Napomena
1.	87	113	^, v
2.	88	109	RAVNO
3.	83	104	^
4.	95	115	RAVNO
5.	95	115	v
6.	71	92	v
7.	74	89	^
8.	81	90	v
9.	86	107	RAVNO
10.	86	107	v
11.	78	90	v
12.	82	104	v
13.	103	105	v
14.	103	105	RAVNO
15.	103	105	RAVNO
16.	93	100	RAVNO
17.	81	90	^
18.	77	118	RAVNO
19.	81	109	v
20.	113	117	^, RAVNO

U tablici 17. prikazana je pojava koritavosti s obzirom na viskozitet ljepljiva kod B vala. Od ukupno 13 uzoraka koji su koritavi, uočena je razlika viskoziteta dva sloja ljepljiva. Kod uzoraka koji nemaju koritavost uočena je razlika viskoziteta između dva sloja ljepljiva. Razlika viskoziteta dva sloja ljepljiva ima utjecaj 65% na koritanje kartona uzoraka B vala.

Tablica 18. Pojava koritavosti kod uzoraka C vala s obzirom na viskozitet ljepila

Redni broj	1. glava (sec)	3. glava (sec)	Napomena
1.	310	104	RAVNO
2.	62	105	RAVNO
3.	88	109	RAVNO
4.	88	108	RAVNO
5.	86	111	RAVNO
6.	78	90	RAVNO
7.	121	125	RAVNO
8.	108	110	RAVNO
9.	101	108	∩
10.	96	104	RAVNO
11.	113	115	∪
12.	140	104	RAVNO
13.	136	116	RAVNO
14.	73	100	RAVNO
15.	113	128	RAVNO
16.	75	88	RAVNO
17.	150	154	RAVNO
18.	150	153	RAVNO, ∪
19.	103	120	RAVNO
20.	82	115	RAVNO

U tablici 18. prikazana je pojava koritavosti s obzirom na viskozitet ljepila kod uzoraka C vala. Od ukupno 3 uzorka koji imaju koritavosti, sva tri uzorka imaju razliku u viskozitetu dva sloja ljepila od 2 do 7 sekundi. Uzorci koji nemaju pojavu koritavosti imaju veću razliku u viskozitetu dva sloja ljepila. Zaključak je da manja razlika u viskozitetu uzrokuje koritavost kod 3 uzorka, odnosno 15%.

Tablica 19. Pojava koritavosti kod uzoraka E vala s obzirom na viskozitet ljepljivosti

Redni broj	2. glava (sec)	3. glava (sec)	Napomena
1.	81	95	∩, ^, S
2.	79	100	RAVNO, ∩, ^, S
3.	79	100	RAVNO
4.	79	100	S
5.	79	100	∩, ^, S
6.	78	95	RAVNO
7.	88	110	RAVNO
8.	81	95	RAVNO
9.	81	95	RAVNO
10.	110	119	∩
11.	115	120	∩
12.	58	70	RAVNO
13.	90	81	∩
14.	86	90	∩, ^
15.	87	103	∩
16.	83	108	∩
17.	153	164	RAVNO
18.	50	63	∩
19.	130	137	∩
20.	87	111	^

U tablici 19. prikazana je pojava koritavosti s obzirom na viskoznost ljepljivosti kod uzoraka E vala. Od ukupno 13 uzoraka koji su imali pojavu koritavosti kod svih 13 uzoraka uočena je razlika između viskoziteta ljepljivosti koje se nanosi na papira. Od ukupno 7 uzoraka koji nisu imali pojavu koritavosti svih 7 uzoraka ima razliku između viskoziteta ljepljivosti. Kod 65% uzoraka koji imaju razliku u viskozitetu dva sloja ljepljivosti došlo je do pojave koritavosti.

## 5. ZAKLJUČAK

Na koritavost valovitog kartona utječu vlaga papira, temperatura papira, vrsta i gramatura papira, viskozitet i nanos ljepila. Vrsta i visina vala najviše utječe na pojavu koritavosti kod proizvodnje kartona. Veća visina vala daje čvrstoću valovitom kartonu i dolazi do manje pojave koritavosti, a sa smanjenjem visine vala raste postotak koritavosti. E val pokazao je najveći postotak koritavosti od 71%, B val pokazao je postotak koritavosti od 64%, a C val pokazao je postotak koritavosti od 14%.

Vlaga papira utječe na pojavu koritavosti kod uzoraka B vala 65%, kod uzoraka C vala 15 % i kod uzoraka E vala 65%. Vlaga papira je utjecala na oblik koritavosti 67% kod uzoraka B vala, 33% kod uzoraka C vala i 53% kod uzoraka E vala.

Temperatura papira utječe na pojavu koritavosti u onom postotku u kojem se i javlja sama koritavost. Oblik koritavosti povezan je s temperaturom papira 87,5% kod uzoraka B vala, 50% kod uzoraka C vala i 61% kod uzoraka E vala.

Gramatura papira utječe na pojavu koritavosti u onom postotku u kojem se i javlja sama koritavost kod pojedinih uzoraka. Oblik koritavosti povezan je s gramaturom papira 30% kod uzoraka B vala, 66% kod uzoraka C vala i 61% kod uzoraka E vala. Vrsta papira kod kojih je uočena koritavost su kraftliner, testliner i bijeli papir.

Nanos ljepila ima utjecaj na pojavu koritavosti u onom postotku u kojem se javlja i sama koritavost. Različita debljina nanosa ljepila ima utjecaj na pojavu koritavosti od 65% kod uzoraka B vala, 15% kod uzoraka C vala i 65% kod uzoraka E vala.

Viskozitet ljepila ima utjecaj na pojavu koritavosti 65% kod uzoraka B vala, 15% kod uzoraka C vala i 65% kod uzoraka E vala.

Na pojavu koritavosti kod proizvodnje valovitog kartona utječu parametri papirne sirovine i parametri ljepila. Male i gotovo neznatne promjene parametara mogu dovesti

do pojave koritanja. Vrlo je važno kontrolirati uvjete proizvodnje u kojima se proizvodi valoviti karton kako bi se dobio proizvod zadovoljavajuće kvalitete. U tvornici Bilokalnik – IPA najveći problem pojave koritavosti je vlaga papira. Nejednaka vlaga u roli papira može biti rezultat lošeg skladištenja. Budući da su cijene papira danas vrlo visoke, role papira koje imaju neujednačenu vlagu najčešće se ne vraćaju dobavljaču nego koriste, što dovodi do veće pojave koritavosti. Poplave u zimskom razdoblju i loša klimatizacija skladišta u ljetnom razdoblju također mogu dovesti do nejednake vlage papira. Ovakve ali i ostale brojne probleme potrebno je svesti na minimum kako bi se dobio zadovoljavajući grafički proizvod – valoviti karton bez koritanja.

## 6. LITERATURA

1. \*\*\* <http://m.fcgov.com/recycling/kids/corrugated.php> - *City of Fort Collins / There's a lot more to a corrugated box than meets the eye*, 17.lipnja 2013.
2. \*\*\* <http://www.embasold.com.br/historia.htm> - *Emba – Sold / Historia do Papelao Ondulado*, 18.lipnja 2013.
3. \*\*\* <http://duropackbelisce.cache.gugler.at/duropack-belisce-doo/povijest.html?L=16> - *Duropack Belišće / Povijest*, 17.srpnja 2013.
4. Lajić B., Babić D., Jurečić D. (2008). *Probojna čvrstoća valovitog kartona u ovisnosti o vlazi*, dostupno na: <http://www.ziljak.hr/tiskarstvo/tiskarstvo08/>, 28.srpnja 2013.
5. Brošura za trening i osposobljavanje radnika Bilokalnik – IPA, *Proizvodnja valovitog kartona*, Bilokalnik - IPA, 2012.
6. \*\*\* [http://www.preventandsave.ie/Wall\\_structure.html](http://www.preventandsave.ie/Wall_structure.html) - *Prevent & Save / Wall construction*, 14.lipnja 2013.
7. \*\*\* <http://www.papermakinginnovation.com/en-us/Applications/Documents/Corrugating/corr-starch-adhesiveman.pdf> - *Ingredion TM / Corrugating starch adhesive manual*, 15.lipnja 2013.
8. \*\*\* <http://physics.info/viscosity> - *The Physics Hyper Textbook / Opus in profectus / Viscosity*, 17. rujna 2013.
9. \*\*\* [http://www.corrugatingmachinery.com/how\\_is\\_corrugated\\_made.htm](http://www.corrugatingmachinery.com/how_is_corrugated_made.htm) - *Paper board machinery company / Manufactures and export / How is corrugated made?* , 15.lipnja 2013.

10. BHS Services. *Board quality*, dostupno na:  
<http://www.fileswap.com/dl/TiOukZ7r91/>, 17.rujna 2013.
11. \*\*\* [http://www.us-instrument.com/commerce/catalog/product.jsp?product\\_id=3040](http://www.us-instrument.com/commerce/catalog/product.jsp?product_id=3040) - *US instrument services / Commerce / Catalog*, 21.lipnja 2013.
12. \*\*\* <http://www.hellotrade.com/dovey-corporation/moisture-meters.html> - *Hello trade / Sellers / Measuring Instruments*, 15.lipnja 2013.