

Analiza više vrsta otpadnog papira te utjecaj na funkcionalnost i kvalitetu podložaka za jaja

Vučinić, Dragana

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:458182>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-23**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

DIPLOMSKI RAD br. 77/ARZO/2024

**ANALIZA VIŠE VRSTA OTPADNOG PAPIRA TE
UTJECAJ NA FUNKCIONALNOST I KVALITETU
PODLOŽAKA ZA JAJA**

Dragana Vučinić

Koprivnica, rujan 2024.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša		
STUDIJ	Diplomski studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša		
PRISTUPNIK	Dragana Vučinić	MATIČNI BROJ	03360322532
DATUM	12.09.2024.	KOLEGIJ	Ispitivanje mehaničkih svojstava ambalaže
NASLOV RADA	Analiza više vrsta otpadnog papira te utjecaj na funkcionalnost i kvalitetu podložaka za jaja		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Analysis of several types of waste paper and their impact on the functionality and quality of eggs pads		
MENTOR	Damir Ježek	ZVANJE	Redoviti profesor u trajnom zvanju
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. <u>Izv.prof.dr.sc. Krunoslav Hajdek-predsjednik</u> 2. <u>prof.dr.sc. Damir Ježek-mentor</u> 3. <u>prof.dr.sc. Božo Smoljan-član</u> 4. <u>izv.prof.dr.sc. Dean Valdec-zamjesnički član</u> 5. _____		

Zadatak diplomskog rada

BROJ 77/ARZO/2024

OPIS
Zahtjevi za održivošću prešli su se na proizvodne procese i razvio se koncept održive proizvodnje. U proizvodnim procesima nastoje se koristiti, kada je to moguće, reciklirani materijali. Upotreba recikliranih papirnih sirovina moguća je u industrijskoj proizvodnji kartonske ambalaže. Kada se proizvodi kartonska ambalaža od recikliranog papira, treba kontrolirati kvalitetu otpadnog papira i gotovih proizvoda jer se na temelju provedenih kontrola i rezultata kontrolnih mjerenja dobivaju podaci o funkcionalnosti i kvaliteti gotovog proizvoda. Poduzeća specijalizirana za proizvodnju ambalaže svojim kupcima moraju moći jamčiti da im isporučuju visokokvalitetne i visokofunkcionalne proizvode. Cilj istraživanja je prikazati mogućnosti za analizu otpadnog papira koji se koristi u industrijskoj proizvodnji ambalaže. Svrha rada je pokazati da je reciklirani papir vrijedna sirovina za izradu novih ambalažnih proizvoda te potaknuti čitatelja na razmišljanje o važnosti odvojenog prikupljanja vrijednih otpadnih sirovina. Za potrebe pisanja rada odrađeno je pet različitih tipova mjerenja, a to su određivanje sadržaja pepela, apsolutna suha težina, test utezanja, određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom i test čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem.

ZADATAK URUČEN 13.09.2024

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SIEVER



**Sveučilište
Sjever**

Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša

DIPLOMSKI RAD br. 77/ARZO/2024

**ANALIZA VIŠE VRSTA OTPADNOG PAPIRA TE
UTJECAJ NA FUNKCIONALNOST I KVALITETU
PODLOŽAKA ZA JAJA**

Student: Dragana Vučinić, 3557/336

Mentor: prof. dr. sc. Damir Ježek

Koprivnica, rujan 2024.

Sažetak

Održivost u procesima proizvodnje nameće se kao imperativ proizvodnih procesa za 21. stoljeće. Ambalaža ima ekološku funkciju u kojoj joj je zadatak čuvati ekosustav. Uloga ambalaže posebno je naglašena u prehrambenoj industriji. Hartmann je vodeće poduzeće specijalizirano za proizvodnju ambalaže od oblikovanih vlakana dobivenih od recikliranog papira. Hartmann proizvodi kartonsku ambalažu, kutije za jaja, od recikliranog papira koji je dobiven prikupljanjem iz kućanstava, od nepročitanih novina, od otpadaka iz tiskarske industrije, od otpadaka u proizvodnji kartona i od bijelog papira koji je otpad kod proizvodnje papira. Reciklirani papir prerađuje u proizvodnom procesu koji za rezultat ima kartonsku ambalažu u obliku kutija za jaja. U proizvodnom procesu kartonske ambalaže proizvedene od recikliranog papira vrši se kontrola kvalitete otpadnog papira i gotovih proizvoda jer se na temelju provedenih kontrola i rezultata kontrolnih mjerenja dobivaju podaci o funkcionalnosti i kvaliteti gotovog proizvoda. U ovome radu prikazuju se mogućnosti za analizu otpadnog papira koji se koristi u industrijskoj proizvodnji ambalaže, a svrha rada je pokazati da je reciklirani papir vrijedna sirovina za izradu novih ambalažnih proizvoda. U praktičnom dijelu rada odrađeno je pet različitih tipova mjerenja, a to su određivanje sadržaja pepela, apsolutna suha težina, test utezanja, određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom i test čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem.

Ključne riječi: održivost, otpadni papir, reciklaža, ambalaža, podlošci za jaja, kvaliteta, funkcionalnost

Summary

Sustainability in production processes is imposed as an imperative of production processes for the 21st century. Packaging has an ecological function in which its task is to protect the ecosystem. The role of packaging is particularly emphasized in the food industry. Hartmann is a leading company specializing in the production of packaging from shaped fibers obtained from recycled paper. Hartmann manufactures cardboard packaging, egg boxes, from recycled paper obtained from household collection, from unread newspapers, from waste from the printing industry, from waste from cardboard production and from white paper, which is waste from paper production. Recycled paper is processed in a production process that results in cardboard packaging in the form of egg boxes. In the production process of cardboard packaging made from recycled paper, the quality control of waste paper and finished products is carried out, because data on the functionality and quality of the finished product are obtained based on the performed controls and the results of control measurements. This paper presents the possibilities for the analysis of waste paper used in the industrial production of packaging, and the purpose of the paper is to show that recycled paper is a valuable raw material for the production of new packaging products. In the practical part of the work, five different types of measurements were performed, namely determination of ash content, absolute dry weight, weighting test, determination of water resistance using the ink test method and strength test using the Lloyd LR 5K device.

Keywords: sustainability, waste paper, recycling, packaging, egg trays, quality, functionality

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Cilj i svrha istraživanja	1
1.2. Znanstvena hipoteza	1
1.3. Struktura rada	1
1.4. Znanstvene metode	2
2. AMBALAŽA I ODRŽIVOST KOD PROIZVODNJE KARTONSKE AMBALAŽE.....	3
2.1. Ambalaža, vrste i funkcije ambalaže	3
2.2. Karton kao materijal za proizvodnju ambalaže	5
2.3. Održivost u proizvodnji kartonske ambalaže	6
2.4. Koncepti održive proizvodnje i održivi tisak	8
2.5. Zahtjevi za ambalažu – kartonska kutija za jaja	10
2.6. Primjeri održivih rješenja u proizvodnji kutija za jaja	11
3. PROIZVODNJA KARTONSKE AMBALAŽE.....	15
3.1. Općenito o proizvodnji kartonske ambalaže	15
3.2. Reciklirani papir kao izvor sirovine za proizvodnju kartonske ambalaže.....	16
3.3. Proizvodnja kartonske ambalaže u poduzeću Hartmann	16
4. PRAKTIČNI DIO RADA.....	19
4.1. Profil poduzeća Hartman d.o.o.	19
4.2. Materijali i metode.....	20
4.3. Određivanje sadržaja pepela	20
4.3.1. Suho i mokro spaljivanje.....	21
4.3.2. Određivanje sadržaja pepela na podlošcima za jaja	22
4.4. Određivanje suhe tvari.....	26
4.5. Test utezanja	27
4.6. Određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom	29
4.7. Test čvrstoće lloyd lr 5k uređajem	32

4.8.	Rezultati i rasprava	34
4.8.1.	Rezultati određivanja pepela	35
4.8.2.	Rezultati metode sušenja po težini	37
4.8.3.	Rezultati testa utezanja	39
4.8.4.	Rezultati određivanja vodootpornosti metodom ispitivanja tintom	41
4.8.5.	Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem	43
4.8.6.	Rasprava o rezultatima	45
5.	ZAKLJUČAK	47
	LITERATURA	51
	POPIS SLIKA	53
	POPIS TABLICA	53

1. UVOD

1.1. Cilj i svrha istraživanja

Zahtjevi za održivošću prelili su se na proizvodne procese i razvio se koncept održive proizvodnje. U proizvodnim procesima nastoje se koristiti, kada je to moguće, reciklirani materijali. Upotreba recikliranih papirnih sirovina moguća je u industrijskoj proizvodnji kartonske ambalaže. Kada se proizvodi kartonska ambalaža od recikliranog papira, treba kontrolirati kvalitetu otpadnog papira i gotovih proizvoda jer se na temelju provedenih kontrola i rezultata kontrolnih mjerenja dobivaju podaci o funkcionalnosti i kvaliteti gotovog proizvoda. Poduzeća specijalizirana za proizvodnju ambalaže svojim kupcima moraju moći jamčiti da im isporučuju visokokvalitetne i visokofunkcionalne proizvode. Cilj istraživanja je prikazati mogućnosti za analizu otpadnog papira koji se koristi u industrijskoj proizvodnji ambalaže. Svrha rada je pokazati da je reciklirani papir vrijedna sirovina za izradu novih ambalažnih proizvoda te potaknuti čitatelje na razmišljanje o važnosti odvojenog prikupljanja vrijednih otpadnih sirovina. Za potrebe pisanja rada odrađeno je pet različitih tipova mjerenja, a to su određivanje sadržaja pepela, apsolutna suha težina, test utezanja, određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom i test čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem.

1.2. Znanstvena hipoteza

U kontekstu određenog cilja i svrhe istraživanja, moguće je definirati temeljnu hipotezu rada: U proizvodnji kartonske ambalaže od recikliranog papira neizostavan korak je kontrola kvalitete otpadnog papira i gotovih proizvoda, a na temelju provedenih kontrola i rezultata kontrolnih mjerenja utvrđuje se funkcionalnost i kvaliteta gotovog proizvoda.

1.3. Struktura rada

Rad započinje uvodom koji objašnjava cilj i svrhu istraživanja, znanstvenu hipotezu, strukturu rada i metode korištene za pisanje rada. Nakon uvodnog poglavlja slijedi drugo poglavlje

Ambalaža i održivost kod proizvodnje kartonske ambalaže koje daje pregled spoznaja o ambalaži, kartonu kao materijalu za proizvodnju ambalaže, održivosti ambalaže i naglašeno kartonske ambalaže, o održivoj proizvodnji i održivom tisku, zahtjevima za ambalažu prehrambenog proizvoda – jaja i prikazuje primjere održivih rješenja u proizvodnji ambalaže za pakiranje jaja. U trećem poglavlju problematizira se proizvodnja kartonske ambalaže i kartonske ambalaže od recikliranog papira. Četvrto poglavlje je praktični dio rada u kojemu se na primjeru poduzeća Hartmann objašnjavaju različiti tipovi mjerenja koji se koriste za procjenu kvalitete i funkcionalnosti kod proizvodnje kartonskih podložaka za jaja od recikliranog papira, a to su određivanje sadržaja pepela, apsolutna suha težina, test utezanja, određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom i test čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem. U zaključku se sažimaju ključni nalazi i ukazuje se na važnost održive proizvodnje kartonske ambalaže.

1.4. Znanstvene metode

U istraživanju se primijenjuju različite znanstvene metode, uključujući metodu analize podataka, metodu sinteze podataka, metodu generalizacije i metodu kompilacije. Za provođenje laboratorijskih ispitivanja koriste se matematičke i statističke računalne metode u provedbi određivanja sadržaja pepela, apsolutne suhe težine, za provedbu testa utezanja, za određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom i za test čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem.

2. AMBALAŽA I ODRŽIVOST KOD PROIZVODNJE KARTONSKE AMBALAŽE

2.1. Ambalaža, vrste i funkcije ambalaže

Europska agencija za okoliš daje općeprihvaćenu definiciju ambalaže: „Ambalaža znači sve proizvode izrađene od bilo kojeg materijala, bilo koje prirode, koji se koriste za zadržavanje, zaštitu, rukovanje, isporuku i prezentaciju robe, od sirovina do prerađenih proizvoda, od proizvođača do korisnika ili potrošača“ [1]. Ambalaža je sveprisutna i neophodna, njezina je uloga olakšati rukovanje materijalima, ona okružuje proizvod, poboljšava ga i štiti, od procesa proizvodnje kroz skladištenje do konačnog potrošača. Da ne postoji ambalaža, bilo bi skupo, neučinkovito i neuredno rukovati materijalima i suvremeni marketing usmjeren potrošačima koji se prakticira kroz vizualni dojam ambalaže bio bi nemoguć [2]. Ambalaža se razlikuje ovisno o tri razine kao primarna, sekundarna i tercijarna. Primarna ambalaža su materijali u izravnom doticaju s proizvodom i materijali koji se nalaze oko proizvoda koji kupac odnosi kući. Veliko pakiranje čipsa u kojemu su sadržane manje vrećice čipsa ima dvije vrste primarne ambalaže – veliku vreću u koju su pakirane manje vrećice s čipsom i manje vrećice u koje je pakiran čips. Iz perspektive stvaranja otpada, primarna ambalaža je ona koju će potrošač odložiti u kućni otpad nakon što potroši proizvod. Sekundarna ambalaža se koristi za objedinjavanje više paketa da se njima može lakše rukovati. Nekoliko velikih pakiranja čipsa upakirano je u kartonske kutije, a kutija je sekundarna ambalaža. Tercijarna ambalaža služi za lakši transport paketa koji spadaju u sekundarnu ambalažu. Najčešći oblik tercijarne ambalaže je paleta sa rastezljivim folijama i oznakama na njoj [3].

Ambalaža ima niz različitih zadataka. Štiti sadržaj od kvarenja i kontaminacija, olakšava transport i skladišne procese, omogućuje ujednačeno mjerenje sadržaja, olakšava oglašavanje [2]. Meler funkcije ambalaže dijeli na zaštitnu ili protektivnu, distribucijsku ili skladišno-transportno-manipulativnu, komunikacijsku ili tržišno-prodajnu, upotrebnu ili korisničku i ekološku [4]. Zaštitna ili protektivna funkcija se često navodi kao primarna funkcija ambalaže. Ambalaža štiti proizvod od vanjskih utjecaja (vode, vodene pare, mirisa, plinova, mikroorganizama, vibracija, udaraca...). Ako se naruši integritet ambalaže, proizvod više nije zaštićen [2]. Distribucijska ili skladišno-transportno-manipulativna je povezana s manipulacijom (utovarom, istovarom, sortiranjem i ostalim postupcima s robom),

skladištenjem, unutarnjim i vanjskim transportom [4]. Komunikacijska ili tržišno-prodajna funkcija povezuje se s izrekom da ambalaža mora štiti ono što prodaje i prodavati ono što štiti. Suvremeni potrošački marketing bio bi neuspješan da nema poruka na ambalaži. Potrošači prepoznaju proizvode po karakterističnom obliku ambalaže, prema brendiranju i načinu označavanja. Bez komunikacijske funkcije bilo bi teško kupovati proizvode u trgovini jer bi potrošači pokušavali odlučiti o kupnji bez vizualnih tragova na ambalaži [2]. Upotrebna ili korisnička funkcija izravno je povezana s potrošačima proizvoda i odnosi se na olakšano prenošenje proizvoda od mjesta kupnje do mjesta potrošnje, lakše čuvanje u kućanstvu, lakše upotrebljavanje proizvoda, estetsko djelovanje ambalaže, dodatne vrijednosti ambalaže nakon što se potroši proizvod i mogućnost recikliranja ambalaže kao oblik zaštite čovjekove okoline [4].

Ekološka funkcija ambalaže je čuvati ekosustav. Ambalaža može biti proizvedena u obliku ambalaže za konvencionalnu uporabu koja se nakon iskorištavanja proizvoda baca ili u obliku korisne ambalaže koja se može iskoristiti za neke druge namjene. U ekološki dizajniranu ambalažu Meler uvrštava [4]:

- a) Ambalažu koja je biorazgradiva.
- b) Trajnu ambalažu ili ambalažu za višestruko korištenje.
- c) Ambalažu koja se može pojesti (neki prehrambeni proizvodi je sadrže).
- d) Ambalažu koja nakon korištenja postaje sekundarna sirovina.
- e) Ambalažu koja se može reciklirati.
- f) Ambalažu s više namjena (čaše, vrećice, krpe).
- g) Ambalažu koju se može iskoristiti za stvaranje korisnog predmeta.
- h) Ambalažu s estetskim dizajnom.
- i) Ambalažu s ergonomskim dizajnom.
- j) Ambalažu s bioničkim dizajnom.
- k) Ambalažu s primjerenim grafičkim dizajnom.
- l) Ambalažu koja je prilagođena zdravstvenim normama, sigurna za rukovanje, transport i korištenje.
- m) Ambalažu s grafičkim dizajnom koji ističe, upozorava ili upućuje o štetnosti/sigurnosti rukovanja i korištenja i zdravstvenim komponentama proizvoda.

Ambalažni materijali u proizvodnji ambalaže koja se koriste za pakiranje hrane su papiri, kartoni, polimerni materijali, staklo, metal, višeslojni materijali, drvo i tekstil. Ambalaža se

proizvodi u različitim oblicima. Odabire se najprikladniji oblik ambalaže, a ona dolazi u oblicima kutija, vrećica, omota, paleta, tuba, boca, čaša, ampula i ostalim oblicima [5].

2.2. Karton kao materijal za proizvodnju ambalaže

U povijesti papira razlikuju se dva najvažnija razdoblja: razdoblje ručne proizvodnje papira i razdoblje industrijske proizvodnje papira. Papir ima povijest staru dvije tisuće godina. Nije precizno određeno kada je nastao prvi papir, no 105. godina uzima se kao početak proizvodnje papira, kada je kineskom caru Yungu Yuanu papir pokazao eunuh Ts'ai Lun. Na početku 7. stoljeća papir se proširio do Japana, zatim se proširio do Indije i Vijetnama pa do Perzije. U Europi su papir počeli proizvoditi u Italiji ili Španjolskoj, u periodu 12. i 13. stoljeća. Prvi stroj za proizvodnju papira napravio je 1799. godine Francuz L. Rob, dvadesetak godina nakon njegovog izuma i usavršavanja tog izuma započela je industrijska proizvodnja papira [6]. Prve kartonske kutije za komercijalno korištenje proizvedene su 1860. godine u Engleskoj. Na kraju 19. stoljeća papirna i kartonska ambalaža sve je više korištena zbog sve većeg razvoja u industriji. Karton je često korišten materijal za proizvodnju ambalaže jer udovoljava nekoliko važnih zahtjeva za uspješnost u pakiranju [7]:

- 1) U kartonskoj ambalaži je sadržan proizvod.
- 2) Kartonska ambalaža je zaštitno sredstvo koje štiti proizvod od mehaničkih oštećenja.
- 3) U kartonskoj ambalaži proizvod je sačuvan od propadanja.
- 4) Kartonska ambalaža sadrži informacije za kupce i potrošače.
- 5) Kartonska ambalaža daje vizualan dojam zbog grafičkog i strukturnog dizajna.

Karton i papir su najčešće sirovine za proizvodnju ambalaže, karton se najčešće koristi u proizvodnji različitih kutija [3]. Papirna i kartonska ambalaža razlikuje se u temeljnim zahtjevima – gramaturi, debljini, čvrstoći i građi. Karton se može proizvesti od jednog ili nekoliko slojeva jednakog sastava ili različitog sastava, ako se koristi više slojeva, oni se u mokrom stanju međusobno spajaju da bi stvorili čvrst i kompaktan materijal [7]. Granica između papira i kartona nije stroga, a razlika se uspostavlja prema ISO standardima prema kojima je karton papir čija je gramaža iznad 250 g m^{-2} [5]. Papir i karton kao ambalažni

materijali imaju ponešto nedostataka. U prvome redu, slabije su otporni na vodu, kemikalije, i manje su čvrsti ako ih se uspoređuje s nekim drugim materijalima. Ambalaža na bazi papira može nabubriti ako je izložena vlazi zbog upijanja vode. Zato se kod proizvodnje papirne i kartonske ambalaže često koriste premazi koji daju potrebnu barijeru protiv vlage i kemikalija i poboljšavaju druga svojstva kartona [8].

2.3. Održivost u proizvodnji kartonske ambalaže

Održivost je koncept koji se objašnjava kao sposobnost da se trajno održi neka funkcija ili proces, a savršen primjer održivosti je prirodno kruženje tvari i energije gdje nema otpada ni gubitaka jer se sve tvari i energija stalno obnavljaju, vraćaju u proces kruženja i kruženje može trajati beskrajno dugo. Održivost se danas pokušava uvesti u sve grane gospodarstva i ekonomije kako bi se usporio i zaustavio trend zagađivanja okoliša i iscrpljivanja prirodnih resursa [9].

Iako ambalaža ima važnu ulogu, često se na nju gleda kao na nužno zlo ili nepotreban trošak. Prema stavovima dijela potrošača ambalaža je suvišna i ozbiljan gubitak resursa kao i prijjetnja okolišu [2]. Proizvodnja ambalaže pod posebnim je povećalom jer je ambalaža prepoznata kao jedan od velikih izvora onečišćenja okoliša. U Hrvatskoj svi proizvođači ambalaže (ambalažeri) moraju „u skladu s najboljim raspoloživim tehnikama proizvoditi ambalažu koju je moguće ponovno uporabiti, oporabiti ili reciklirati kako bi se štetni utjecaj na okoliš od ambalaže i otpadne ambalaže sveo na najmanju moguću mjeru“ [10].

U proizvodnji ambalaže proizvode se jednokratna (nepovratna) ambalaža, ponovno uporabljiva (povratna) ambalaža i višeslojna (kompozitna) ambalaža. Jednokratna (nepovratna) ambalaža je osmišljena, dizajnirana i stavljena na tržište da se koristi samo jednom, za nju nema učinkovitog sustava za povrat i ponovno uporabu. Ponovno uporabljiva (povratna) ambalaža je osmišljena, dizajnirana i stavljena na tržište da se koristi više puta tako što se ponovno puni ili ponovno iskoristi u iste svrhe za koje je proizvedena. Višeslojna (kompozitna) ambalaža proizvedena je iz dva ili nekoliko slojeva od različitih materijala koji se ručno ne mogu razdvojiti i koji zajedno tvore cjelinu koja ima unutarnji spremnik i vanjsko kućište [10].

Kozik u promišljanju o održivoj ambalaži kaže da se u teoriji radi o ambalaži koja je, kada ju se uspoređuje s konvencionalnom ambalažom, uspjela zadovoljiti više ekološke, ekonomske i socijalne standarde, ima bolje kvalitativne karakteristike i performanse, a u isto vrijeme vodi do novih mogućnosti u reciklaži i gospodarenju otpadom. Održiva ambalaža ispunjava svoje funkcije minimalno u zadovoljavajućoj mjeri u pet područja: u području okoliša, društva, ekonomije, vremena i razvoja [11]. Održiva ambalaža udovoljava određenim kriterijima: funkcionalnost, sigurnost i zdravstvenu sigurnost za pojedinca i zajednicu u cijelom životnom ciklusu, kod proizvodnje zadovoljava potrebe tržišta uz prihvatljivu cijenu, proizvodi se, transportira i reciklira uz korištenje obnovljivih izvora energije, optimizira upotrebu recikliranih materijala i obnovljivih izvora energije, proizvodi se pomoću tehnologije čiste proizvodnje, materijal od kojega je proizvedena ne ispušta štetne tvari, dizajnom optimizira materijal i energiju te se može učinkovito obnoviti u biološkim i/ili industrijskim zatvorenim ciklusima [5]. Održiva ambalaža je ona koja je [12]:

1. Učinkovita – smanjuje otpad, povećava funkcionalnost, sprečava prekomjerno korištenje materijala za pakiranje, smanjuje trošak poslovanja, postiže zadovoljavajući povrat ulaganja.
2. Efikasna – daje bolji omjer ambalaže i proizvoda, povećava učinkovitost energije, vode i materijala, ima veći udio recikliranog materijala, smanjuje otpad koji se odlaze na odlagalište.
3. Kružna – povratna je, višekratna, namijenjena reciklaži (i napravljena iz recikliranih materijala), biorazgradiva.
4. Čista – smanjuje štetne emisije u vodi i zraku, stakleničke plinove, toksičnost i negativan utjecaj na okoliš.

Ambalažni materijal smatra se održivim ako smanjuje korištenje sirovih resursa, ako se materijal nakon korištenja može reciklirati ili ponovno iskoristiti [8] Papirni otpad ima veliku vrijednost jer se može ponovno koristiti za ponovno prerađivanje u papir i karton pa se smanjuje nepotrebno uništavanje šuma. „Višekratna upotreba i primjena otpadnog papira šteti druge sirovine, potrošnju svježe vode i energije te značajno pojeftinjuje proizvodnju novog papira i kartona“ [7]. Ambalažni materijali na bazi papira su biorazgradivi u kratkom vremenu i mogu se reciklirati. Ekološki su prihvatljiviji i najviše se recikliraju od svih ambalažnih materijala [12].

Korištenje papira i kartona za proizvodnju ambalaže ima prednosti i nedostataka, iz perspektive održivosti.

Prednosti korištenja papira i kartona za proizvodnju ambalaže	Nedostaci korištenja papira i kartona za proizvodnju ambalaže
<ul style="list-style-type: none"> - Papir i karton se lako spaljuju pa se mogu iskoristiti za proizvodnju bioenergije umjesto fosilnih goriva. - Tvornice papira koriste se vlastitim otpadom za proizvodnju energije pa smanjuju korištenje drugih izvora energije. - Šumarska industrija i industrija papira posade najmanje dva stabla za svako koje sruše. - Drveće apsorbira ugljikov dioksid i daje kisik. - Papirna vlakna mogu se koristiti između četiri i sedam puta prije nego što postanu prekratka i više se ne mogu reciklirati. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rušenje i sadnja drveća vode do poremećaja bioraznolikosti, erozije tla i neravnoteže. - Gnojiva korištena u uzgoju drveća mogu imati negativne učinke. - Kemikalije korištene kod proizvodnje papira mogu imati negativne učinke. - U proizvodnji papira se koristi voda. - Kod proizvodnje papira dolazi do emisija štetnih tvari.

Tablica 1. Prednosti i nedostaci korištenja papira i kartona za proizvodnju ambalaže

Izvor: Autorica prema Keskin B, Altay B N, Kurt A, Fleming P D. Sustainability in Paper Based Packaging. Gazi Journal of engineering sciences. 2020, 6(2): 129-137.

Unatoč nedostacima, papir i karton su ekološki najprihvatljiviji materijali za proizvodnju ambalaže. Materijali proizvedeni od papira prikladni su za održiv dizajn i mogu se kombinirati s drugim održivim alternativama [12]. Za kvalitetno minimiziranje otpada u proizvodnji papirne i kartonske ambalaže preporuka je dizajnirati ambalažu koja optimizira potreban materijal, a u isto vrijeme zadržava kvalitetu, smanjiti gramaturu materijala bez da se umanjuje kvaliteta ambalaže, promijeniti specifikaciju materijala [7].

2.4. Koncepti održive proizvodnje i održivi tisak

Održiva proizvodnja promatra utjecaj proizvodnog procesa i dobavljačkog lanca na okoliš, društvo i ekonomiju. U održivoj proizvodnji koristi se dizajn prihvatljiv za okoliš, čistija proizvodnja, energetska učinkovitost, prakticira se pametnije korištenje resursa, primjenjuju se inovacije i praksa je primjena e-poslovanja [9]. Temelj održive proizvodnje je kružna ekonomija. U proizvodnji se iskorištavaju sve mogućnosti za korištenje čiste tehnologije, smanjenje otpada i efikasno korištenje resursima, nakon čega u proizvodnji ostaje određeni otpad koji treba korisno upotrijebiti [13]. U održivoj proizvodnji se dobra i usluge stvaraju uz korištenje procesa i sustava koji ne zagađuju, koji racionalno raspolažu energijom i prirodnim resursima, ekonomski su održivi, sigurni su i zdravi za zaposlenike, zajednicu i potrošače, sadrže socijalnu komponentu i nagrađuju djelatnike [14].

Načela održive proizvodnje su [14]:

1. Proizvodi i njihova ambalaža su sigurni i ekološki prihvatljivi kroz cijeli životni ciklus, usluge su sigurne i ekološki prihvatljive.
2. Smanjen je, eliminiran ili recikliran otpad koji nastaje kao nusprodukt proizvodnje.
3. Racionalno se i štedljivo raspolaže energijom i materijalima, a odabiru se najprikladniji izvori energije i vrste materijala.
4. Eliminirane su tvari štetne za čovjeka i okoliš.
5. Radna mjesta su osmišljena da eliminiraju opasnosti ili ih minimiziraju.
6. Uprava zagovara otvorenu, participativnu evaluaciju, usmjerena je na poboljšanja i fokus je na dugoročnim ostvarenjima.
7. Rad zaposlenika je organiziran tako da čuva i poboljšava njihovu učinkovitost i kreativnost.
8. Prioritet su sigurnost i dobrobit zaposlenika i njihov razvoj.
9. Zajednica se poštuje i djeluje se na nju poboljšavajući ju ekonomski, kulturno, socijalno i fizičkim intervencijama. Naglasak je na pravednosti i jednakosti.

U papirnoj industriji se sustavno razvijaju tehnološki procesi kojima se smanjuje negativan utjecaj na okoliš (npr. zatvaranjem kružnog toka procesnih voda, kod bijeljenja celuloze ne koriste se klor i spojevi klora, reciklira se papir). Papirna industrija jako pridonosi povećanju održivosti proizvodnje kroz korištenje recikliranih celuloznih vlakana kao sirovine u izradi papira

Održivost u procesima proizvodnje imperativ je za 21. stoljeće [15]. Održivost se počela nametati kao načelo i u tiskarskoj industriji. U tiskarskoj industriji koristile su se

konvencionalne tinte koje su u sastavu imale mineralna ulja i otapala pa su uzrokovale velike emisije stakleničkih plinova. Tinte kojima su temelj otapala, kakve se koriste za fleksotisak, sitotisak i bakrotisak imaju visoke koncentracije hlapljivih organskih spojeva koji isparavaju kod proizvodnog procesa i dovode do fotokemijske reakcije. Održive tinte sadrže manje količine štetnih tvari pa mogu smanjiti količinu hlapljivih organskih tvari i sintetskih spojeva koji odlaze u atmosferu. U tisku se treba odlučiti za ekološki prihvatljive, netoksične tinte koje ne sadrže hlapljive organske spojeve, koje mogu biti proizvedene od obnovljivih i održivih biljnih ulja – sojinog, lanenog i ostalih ili su proizvedene na vodenoj bazi. Otapala su prisutna u različitim sredstvima tiskarske industrije (tintama, premazima, ljepilima, sredstvima za čišćenje), a destilacijom ili filtracijom mogu se reciklirati otapala što je važno za ekonomično korištenje prirodnih resursa i postizanje održivosti [16].

2.5. Zahtjevi za ambalažu – kartonska kutija za jaja

U središtu suvremene prehrambene industrije je pakiranje hrane. Uspješni tehnolozi koji se bave različitim segmentima pakiranja hrane moraju imati širok spektar znanja iz različitih disciplina da bi dobro obavljali svoje profesionalne zadaće [2]. Prehrambena industrija postavlja posebne zahtjeve za ambalažu za pakiranje hrane zbog mogućih interakcija ambalaže i hrane: prelazak sastojaka hrane u ambalažni materijal, prelazak sastojaka ambalaže u hranu i prelazak plinova i vodene pare iz okoliša i hlapljivih organskih tvari iz hrane putem ambalaže [5]. Najvažnija svojstva papira i kartona o kojima treba razmišljati kada se proizvode papirna i kartonska ambalaža za pakiranje hrane su krutost, površina za tisak, upijanje, otpornost na pucanje, vlačna čvrstoća, otpornost na kiranje, tlačna čvrstoća i otpornost na masnoću [3].

Ambalaža od oblikovane pulpe koja se dobiva od otpadnog papira u prehrambenoj industriji se najčešće koristi za proizvodnju kutija za pakiranje jaja i za izradu različitih podložaka. Prednosti ambalaže od oblikovane pulpe su što je mehanički čvrsta, biorazgradiva, jednostavno se grafički obrađuje i jeftina je. Nedostaci su joj što je porozna, slaba je barijera za kisik, vodenu paru i ugljikov dioksid, može dovesti do gubitka arome i hlapljivih komponenti hrane. Papir, jer je građen od biljnih vlakana, može nabubriti pa se zbog neadekvatnih skladišnih uvjeta može deformirati, promijeniti dimenzije i izgubiti čvrstoću. Papirna ambalaža može se i zapaliti [17].

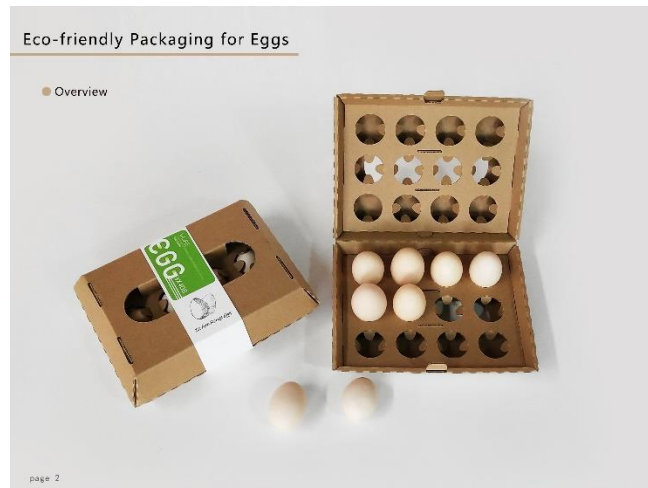
Jaja se prirodno nalaze u ambalaži, u svojoj ljusci. Premda relativno čvrsta, jaja su zapravo krhka jer se zbog oštećenja ljuske događaju veliki gubici. Ekonomski isplativa proizvodnja jaja traži da se jaja dobro zaštite specijalnom ambalažom. Ambalaža je važna komponenta u procesu isporuke jaja do kupaca. Ambalaža daje zaštitu za jaja, od [18]:

1. mikroorganizama (bakterija)
2. prirodnih predatora (neprijatelja)
3. gubitka vlage
4. upijanja mirisa
5. temperatura koje su uzrok propadanja jaja
6. mogućnosti drobljenja jaja.

Odgovarajuće rukovanje i skladištenje jaja pomaže kontrolirati gubitak vlage, a ambalaža sprečava gubitak vlage. Jaja trebaju kisik pa ambalažni materijal treba omogućiti ulazak kisika do jaja. Materijal korišten za pakiranje jaja mora biti čist i bez mirisa da bi spriječio kontaminaciju jaja neugodnim mirisima [18].

2.6. Primjeri održivih rješenja u proizvodnji kutija za jaja

Tržište je preplavljeno različitim vrstama ambalaže, a kartonske kutije za jaja su s obzirom na prodaju jaja kao prehrambenog proizvoda čest oblik ambalaže. Pretraživanjem interneta pronađeno je nekoliko primjera održivih rješenja u proizvodnji kartonskih kutija za jaja. U Shenzhen Voion Colour Box Co., Ltd. su osmislili inovativno održivo rješenje za pakiranje jaja. Ambalaža koju su predstavili načinjena je iz valovitog kartona koji je ekološki prihvatljiv materijal. Sam dizajn ambalaže napravljen je tako da se potpuno iskoriste fizička svojstva kartona, a jaja su djelomično izložena, ali su i dovoljno osigurana u transportu. Za sklapanje ambalaže nije potrebno ljepilo, ambalaža se jednostavno sastavlja savijanjem rukom. Vanjska kutija i uložak unutar nje su jedan komad koji se presavije i spreman je za pohranu jaja. Koristi se jedan list kartona pa je jednostavno rješenje koje smanjuje trošak materijala i proizvodnje, lako se sastavlja, velikim dijelom se može reciklirati i štiti okoliš. Kutije služe za čuvanje 12 jaja [19].



Slika 1. Kutija za jaja pametnog strukturnog dizajna od valovitog kartona

Izvor: Eco-friendly Packaging for Eggs, iF Design Award, dostupno na: <https://ifdesign.com/en/winner-ranking/project/eco-friendly-packaging-for-eggs/302599> (10.7.2024.)

PaperFoam® je nizozemska proizvodna tvrtka koja je predstavila kutije za jaja od potpuno biorazgradivih materijala koje se raspadaju, potpuno i prirodno i nakon raspadanja za njom ne ostaje nikakav trag. Napravljene su od 100 % recikliranog papira, mogu se reciklirati kod kuće ili u industrijskim procesima, vanjska struktura kutije je čvrsta, a unutrašnja je mekana što maksimalno osigurava proizvod. Kutije se prodaju s idejom da pojedinci moraju misliti zeleno, djelovati zeleno i korištenjem svake kutije smanjiti vlastiti ugljični otisak. Kutije služe za čuvanje 10 jaja [20].

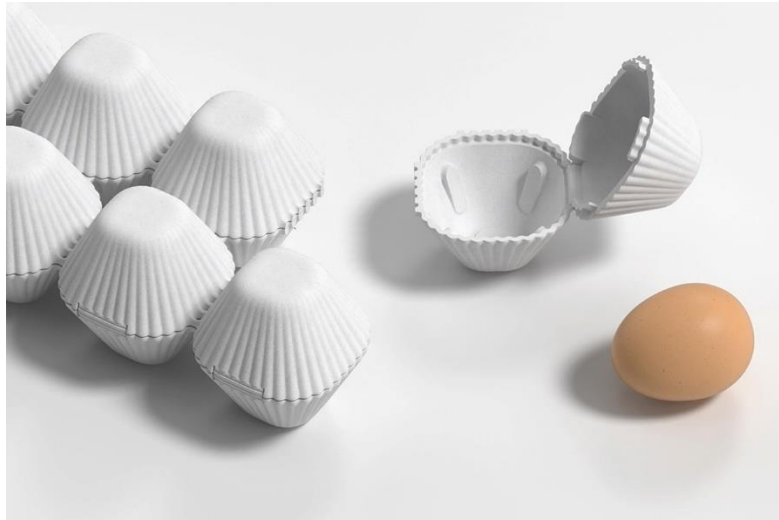


Slika 2. PaperFoam® biorazgradive kutije za jaja

Izvor: Eco-friendly egg carton solution for De Zwaanheuelhoeve, dostupno na: <https://www.paperfoam.com/portfolio/pluimveebedrijf-de-zwaanheuelhoeve/> (10.7.2024.)

Ambalaža Stamp Egg napravljena je od PaperFoam materijala koji se može kompostirati kod kuće, može se reciklirati, održiv je, ekološki prihvatljiv i ima nizak udio ugljika. PaperFoam materijal dobiva se od škroba, celuloznih vlakana i vode. Kompostira se ili reciklira kao papir.

Materijal je kompostabilan, a ambalaža je pametna. Svako jaje je pojedinačno omotano, ambalaža je odvojiva, lako se otvara i zatvara, štiti i omogućuje slaganje. Štedi prostor u hladnjaku, jaja se mogu lako brojati i ponijeti bilo gdje [21].



Slika 3. Ambalaža Stamp Egg napravljena od PaperFoam materijala

Izvor: This sustainable packaging for eggs is inspired by stamps & made from paper foam, dostupno na: <https://www.yankodesign.com/2022/01/14/this-sustainable-packaging-for-eggs-is-inspired-by-stamps-made-from-paper-foam/> (10.7.2024.)

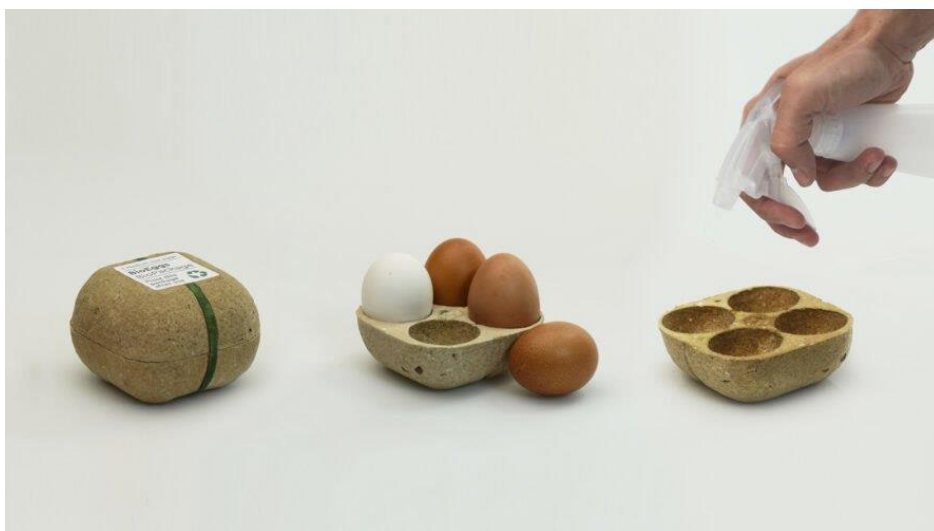
Dizajnerica Maja Szycpek odmaknula se od korištenja papira i kartona kao sirovina za proizvodnju kutija za jaja. Osmislila je novi koncept još ekološki prihvatljivijeg dizajna ambalaže za jaja koju je nazvala Happy Eggs, a proizvodi se od toplinski prešane slame. Prešana slama dostupna je u velikim količinama, za proizvodnju kutija treba malo proizvodnih resursa, a kutije su dostupna kao pakiranja za četiri, šest i deset jaja [22].



Slika 4. Kutija za jaja od toplinski prešane slame

Izvor: Sustainable Egg Cartons Made from Heat-Pressed Hay, dostupno na: <https://greenerideal.com/news/environment/0827-happy-eggs-sustainable-packaging/> (11.7.2024.)

Dizajner George Bosnas osmislio je kompaktnu kutiju za pakiranje jaja Biopack. Proizvodi se od pročišćene papirne pulpe, brašna, škroba i bioloških sjemenki mahunarki. Kada se proizvodi potroše, kutija za jaja ne treba se baciti, može se posaditi u zemlju i iz nje će proklijati zelene biljke. Proces recikliranja za Bosnasa je skup, složen i ne potpuno ekološki prihvatljiv pa je proizveo ambalažu koja se ne treba reciklirati, nego se može iskoristiti kao medij u tlu iz kojeg će niknuti biljke. Kutija služi za pohranu četiri jaja [23].



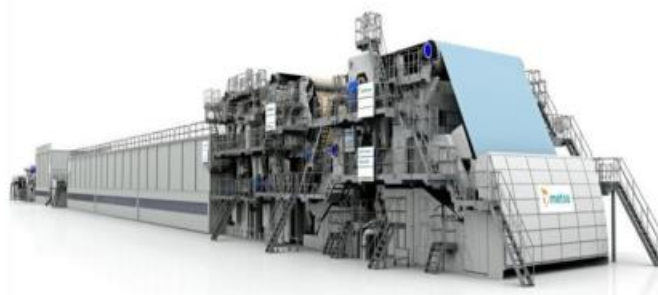
Slika 5. Biopack kutija za jaja koja se koristi za nicanje biljaka

Izvor: This egg carton is made out of seeds that sprout when replanted, dostupno na: <https://inhabitat.com/this-egg-carton-is-made-out-of-seeds-that-sprout-when-replanted/> (11.7.2024.)

3. PROIZVODNJA KARTONSKE AMBALAŽE

3.1. Općenito o proizvodnji kartonske ambalaže

Industrijska proizvodnja kartona počinje pripremom vlakana i papirne mase koja je glavna sirovina za proizvodnju kartona. Papirna masa priprema se od celuloze, drvenjače, polutvorenina i recikliranog papira. Za pripremanje pulpe od koje se proizvode razne vrste kartona koriste se različite recepture s različitim vrstama i omjerima vlaknastih materijala. Pulpa, kao masa za proizvodnju kartona, mora biti kvalitetna i odgovarajuća za proizvodnju kartona određene kvalitete. U pripremanju mase za proizvodnju kartona potrebno je pridržavati se glavnih koraka: prvo se vrši dispergiranje u vodi uz pomoć hidrapulpera, onda se vlaknaste sirovine melju do odgovarajućeg stupnja, slijedi miješanje različitih materijala prema recepturi za određenu vrstu kartona. U četvrtom koraku se dodaju mineralna punila, koliko treba ovisno o vrsti kartona, u petom se dodaju bojila i u šestom se dodaju veziva. Dobivaju se predobrađena vlakna koja se u spremnicima još pomiješaju s određenim punilima, vezivima i drugim dodacima i zatim se razrjeđuju, a gustoća ovisi o željenoj gramaži kartona. Omjer vlakana i vode se prilagođava prije nego što je pumpama doveden do natoka stroja za proizvodnju kartona. Moderni strojevi u proizvodnji kartona su velika postrojenja koja imaju sve radnje računalno kontrolirane [7].



Slika 6. Primjer stroja za proizvodnju kartona

Izvor: Petrić D, Vusić D, Geček R. Kartoni: od proizvodnje do konačne primjene. Tehnički glasnik. 2012;6(2):219-227.

Najveći broj strojeva ima dijelove za obavljanje ovih postupaka: dio za formiranje slojeva kartona, dio za prešanje, dio za sušenje, dio za površinsko keljenje, dio za kalandriranje ili glačanje, dio za premazivanje, dio za kalandriranje i poliranje, dio za namotavanje i rezanje role, dio za mjerenje i kontrolu i dio za strojno glačanje [7].

3.2. Reciklirani papir kao izvor sirovine za proizvodnju kartonske ambalaže

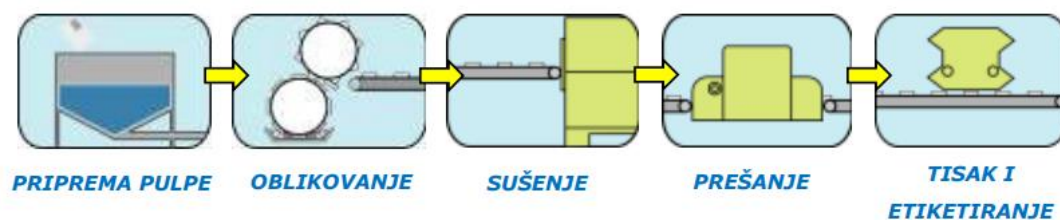
Za proizvodnju kartonske ambalaže koriste se različiti izvori sirovina, a jedna od njih su reciklirana vlakna koja se dobivaju od starog papira. Kroz proces reciklaže i separacije iskoristivo je oko 80 % starog prikupljenog papira, a 20 % su otpadni dijelovi (žice, klamerice, plastificirani dijelovi, spajalice i ljepila koja se teško uklanjaju) [7].

Reciklirana celulozna vlakna koriste se kao izvor sirovine za proizvodnju u papirnoj industriji već dugo vremena. Papirna industrija je korištenjem recikliranih celuloznih vlakana povećala održivost proizvodnje papira, ali iako su pozitivni učinci na okoliš jako važan dio proizvodnje, u proizvodnji se moraju dobiti visokokvalitetne sirovine koje se mogu koristiti u proizvodnji svakodnevnih predmeta i u proizvodnji ekskluzivnih predmeta [15].

Kvaliteta sirovine od recikliranih celuloznih vlakana pod utjecajem je čestica nečistoće i ljepljivih čestica koje mogu dolaziti iz reciklirane papirne pulpe ili djevičanske papirne pulpe. Celuloza i papir mogu biti kontaminirani ljepljivim onečišćenjima od ulaznih sirovina koje dolaze od adheziva, premaza, lakova i drugih sastojaka. Ljepljive čestice za vrijeme procesa dezintegracije mogu onečistiti papirnu pulpu, ako nisu odijeljene mogu se nataložiti u stroju za papir, pa uzrokovati prekide u procesu proizvodnje papira, rupe ili mrlje na listovima ili rolama papira i teškoće u tisku. Papirna sirovina se prosječno može reciklirati do sedam puta pa ako u prošlim procesima ljepljive čestice i čestice nečistoće nisu bile izdvojene, njihova se koncentracija može povećati. Ovisno od slučaja do slučaja, nekad velika kontaminacija neće dovesti do poremećaja u proizvodnom procesu, a nekad će mala kontaminacija ljepljivim tvarima izazvati poremećaje u proizvodnom procesu. Ljepljive čestice i čestice nečistoće mogu se izdvojiti iz reciklirane ili djevičanske papirne pulpe posebnim procesima [15].

3.3. Proizvodnja kartonske ambalaže u poduzeću Hartmann

Za proizvodnju kartonske ambalaže u poduzeću Hartmann koristi se reciklirani papir koji je dobiven prikupljanjem iz kućanstava, od nepročitanih novina, od otpadaka iz tiskarske industrije, od otpadaka u proizvodnji kartona i od bijelog papira koji je otpad kod proizvodnje papira. Otpadnom papiru se dodaju drvnjača i celuloza da se poveća kvaliteta pulpe. Proizvodnja se sastoji od pet koraka: pripreme pulpe, oblikovanja, sušenja, prešanja, tiska i etiketiranja [24].



Slika 7. Shema tehnološkog procesa prerade recikliranog papira

Izvor: Tehničko – tehnološko rješenje Hartmann d.o.o. Hrvatski centar za čistiju proizvodnju. Zagreb; 2013.

Prvi korak je pripremanje pulpe od vode i papira. Pulpa se dobiva postupkom razvlaknjivanja u kojemu se izdvajaju pojedinačna vlakna iz isprepletene strukture papira. Za razvlaknjivanje papira koriste se pulperi u kojima voda i rotacija propelera razvlaknuju papir. Kada završi postupak razvlaknjivanja u pulperu, kao rezultat tog procesa dobije se pulpa u kojoj je udio suhe tvari između 5 % i 8 %. Pulpa se pročišćava jer nečistoće mogu omesti tehnološki proces i smanjiti kvalitetu kutija za jaja. Koriste se centrifugalni pročištači i fibersorteri pomoću kojih se uklanjaju nečistoće kao ljepljiva, pijesak, metali, smole i ostali izvori onečišćenja [24].



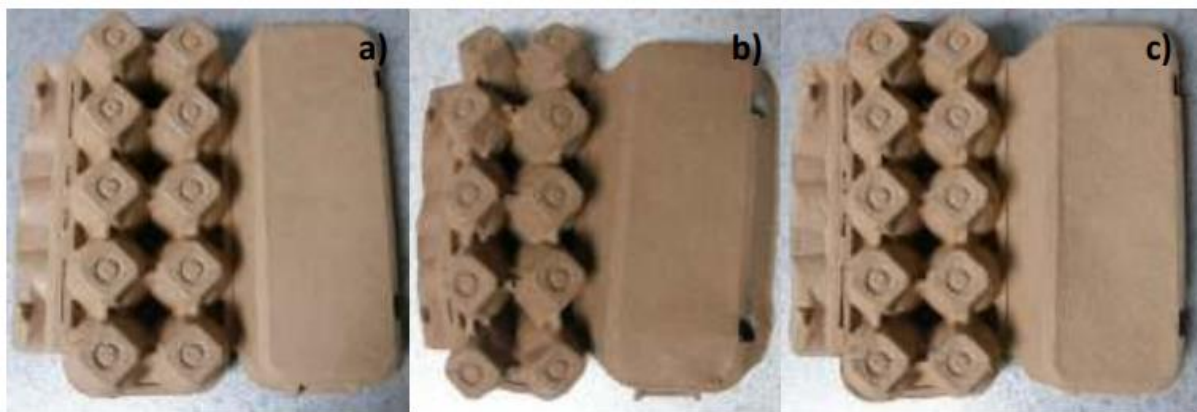
Slika 8. Centrifugalni pročištač (a), fibersorter (b)

Izvor: Tehničko – tehnološko rješenje Hartmann d.o.o. Hrvatski centar za čistiju proizvodnju. Zagreb; 2013.

Kod pročišćavanja i nakon dobivanja pročišćene pulpe, u pulpu se dodaje voda i nakon obrade u pulpi ima od 1 % do 1,5 % suhe tvari. Pulpi se dodaju kemikalije koje su potrebne da bi bila spremna za oblikovanje. Pripremljena pulpa se odvodi do stroja za oblikovanje. Kontroliraju se parametri pulpe – koncentracija, stupanj razvlaknjenosti, količina pepela, bjeloća i pH. Za proizvodnju sive pulpe dovoljno je kontrolirati parametre jednom u svakoj smjeni, za

proizvodnju bijele pulpe parametri se kontroliraju nakon svakog završetka rada pulpera. Pulpa se oblikuje na stroju za oblikovanje koji ima pet osnovnih dijelova: strojno korito, vakuum pumpu, usisni rotor, presni rotor, upravljački sustav. Za upravljanje strojem operater koristi automatski upravljački sustav pomoću kojega vodi i nadzire proces proizvodnje. Kada su proizvodi oblikovani, odlaze u sušaru na sušenje [24].

Proizvodi se suše u sušari. Kroz sušaru putuju na rešetkama, od 13 do 17 minuta, proizvodi se suše pomoću vrućeg zraka. Temperature u sušari su od 170 °C do 230 °C. U sušaru proizvod dolazi s od 27 % do 30 % suhe tvari, a izlazi s 94 % do 97 % suhe tvari. Sušenje utječe na proizvod. Proizvod se za vrijeme sušenja djelomično izobličiti i izgubi glatke bridove. Nakon sušenja proizvod se treba isprešati da se oblikuje željena forma i da se dobije proizvod na koji se može tiskati ili lijepiti etikete. Prešanje se radi na stroju za prešanje. Nakon prešanja proizvod se završno kontrolira. Svi proizvodi koji ne udovoljavaju standardima kvalitete se odbacuju. Prednost proizvodnje od recikliranog papira je što se svi proizvodi koji se odbace opet koriste za proizvodnju jer su sirovina za proizvodnju [24].



Slika 9. Izgled proizvoda u različitim fazama proizvodnje (a - prije sušenja, b - nakon sušenja, c - nakon prešanja)

Izvor: Tehničko – tehnološko rješenje Hartmann d.o.o. Hrvatski centar za čistiju proizvodnju. Zagreb; 2013.

4. PRAKTIČNI DIO RADA

4.1. Profil poduzeća Hartman d.o.o.

Hartmann je vodeće poduzeće specijalizirano za proizvodnju ambalaže od oblikovanih vlakana. Poduzeće je osnovano 1917. godine, sa sjedištem u Gentofteu, u Danskoj. Brødrene Hartmann A/S osnovala su tri brata - Carl, Louis i Gunnar Hartmann. Carl Hartmann razvio je tehnologiju za pakiranje koja je danas poznata kao Hartmannova tehnologija. Braća Hartmann svojim su inovacijama utemeljili praktičnu i održivu ambalažu. Prvu ambalažu za jaja napravljenu od 100 % recikliranog papira proizveli su 1956. godine, a navedena ambalaža mogla se i u daljnjim proizvodnim procesima reciklirati. Svoju inovativnu kutiju za 10 jaja prvi puta su proizveli 1973. godine [25].



Slika 10. Inovativna kutija za 10 jaja od prešanog papira proizvedena 1973. godine

Izvor: Over 100 years, Hartmann, <https://www.hartmann-packaging.com/world/about-us/history/>

Hartmann je danas vodeći svjetski proizvođač ambalaže za jaja proizvedene od oblikovanih vlakana, a zapošljava oko 2500 zaposlenika. Hartmann je i najveći svjetski proizvođač tehnologije za proizvodnju ambalaže od oblikovanih vlakana. U Južnoj Americi je vodeći proizvođač ambalaže za voće (pod imenom Sanovo Greenpack) te u Indiji. Hartmann ambalaža od oblikovanih vlakana prodaje se na tržištima cijeloga svijeta, a tržišta Europe, Južne Amerike i Sjeverne Amerike u ključna tržišta. Hartmann ima vodeću ulogu na tržištima u Europi, Južnoj Americi i Indiji [25].

Važan dio poslovnog modela Hartmanna su održivost i ekološka odgovornost, a temelj poslovanja je biorazgradiva ambalaža proizvedena od oblikovanih vlakana koja se dobivaju od recikliranog papira. Osim korištenja recikliranog papira, Hartmann već skoro pedeset godina koristi i druge ekološki održive prakse pa je 1976. godine instalirao biološki uređaj za pročišćavanje vode zbog posvećenosti zdravlju i zaštiti okoliša. Dio poslovne strategije poduzeća je stvaranje pozitivnih promjena, a jedan od ciljeva je smanjenje emisija CO² za 50 % do 2030. godine [25].

4.2. Materijali i metode

U ovom istraživanju korišteno je više različitih uzoraka. Kategorije otpadnog papira koje se koriste su:

- a) Otpadna kartonaža – ima najduža vlakna, sadrži oko 8 % pepela
- b) Otpadne revije – imaju kraća vlakna, sadrže od 15 % do 25 % pepela
- c) Otpadni bijeli papir i rezanci – imaju srednja vlakna, sadrže od 10 % do 20 % pepela
- d) Otpadne novine – najčešće imaju kraća vlakna, sadrže oko 11 % pepela, obično nema puno nepapirnih tvari u balama otpadnih novina

Kvaliteta otpadnih novina ovisi o tome koliko sakupni centri i/ili reciklažna dvorišta dobro sortiraju papir – ako loše sortiraju papir, onda se uz papir dobije i puno nepapirnih tvari izrađenih od plastike, folije, metala i ostalih materijala. Cilj istraživanja koje je opisano u nastavku je analiza recikliranog papira kao materijala za proizvodnju kartonskih kutija za jaja, uključujući njegove prednosti i nedostatke.

Kako bi se odredila kvaliteta finalnog proizvoda provedena su sljedeća ispitivanja: određivanje sadržaja pepela, određivanje suhe tvari, test utezanja, određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom i test čvrstoće lloyd lr 5k uređajem.

4.3. Određivanje sadržaja pepela

Pojam pepeo se odnosi na anorganski ostatak koji ostaje nakon paljenja ili potpune oksidacije organske tvari u uzorku. Određivanje sadržaja pepela je prvi korak u pripremi uzorka za specifičnu elementarnu analizu. Određivanje sadržaja vlage također je uključeno tako da se podaci o sadržaju pepela mogu izraziti i na mokroj i na suhoj osnovi.

4.3.1. Suho i mokro spaljivanje

Suho spaljivanje odnosi se na upotrebu prigušene peći koja može održavati temperature od 500°C do 600°C. Voda i hlapljive tvari isparavaju, a organske tvari izgaraju u prisutnosti kisika u zraku do CO₂ i oksida N₂. Većina minerala se pretvara u okside, sulfate, fosfate, kloride i silikate. Elementi kao što su Fe, Se, Pb, Hg mogu djelomično ispariti ovim postupkom pa se moraju koristiti druge metode ako je spaljivanje preliminarni korak za određene elemente analize.

Kod suhog spaljivanja koriste se mufle peći. Dostupno je nekoliko modela prigušenih peći, u rasponu od jedinica velikog kapaciteta koje zahtijevaju napajanje od 208 V ili 240 V do malih stolnih jedinica koje koriste utičnice od 110 V.

Odabir lončića za spaljivanje od ključne je važnosti jer vrsta ovisi o specifičnosti upotrebe. Mogu se koristiti kvarcni lončići, porculanski lončići, čelični lončići, platinasti lončići i lončići od kvarcnog stakla.

Kvarcni lončići su otporni na kiseline i halogene, ali ne i na lužine, pri visokim temperaturama. Spaljivanje na nižoj temperaturi od 500 °C do 525 °C može rezultirati nešto većim vrijednostima pepela zbog manjeg raspadanja karbonata i gubitka hlapljivih tvari.

Porculanski lončići po svojim svojstvima nalikuju kvarcnim lončićima, ali nisu toliko otporni na visoke temperature te će prilikom izlaganja jako visokim temperaturama doći do pucanja. Porculanski lončići su relativno jeftini i najčešće se koriste.

Čelični lončići su otporni na kiseline i lužine i pristupačni su, ali se sastoje od kroma i nikala, koji su mogući izvori kontaminacije.

Platinasti lončići su vrlo inertni i obično su najbolji izbor, ali im je cijena dosta visoka, te nisu isplativi za rutinsku upotrebu velikog broja uzoraka.

Lončići od kvarcnog stakla mogu izdržati temperature do čak 1000 °C, porozni su, omogućavaju zraku da cirkulira oko uzorka i ubrzava izgaranje.

Prednosti konvencijalnog suhog spaljivanja su u tome što je to sigurna metoda, ne zahtijeva dodavanje reagensa ili oduzimanje slijepa probe, a potrebno je malo pozornosti nakon što počne paljenje. Obično je moguće rukovanje s više broja lončića odjednom, a dobiveni pepeo se može koristiti u drugim analizama za pojedinačne elemente. Nedostatak je skupa oprema.

Mokro spaljivanje ponekad se naziva mokra oksidacija ili mokra digestija. Njegova primarna upotreba je priprema za specifične analize minerala i metalnih otrova. Laboratoriji za analitička ispitivanja često koriste samo mokro spaljivanje u pripremi uzoraka za određene mineralne analize (npr. Fe, Zn, Cu, P), jer bi došlo do gubitka zbog isparavanja tijekom suhog spaljivanja. Postoji nekoliko prednosti korištenja mokrog spaljivanja. Minerali obično ostaju u otopini, a gubitak od isparavanja je mali ili nikakav zbog niže temperature. Nedostaci mokrog spaljivanja su da zahtjeva gotovo stalnu pažnju operatera, potrebni su korozivni reagensi i samo mali broj uzoraka može se spaliti na ovaj način odjednom.

4.3.2. Određivanje sadržaja pepela na podlošcima za jaja

Sadržaj pepela sirovine ključan je parametar za postotak suhe tvari na stroju za oblikovanje proizvoda. Povećanje postotka suhe tvari za 1 % znači uštedu energije od 3 % do 4 %. Optimalni sadržaj pepela u odnosu na sadržaj suhe tvari iznosi oko od 9 % do 12 % pepela, ovisno o vrsti/veličini stroja za oblikovanje proizvoda. Niži postotak pepela značajno smanjuje sadržaj suhe tvari. Nažalost, visok postotak pepela smanjuje čvrstoću proizvoda. Stoga kod optimizacije sustava oblikovanja proizvoda na stroju treba uzeti u obzir obje ove činjenice. Prema specifikacijama poduzeća koje proizvodi podloške za jaja sadržaj pepela treba biti od 9 % do 12% pepela.

Sadržaj pepela određuje se izgaranjem poznate težine papira pri 575 °C (CaCa_3) ili 900 °C (C_2O). Sadržaj pepela iskazuje se kao postotak. Novi uređaji mogu odrediti sadržaj pepela u nekoliko minuta. Postoje i naprednije on-line ili polu on-line metode. Sadržaj pepela važan je faktor u standardnoj industriji papira.



Slika 11. Peć za spaljivanje, digitalna vaga za mjerenje, ostatak nakon spaljivanja (pepeo)

Izvor: Autorica

Određivanje sadržaja pepela na podloščima za jaja potrebno je napraviti u skladu s pravilima poduzeća, ali najčešće u tri situacije:

- a) Kod istovara sirovine (sve pošiljke)
- b) Nakon pulpiranja/razvlaknjivanja (lokalne specifikacije*)
- c) Suhi proizvod (lokalne specifikacije*)

Lokalne specifikacije znače da svako poduzeće koje se bavi proizvodnjom podložaka za jaja radi analizu fluktuacije sadržaja pepela na svakoj proizvodnoj liniji i na temelju tih podataka određuje učestalost lokalnog određivanja pepela. Ako je sadržaj pepela vrlo stabilan tada ne

treba puno mjerenja, ali ako postoji mnogo fluktuacija u sadržaju pepela tada treba povećati učestalost mjerenja.

Moguća je i korekcija sadržaja suhe tvari. Dodavanjem papira s većim ili manjim sadržajem pepela (ili dodavanjem novih punila) možemo utjecati na značajke sadržaja suhe tvari (stabilizacija težine, utrošak energije). Preduvjeti su: dobro organiziran sustav sortiranja sirovine, kontrola recepture i česta komunikacija sa dobavljačima sirovine.

Uređaji koji se koriste za određivanje pepela su:

- a) Laboratorijska analiza – (Hartmann za brzu analizu pepela koristi usluge laboratorija Gaßner Glastechnik GmbH)
- b) Peć

Sadržaj pepela je kruta tvar preostala nakon izgaranja koja sadrži okside i druge spojeve. Da bi se odredio sadržaj pepela, potrebni alati su:

- a) Lončić (platina, porculan, kvarc)
- b) Komora za izgaranje, peć
- c) Vage (mjerna osjetljivost: 0,001 g)

Kod pripreme uzorka za mjerenje treba se pridržavati sljedećih načela:

- a) Uzorak mora biti potpuno suh (apsolutno suh)
- b) Od uzorka treba odvagati 1 g pri mjernoj preciznosti od 0,01 g (m_p - masa podloška)
- c) Lončić mora biti izložen temperaturi od $900^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$.

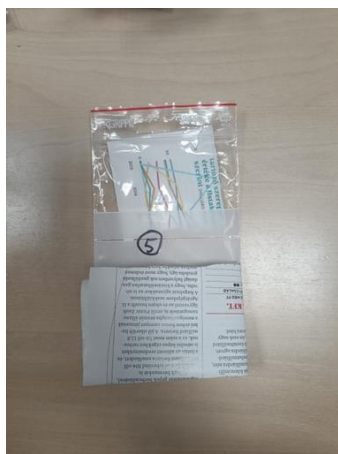
Prihvatljive granične vrijednosti sadržaja pepela variraju kod različitih Hartmann tvornica, no optimalne vrijednosti su od 9 % do 12 % pepela.

Potrebno je izvagati 1 g suhog papira na vagi mjerne osjetljivosti od 0,001 g (m_p) i staviti odvagani papir u držač/spremnik. Zatim treba staviti spremnik s izvaganim uzorkom papira u GGM uređaj, zapaliti papir te dodavanjem kisika pričekati da papir potpuno izgori.

Naposljetku treba izvagati težinu preostalog pepela (m_A) te izračunati sadržaj pepela korištenjem sljedeće formule:

$$\text{sadržaj pepela \%} = \frac{m_A}{m_P} \cdot 100$$

Važno pravilo kalibracije i održavanja je da vage trebaju biti kalibrirane od strane vanjskog laboratorija.





Slika 12. Vrste otpadnog papira koje se koriste u proizvodnji

Izvor: Autorica

4.4. Određivanje suhe tvari

Apsolutna suha težina koja se naziva i *suha kost* određuje se sušenjem uzorka na 130 °C tijekom 60 minuta. Razlika u gramima je isparavanje vode.

Određivanje suhe tvari vrši se prema potrebi, a lokalne specifikacije poduzeća Hartmann specificiraju da svako mjesto napravi analizu opće fluktuacije na liniji i iz toga odredi lokalnu potrebu za učestalošću mjerenja. Ako je vrijednost vrlo stabilna tada je potrebno manje mjerenja, ali ako imamo previše fluktuacija tada bi frekvencija trebala biti visoka.

Za određivanje suhe tvari koristi se:

- a) Ventilirani ormar za grijanje na 130 °C ± 3 °C
- b) Analiza težine 0,1g

Treba osušiti pakiranje 60 minuta i zabilježiti težinu u gramima (dok se ne dobije kontinuiranu konstantu težine).

Primjer mjerenja je metoda sušenja po težini. Ova metoda je također opisana u ISO 3130:1975 i provodi se tako što se drveni uzorak poznate težine suši na 130 °C ± 2 °C dok se ne postigne stabilna težina. Gubitak težine odgovara isparenoj vodi i izračunava se u % suhe težine uzorka.

Primjer je sljedeći:

Uzorak kartona prije sušenja: 203 g

Težina uzorka nakon sušenja: 168g

Gubitak težine (isparena voda): 35 g

Vlažnost kartona:

$$\frac{35}{168} \times 100 \% = 20,8 \%$$



Slika 13. Ventilirani ormar za grijanje

Izvor: Autorica

4.5. Test utezanja

Svrha testa utezanja je provjeriti utezanje pulpe (direktno na pulpi, ili na sirovini ili na podlošku). Vlakna te raspodjela i sastav vlakana u pulpi direktno utječu na utezanje. Na utezanje također utječu temperature sušenja vlakana te neki aditivi.

Učestalost i vrijeme provedbe testa utezanja određuje se lokalnim planom laboratorija, radi se i na zahtjev ili u slučaju istraživanja uzroka reklamacije. Za provedbu testa utezanja koriste se sljedeći uređaji i materijali:

- a) Dezintegrator (mini pulper) (3000 rpm)
- b) 60 grama podloška ili papira
- c) 2 L destilirane vode
- d) Sušionik sa ventilacijom 100 °C

e) Aparatura za formiranje lista

Prvo je potrebno razvlakniti uzorak u trajanju od 10 minuta u mini pulperu. Nakon toga treba napraviti tri lista korištenjem aparature za formiranje listova. Na mokrom listu treba napraviti sljedeće oznake: 3 x liniju dužine 20 cm (po dužini), 3 x liniju dužine 10 cm (po širini). Moke listove nakon toga treba staviti između 3 sloja upijajućeg papira. Listove treba sušiti u sušioniku na 100 °C dok ne postanu suhi. Listovi moraju ostati ravni, ne smije doći do deformacije pa ih treba fiksirati metalnom pločom.



Slika 14. Deformirani podložak, podlošci s odgovarajućim postotkom utezanja

4.6. Određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom

Vodootpornost osigurava otpornost proizvoda na tekuću vodu. Upijanje tinte se mjeri zapornom urom. Specijalno pripremljena tinta kapaljkom se dozira na podložak koji je osušen na zraku. Dvanaest kapi se dozira na različita mjesta na podlošku i promatra se upijanje. Vrijednost se mjeri u minutama. Mjerenjem upijanja tinte kontrolira se količina primjesa tj. dodataka u papirnoj masi.

Vodootpornost treba određivati jednom u svakoj smjeni za uzorke koji potječu iz svih strojeva za kalupljenje. Prema lokalnoj specifikaciji, svako mjesto mora napraviti analizu opće fluktuacije na liniji i iz toga odrediti lokalnu potrebu za učestalošću mjerenja. Ako je vrijednost vrlo stabilna tada je potrebno manje mjerenja, ali ako je prisutno previše fluktuacija tada bi frekvencija trebala biti visoka

Za mjerenje vodootpornosti potrebna je sljedeća oprema:

- a) specifična mješavina tinte, vode, mravlje kiseline i boje Basacid Grün 970 (prema formuli danoj u dodatku prikazanoj u nastavku)
- b) alat za ispuštanje



Slika 15. Ispitivanje vodonepropusnosti tintom na podlošcima

Izvor: Autorica

Formula za pripremu kapaljke za količinu od 2000 cm³ je sljedeća:

- a) 25,0 g Basacid Grün 970 BASF;
- b) 20,0 g mravlje kiseline 100%;
- c) destilirana voda za punjenje do 2000 cm³

Najprije treba staviti boju u odmjernu tikvicu i temeljito promiješati s približno 1500 cm³ vode. Zatim treba u otopinu dodati mravlju kiselinu i potpuno je homogenizirati. Na kraju treba dopuniti otopinu do oznake.

Kako bi se provjerio sadržaj mravlje kiseline u otopini, treba titrirati završenu tintu titrantom NaOH dok njen pH ne dosegne 7,0. Potrebno je koristiti pH metar za pokazivanje prijelazne točke.

Točnu koncentraciju mravlje kiseline treba izračunati pomoću sljedeće formule:

$$\text{Formic acid \%} = \frac{4,6 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{usedNaOH}}}{V_{\text{measuredinsample}}}$$

Koncentracija mravlje kiseline u tinti treba biti $\pm 0.04\%$.

Prvo se vrši priprema mjerenja i uzorkovanja. Ako se u tehnologiji koristi parafin, uzorak treba ostaviti da odstoji 10 minuta prije mjerenja. Ako je korištena kemikalija ljepilo tipa AKD, uzeti uzorak treba *odležati*, a to znači da ga treba toplinski obraditi 5 minuta u sušionici na temperaturi od 150 °C. Prije mjerenja uzorak također treba temperirati dok ne postigne temperaturu okoline.

Mjerenje se vrši tako da se stavi 12 kapi tinte na površinu uzorka pomoću alata za kapanje na način da razmak između kapi bude minimalno od 1 do 2 cm. Kada se kutija testira, treba nakapati 6×6 kapi na vanjsku površinu poklopca, odnosno na vanjsku površinu čaše. Ako se testira pladanj, 12 kapi treba ravnomjerno rasporediti na vanjsku površinu. Potrebno je zabilježiti vrijeme ispuštanja.

- Potrebno je zabilježiti vrije kada se od ukupno 12 točaka upije njih 6
- Vrijednost testa tinte je razlika između dvije vremenske točke.

Katkad je potrebno provesti korektivne radnje i to u dva slučaja. Prvi je ako je vrijednost testa tinte manja od 15 minuta, onda je potrebno povećati količinu dodanog parafina ili ljepila tipa AKD u pulpi. Drugi je ako je vrijednost testa tinte veća od 45 minuta, onda je potrebno smanjiti količinu dodanog parafina ili ljepila tipa AKD u pulpi.

4.7. Test čvrstoće lloyd lr 5k uređajem

Crush test radi se na gotovim, zračno suhim proizvodima. Test se izvodi pomoću uređaja Lloyd Instrumenta tipa LR5K koji daje pritisak od 5 kN. Uređaj je priključen na računalo i ima program koji bilježi izmjerene vrijednosti. Testiranje počinje vaganjem proizvoda. Proizvod je potrebno izvagati neposredno prije testiranja jer se duljim izlaganjem neklimatiziranom zraku njegova masa mijenja. Prije uključivanja crush testera, potrebno je podesiti gornju tj. pritisnu ploču na visinu dovoljnu za umetanje proizvoda. U programu koji bilježi izmjerene vrijednosti postavimo novo mjerenje. U prvo polje upisuje se komercijalni naziv proizvoda, a u drugo njegova masu. Mjerenje započinje u trenutku pritiska tipke OK. Pritisna ploča se spušta na proizvod i tlači ga silom od 5 kN na putu od 1,5 cm. Tijekom mjerenja, program bilježi otpor [J] koji je proizvod pružio i zapisuje ga.

Kompresija: Tlačna čvrstoća materijala za pakiranje jaja izražena u N.

Test čvrstoće provodi se prema potrebni, odnosno u skladu s lokalnim specifikacijama. Svako mjesto u proizvodnji treba napraviti analizu opće fluktuacije na liniji i iz toga odrediti lokalnu potrebu za učestalošću mjerenja. Ako je vrijednost vrlo stabilna tada je potrebno manje mjerenja, ali ako je prisutno previše fluktuacija tada bi frekvencija trebala biti visoka.

Za provođenje je potrebna računalno upravljana oprema tipa Lloyd LR 5K. Za mjerenje je potreban uzorak uzet nakon stroja za naknadno prešanje. Potrebno je uzeti pet uzoraka od svih vrsta. Nakon označavanja (datum, vrijeme, MM¹), ladice i kutije treba staviti u prostoriju s kontroliranom klimom (23 °C, relativna vlažnost 50 %) (12 °C, relativna vlažnost 85 %) tako

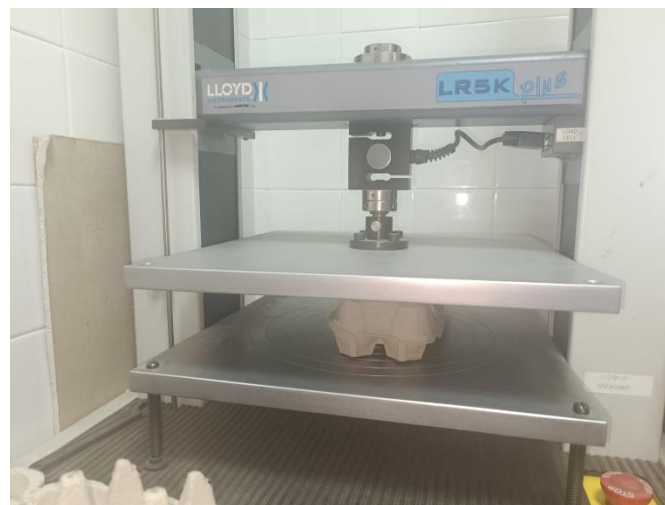
¹ Godina

da postoji dobra cirkulacija zraka oko svakog kartona. Čak i posljednji uzeti uzorak trebao bi provesti 3 sata u klimatiziranoj sobi prije mjerenja. Treba izmjeriti težinu uzorka prije ispitivanja tlačne čvrstoće.

Načelo mjerenja kompresije je da se opterećenje primjenjuje na cijelu površinu uzorka pomoću kontrolne ćelije od 5000N i međuploče te se bilježi maksimalno opterećenje (N_{max}) potrebno za određenu kompresiju. Parametri mjerenja programiraju se ručno. Rezultat mjerenja treba izračunati kao prosjek rezultata izmjerenih na 5 uzoraka. Kutije treba mjeriti u zatvorenom položaju.

Ako su vrijednosti kompresije proizvoda dulje vremensko razdoblje niže od odgovarajućih vrijednosti, treba poduzeti korektivne mjere uz blisku suradnju s proizvodnjom.

Što se tiče kalibracije, ne postoji posebna operacija kalibracije samo za stroj za kompresiju. Korisno je provjeriti status sustava korištenjem standardne mjerne ćelije treće strane (eksterna kalibracija) svake godine.



Slika 16. Uređaj za ispitivanje čvrstoće Lloyd LR5K

Izvor: Autorica



Slika 17. Uređaj za praćenje temperature i vlage zraka

Izvor: Autorica

4.8. Rezultati i rasprava

Za potrebe rada obavljena je analiza više vrsta otpadnog papira te kontrola kvalitete gotovih proizvoda u laboratoriju tvrtke Hartmann d.o.o. Mjerenja su izvršena na 6 različitih tipova podložaka za jaja. Uzimanje podložaka vršilo se nasumičnim odabirom u različitom vremenskom periodu.

U svrhu istraživanja odrađeno je 5 različitih tipova mjerenja, a to su određivanje sadržaja pepela, apsolutna suha težina, test utezanja, određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom i test čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem.

Za određivanje sadržaja pepela korištena je peć za spaljivanje manjeg kapaciteta. Metoda sušenja po težini rađena je pomoću ventiliranog ormara za grijanje. Kod ova dva mjerenja korištena je i digitalna vaga.

Test utezanja odrađen je na gotovim mokrim podloščima, a sušenje se odvalo uz pomoć ventiliranog ormara za grijanje.

Vodootpornost osigurava otpornost proizvoda na tekuću vodu, a za njeno ispitivanje korištena je specifična mješavina tinte, vode, mravlje kiseline i boje Basacid Grün 970.

Crush test radi se na gotovim, zračno suhim proizvodima. Test se izvodi pomoću uređaja Lloyd Instrumenta tipa LR5K koji daje pritisak od 5 kN. Uređaj je priključen na računalo i ima program koji bilježi izmjerene vrijednosti. Rezultati analiza zapisani su u obliku tablica radi lakše preglednosti.

4.8.1. Rezultati određivanja pepela

Pepeo se odnosi na anorganski ostatak koji ostaje nakon paljenja ili potpune oksidacije organske tvari u uzorku. Sadržaj pepela u sirovini ključni je parametar za postotak suhe tvari na stroju za oblikovanje proizvoda. Povećanje postotka suhe tvari za 1 % znači uštedu energije od 3 % do 4 %. Optimalni udio pepela u odnosu na udio suhe tvari je otprilike od 9 % do 12 % pepela, ovisno o vrsti/veličini stroja za oblikovanje proizvoda. Manji postotak pepela značajno smanjuje sadržaj suhe tvari. Nažalost, visok postotak pepela smanjuje snagu proizvoda.

Za određivanje sadržaja pepela korišteno je 10 uzoraka otpadnog papira i kartona koji se koriste u proizvodnji podložaka za jaja. Važno je znati koliko koja vrsta otpadnog papira ima udio anorganski tvari u sebi kako bi bilo moguće pravilno doziranje svake pojedine vrste radi dobivanja kvalitetnog i tehnički ispravnog proizvoda.

UZORAK 1		
Mjerenje 1	m1=1,084 g	10,7%
	m2=0,116 g	
Mjerenje 2	m1=1,404 g	9,7%
	m2=0,137	
UZORAK 2		
Mjerenje 1	m1=1,236 g	26,21%
	m2=0,324 g	
Mjerenje 2	m1=1,118 g	27,28%
	m2=0,305 g	
UZORAK 3		

Mjerenje 1	m1=1,362 g	28,34%
	m2=0,386 g	
Mjerenje 2	m1=1,290 g	26,05%
	m2=0,336 g	
UZORAK 4		
Mjerenje 1	m1=1,442 g	22,34%
	m2=0,323 g	
Mjerenje 2	m1=1,333 g	22,36%
	m2=0,298 g	
UZORAK 5		
Mjerenje 1	m1=1,345 g	23,20%
	m2=0,312 g	
Mjerenje 2	m1=1,481 g	22,82%
	m2=0,338 g	
UZORAK 6		
Mjerenje 1	m1=1,373 g	8,52%
	m2=0,117 g	
Mjerenje 2	m1=1,475 g	8,34%
	m2=0,123 g	
UZORAK 7		
Mjerenje 1	m1=1,446 g	13,17%
	m2=0,193 g	
Mjerenje 2	m1=1,495 g	13,51%
	m2=0,202 g	
UZORAK 8		
Mjerenje 1	m1=1,106 g	9,95 %
	m2=0,110 g	
Mjerenje 2	m1=1,120 g	

	m2=0,109 g	9,73%
UZORAK 9		
Mjerenje 1	m1=1,312 g	4,88%
	m2=0,064 g	
Mjerenje 2	m1=1,109 g	4,42%
	m2=0,049 g	
UZORAK 10		
Mjerenje 1	m1=1,236 g	
	m2=0,097 g	7,84%
Mjerenje 2	m1=1,308 g	8,11%
	m2=0,106 g	

Tablica 2. Količina pepela (g) u raznim vrstama otpadnog papira

Izvor: Autorica

Uzorci 1 i 8 imaju najoptimalniji sadržaj pepela koji iznosi kod uzorka 1 10,2 % a kod uzorka 8 9,84 %. Kod uzoraka 6, 9 i 10 uočeni su nešto niži postoci sadržaja pepela od onog koji je optimalan, dok su kod uzoraka 2, 3, 4, 5 i 7 dosta značajniji postoci pepela koji prelaze čak 20 %.

Iz navedenih rezultata iz tablice vidljivo je da su dobiveni rezultati u skladu s propisima ISO 2144:1993 Papir i karton.

4.8.2. Rezultati metode sušenja po težini

UZORAK 1		
STROJ 1		
Mjerenje 1	m1(mokrog)= 136 g	28,7 %
	m2(suhog)= 39 g	
Mjerenje 2	m1(mokrog)= 142 g	

	m2(suhog)= 45 g	31,6 %
UZORAK 2		
STROJ 2		
Mjerenje 1	m1(mokrog)= 227,2 g	
	m2(suhog)= 70 g	30,8 %
Mjerenje 2	m1(mokrog)= 230,5 g	
	m2(suhog)= 71,5 g	31 %
UZORAK 3		
STROJ 6		
Mjerenje 1	m1(mokrog)= 113,4 g	
	m2(suhog)= 35 g	30,86%
Mjerenje 2	m1(mokrog)= 115 g	
	m2(suhog)= 35 g	29,04%
UZORAK 4		
STROJ 5		
Mjerenje 1	m1(mokrog)= 211,7 g	
	m2(suhog)= 61,2 g	28,91 %
Mjerenje 2	m1(mokrog)= 208,7 g	
	m2(suhog)= 59,2 g	28,38%
UZORAK 5		
STROJ 3		
Mjerenje 1	m1(mokrog)= 139,3 g	

	m2(suhog)= 43,4 g	31,15%
Mjerenje 2	m1(mokrog)= 141 g	31,21%
	m2(suhog)= 44 g	
UZORAK 6 STROJ 4		
Mjerenje 1	m1(mokrog)= 149 g	29,53 %
	m2(suhog)= 44 g	
Mjerenje 2	m1(mokrog)= 147,3 g	28,58 %
	m2(suhog)= 42,1 g	

Tablica 3. Rezultati metode sušenja po težini

Izvor: Autorica

Kada su potrebne korektivne radnje, prvi korak je utvrditi je li kupac zatražio povećanje mase proizvoda radi povećanja čvrstoće. Ako takav zahtjev postoji, neće se izvršiti prilagodba mase. Povećana masa može biti rezultat prekomjernog omjera sirovog materijala i vode, što također može dovesti do problema sa sušenjem. Osim toga, ova neravnoteža može uzrokovati da proizvodi postanu tanki i deformirani. Suprotno tome, niži omjer sirovina u vodi rezultira smanjenjem mase proizvoda, što dovodi do nedostataka kao što je nemogućnost pravilnog brtvljenja proizvoda i nesavršenosti rubova. Naknadna korektivna mjera uključuje ispitivanje omjera sirovog materijala i vode i procjenu upotrebe aditiva, budući da ti čimbenici mogu pridonijeti i povećanju i smanjenju mase.

4.8.3. Rezultati testa utezanja

UZORAK 1		
STROJ 1		
Mjerenje 1	linija utezanja1(mokrog)= 20 cm	

	linija utezanja2(suhog)= 19,3 cm	3,5 %
Mjerenje 2	linija utezanja1(mokrog)= 20 cm	
	linija utezanja 2(suhog)= 19,4 cm	3 %
UZORAK 2		
STROJ 2		
Mjerenje 1	linija utezanja 1(mokrog)= 20 cm	
	linija utezanja 2(suhog)= 19,4 cm	3 %
Mjerenje 2	linija utezanja 1(mokrog)= 20 cm	
	linija utezanja 2(suhog)= 19,4 cm	3 %
UZORAK 3		
STROJ 6		
Mjerenje 1	linija utezanja 1(mokrog)= 20 cm	
	linija utezanja 2(suhog)= 19,2 cm	4 %
Mjerenje 2	linija utezanja 1(mokrog)= 20 cm	
	linija utezanja 2(suhog)= 19,8 cm	1 %
UZORAK 4		
STROJ 5		
Mjerenje 1	linija utezanja 1(mokrog)= 20 cm	
	linija utezanja 2(suhog)= 19,5 cm	2,5 %
Mjerenje 2	linija utezanja 1(mokrog)= 20 cm	
	linija utezanja 2(suhog)= 19,6 cm	2 %
UZORAK 5		

STROJ 3		
Mjerenje 1	linija utezanja 1(mokrog)= 10 cm	2 %
	linija utezanja 2(suhog)= 9,8 cm	
Mjerenje 2	linija utezanja 1(mokrog)= 10 cm	2 %
	linija utezanja 2(suhog)= 9,8 cm	
UZORAK 6		
STROJ 4		
Mjerenje 1	linija utezanja 1(mokrog)= 10 cm	1 %
	linija utezanja 2(suhog)= 9,9 cm	
Mjerenje 2	linija utezanja 1(mokrog)= 10 cm	2 %
	linija utezanja 2(suhog)= 9,8 cm	

Tablica 4. Rezultati testa utezanja

Izvor: Autorica

Sastav i raspodjela vlakana u pulpi imaju izravan utjecaj na težinu, kao i temperature sušenja vlakana i određeni dodaci. Idealno utezanje trebalo bi biti unutar raspona od 2 % do 3%; odstupanja od ovog raspona mogu rezultirati deformacijom podloške. Uzorak 3 ima nešto malo odstupanja što ukazuje na to da je potrebno regulirati temperaturu kako ne bi došlo do deformiranja podložaka.

4.8.4. Rezultati određivanja vodootpornosti metodom ispitivanja tintom

Vodootpornost osigurava otpornost proizvoda na vodu i vlagu.

UZORAK 1 STROJ 6	
Mjerenje 1	12,53 min
Mjerenje 2	15,00 min

Mjerenje 3	12,09 min
Mjerenje 4	12,21 min
Mjerenje 5	12,30 min
Mjerenje 6	12,52 min
UZORAK 2 STROJ 1	
Mjerenje 1	12,56 min
Mjerenje 2	12,27 min
Mjerenje 3	12,02 min
Mjerenje 4	11,08 min
Mjerenje 5	11,40 min
Mjerenje 6	12,15 min
UZORAK 3 STROJ 4	
Mjerenje 1	11,51 min
Mjerenje 2	11,24 min
Mjerenje 3	11,27 min
Mjerenje 4	11,02 min
Mjerenje 5	11,17 min
Mjerenje 6	11,05 min
UZORAK 4 STROJ 2	
Mjerenje 1	13,11 min
Mjerenje 2	12,05 min
Mjerenje 3	12,07 min
Mjerenje 4	11,00 min
Mjerenje 5	11,01 min

Mjerenje 6	11,48 min
UZORAK 5 STROJ 3	
Mjerenje 1	14,59 min
Mjerenje 2	15,09 min
Mjerenje 3	15,30 min
Mjerenje 4	15,30 min
Mjerenje 5	15,25 min
Mjerenje 6	15,42 min
UZORAK 6 STROJ 4	
Mjerenje 1	10,50 min
Mjerenje 2	10,47 min
Mjerenje 3	10,55 min
Mjerenje 4	10,36 min
Mjerenje 5	10,35 min
Mjerenje 6	10,37 min

Tablica 5. Rezultati određivanja vodootpornosti metodom ispitivanja tintom

Izvor: Autorica

Prema Hartmannovom internom standardu ako je vrijednost testa tinte manja od 15 minuta, potrebno je povećati količinu dodanog parafina ili ljepila tipa AKD u pulpi. Ako je vrijednost testa tinte veća od 45 minuta, potrebno je smanjiti količinu dodanog parafina ili ljepila tipa AKD u pulpi. Prema dobivenim rezultatima vidljivo je da je potrebno dodavanje parafina ili ljepila u smjesu za uzorke 1,2,3,4 i 6 s obzirom na to da su rezultati manji od 15 minuta kako je propisano.

4.8.5. Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem

Tlačna čvrstoća materijala za pakiranje jaja izražena je u N.

Referenca serije	Datum kontrole	Vrijeme kontrole	Kompresija/N
38/10	22.01.2024.	9:38:09	867,0364
38/10	22.01.2024.	9:38:42	832,7434
38/10	22.01.2024.	9:39:14	882,5509
38/10	22.01.2024.	9:39:47	843,4439
38/10	22.01.2024.	9:40:19	864,8721
SREDNJA VRIJEDNOST			858,12934

Tablica 6. Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem za seriju 38/10

Izvor: Autorica

Referenca serije	Datum kontrole	Vrijeme kontrole	Kompresija/N
32/10	22.01.2024.	10:05:55	779,8514
32/10	22.01.2024.	10:01:27	788,9727
32/10	22.01.2024.	10:01:59	793,8514
32/10	22.01.2024.	10:02:28	792,0687
32/10	22.01.2024.	10:02:55	771,5755
SREDNJA VRIJEDNOST			785,26394

Tablica 7. Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem za seriju 32/10

Izvor: Autorica

Referenca serije	Datum kontrole	Vrijeme kontrole	Kompresija/N
Eurotray	22.01.2024.	10:47:21	3564,992811
Eurotray	22.01.2024.	10:48:05	3863,810189
Eurotray	22.01.2024.	10:48:57	4307,63801
Eurotray	22.01.2024.	10:49:58	3658,440638
Eurotray	22.01.2024.	10:50:43	3319,850601
SREDNJA VRIJEDNOST			3742,9464498

Tablica 8. Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem za seriju Eurotray

Izvor: Autorica

Referenca serije	Datum kontrole	Vrijeme kontrole	Kompresija/N
35/12	22.01.2024.	11:01:25	779,8514
35/12	22.01.2024.	11:02:05	788,9727
35/12	22.01.2024.	11:02:57	793,1201
35/12	22.01.2024.	11:03:37	792,0687
35/12	22.01.2024.	11:04:01	771,5755
SREDNJA VRIJEDNOST			785,11768

Tablica 9. Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem za seriju 35/12

Izvor: Autorica

Ako su vrijednosti kompresije proizvoda dulje vremensko razdoblje niže od odgovarajućih vrijednosti, potrebno je poduzeti korektivne mjere uz blisku suradnju s proizvodnjom. Definirane brožčane vrijednosti već su upisane u program, stoga ih program određuje ovisno o vrsti podloška. Program radi na principu da se prije samog testa u računalu unese vrsta podloška i onda program samostalno izračunava vrijednosti prema tim svojim automatskim postavkama. Dobiveni rezultati svih ispitanih uzoraka podudaraju se s propisanim normama i nema značajnih odstupanja.

4.8.6. Rasprava o rezultatima

Analiza više vrsta otpadnog papira i kontrola kvalitete gotovih proizvoda provedena je u laboratoriju tvrtke Hartmann d.o.o. Za provedbu analize korišteni su sljedeći izvori sirovina: otpadna kartonaža koja ima najduža vlakna i sadrži oko 8 % pepela, otpadne revije koje imaju kraća vlakna i sadrže od 15 % do 25 % pepela, otpadni bijeli papir i rezanci koji imaju srednja vlakna i sadrže od 10 % do 20 % pepela te otpadne novine koje najčešće imaju kraća vlakna, a sadrže oko 11 % pepela i obično nema puno nepapirnih tvari u balama otpadnih novina.

Mjerenja su provedena i na šest različitih tipova podložaka za jaja. Podlošci su prikupljeni nasumičnim odabirom da se ne utječe na preciznost dobivenih rezultata i prikupljeni su u različitim vremenskim razdobljima. Tako je osigurana provedba analize i kontrola kvalitete na reprezentativnom uzorku podložaka za jaja.

Provedeno je pet različitih vrsta mjerenja: određivanje sadržaja pepela, apsolutna suha težina, test utezanja, određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom i test čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem.

Određivanje sadržaja pepela provedeno je na uzorku od deset uzoraka otpadnog papira i kartona koji su također prikupljeni nasumičnim odabirom, a koriste se kao sirovina u proizvodnji podložaka za jaja. Udio anorganskih tvari važan je podatak jer se na temelju njega doziraju vrste otpadnog papira da se proizvede kvalitetan i tehnički ispravan proizvod. Svi testirani uzorci imaju propisane sadržaje pepela, iako je optimalan sadržaj kod uzoraka 1 i 8. Test utezanja u idealnim situacijama daje vrijednosti u rasponu od 2 % do 3 %, a ako se odstupa od rezultata, podlošci se mogu deformirati. Svi uzorci osim uzorka tri su u rasponu preporučenih vrijednosti, a kod uzorka 3 treba regulirati temperaturu da ne bi došlo do deformiranja podložaka. Određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom pokazalo je da treba dodati parafin ili ljepilo u smjesu za uzorke 1,2,3,4 i 6 s obzirom na to da su rezultati manji od 15 minuta, što je propisana vrijednost. Test čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem pokazao je da se vrijednosti svih uzoraka podudaraju s propisanim normama što znači da nema većih odstupanja.

Dakle, kontrolom kvalitete koja je provedena utvrđeno je da su provedena mjerenja odnosno njihove vrijednosti bile unutar granica tolerancije tvrtke kod svih mjerenja osim kod ispitivanja vodootpornosti metodom tinte. Smanjena vodootpornost znak je da je potrebno kod samog procesa proizvodnje pojačati doziranje dodanog parafina ili ljepila tipa AKD u pulpi. Ako je vodootpornost slaba može doći do poteškoća prilikom samog printa gdje tinta može migrirati ili je moguće da kasnije dođe do oštećenja printa pri dodiru s vlagom. U tom slučaju ne dobiva se kvalitetan proizvod koji se može isporučiti na tržište, već treba proizvod iskoristiti za novi proizvodni ciklus.

Sadržaj pepela u otpadnim materijalima koji se koriste za proizvodnju podložaka važan je parametar za postotak suhe tvari na stroju koji oblikuje sam proizvod jer ako je sadržaj pepela smanjen proizvod će biti nemoguće formirati, a ako je postotak pepela povećan dovodi do pucanja i smanjene čvrstoće gotovog proizvoda. Stoga je važan sadržaj pepela i pravilno doziranje sirovina.

Na kvalitetu proizvoda osušenih na zraku, kao i na kvalitetu apsolutno osušenih proizvoda, utječu sljedeći čimbenici: kvaliteta samih sirovina, omjer materijala i vode. Čvrstoća

podložaka bitan je faktor jer sama uloga mu je ta što je primarna ambalaža i štiti proizvod od lomljenja.

Vlakna te raspodjela i sastav vlakana u pulpi direktno utječu na utezanje. Na utezanje također utječu temperature sušenja vlakana te neki aditivi. Utezanje bi trebalo biti oko od 2 % do 3 %, sve više ili manje od toga dovodi do deformiranja podloška.

Navedena kontrolna mjerenja, odnosno analize više vrsta otpadnog papira i kontrole kvalitete gotovih proizvoda uobičajen su dio proizvodnje podložaka za jaja zahvaljujući kojima se proizvode kvalitetni proizvodi. Za proizvodnju kvalitetnih podložaka za jaja potrebne su kvalitetne sirovine (kvalitetan otpadni papir), a svojstva otpadnog papira mogu se poboljšavati različitim dodacima, no prvo treba utvrditi parametre kvalitete sirovina. Kontrola kvalitete gotovih proizvoda provodi se da se na tržište ne bi stavila nekvalitetna ambalaža što bi moglo uzrokovati gubitke proizvoda, jaja. Jaja su osjetljiv proizvod, a kutije za jaja su primarna ambalaža i uloga im je zaštititi proizvod.

5. ZAKLJUČAK

Jaja prirodno dolaze u svojoj ljusci koja je oblik njihove ambalaže, ali premda su relativno čvrsta, jaja su krhka i ako se ošteti njihova ljuska, dolazi do velikih gubitaka. Ekonomski isplativa proizvodnja jaja traži da se jaja dobro zaštite specijalnom ambalažom. Ambalaža za jaja štiti ambalažu od mikroorganizama, predatora, gubitka vlage, upijanja mirisa, propadanja na neprikladnim temperaturama i od drobljenja. Jaja se na tržište često stavljaju u kartonskim kutijama od jaja. Za proizvodnju kartonske ambalaže koriste se različiti izvori sirovina, a jedna od njih su reciklirana vlakna koja se dobivaju od starog papira. Kroz proces reciklaže i separacije iskoristivo je oko 80 % starog prikupljenog papira, a 20 % su otpadni dijelovi koji se ne mogu iskoristiti. Hartmann je vodeći hrvatski proizvođač kartonske ambalaže za jaja od recikliranog papira. Ima razvijen tehnološki proces proizvodnje kartonske ambalaže za jaja kojim stvara ambalažu s ekološkom funkcijom.

Otpadni papir koji se koristi u proizvodnji ambalaže može biti različite kvalitete jer dolazi iz različitih izvora. Primjeri u radu pokazali su mogućnosti za analiziranje otpadnog papira koji se koristi u industrijskoj proizvodnji ambalaže (određivanje sadržaja pepela, apsolutna suha težina, test utezanja, određivanje vodootpornosti metodom ispitivanja tintom i test čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem), pokazalo se da je reciklirani papir vrijedna sirovina za izradu novih ambalažnih proizvoda.

Tržište sve više predstavlja proizvode izrađene od recikliranih materijala, osobito one izrađene od oblikovane pulpe, zahvaljujući njihovim brojnim prednostima. Ekološki su ovi proizvodi povoljni jer se sastoje od 100 % recikliranih komponenti, sami se mogu reciklirati, a njihovo zbrinjavanje nema negativan utjecaj na okoliš. Iako su njihovi proizvodni troškovi relativno niski, na te troškove uvelike utječu performanse. Ovi se proizvodi mogu u potpunosti prilagoditi kako bi zadovoljili preferencije kupaca, sa sve većim naglaskom na njihovu vizualnu privlačnost, to uključuje primjenu raznih naljepnica, ispis u više boja, prilagođene boje, poboljšanu površinsku obradu i oblike dizajnirane za udobnost korisnika. U području proizvodnje materijala od recikliranog papira, uključujući proizvode od oblikovane pulpe, u tijeku su napori za inovacijom tehnologija koje koriste jednogodišnje biljke, s obzirom na ozbiljne prijetnje s kojima se suočavaju šumski resursi.



**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Dragana Vučinić (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Analiza više vrsta otpadnog papira te utjecaj na funkcionalnost i kvalitetu podložaka za jaja (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)

Dragana Vučinić
(*vlastoručni potpis*)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Dragana Vučinić (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Analiza više vrsta otpadnog papira te utjecaj na funkcionalnost i kvalitetu podložaka za jaja (*upisati naslov*) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)

Dragana Vučinić
(*vlastoručni potpis*)

LITERATURA

- [1] Packaging, European Environment Agency, dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/packaging/> (2.7.2024.)
- [2] Robertson G L. Food Packaging, Principles and Practice, CRC Press, Boca Raton, 2012
- [3] Cameron N. Fundamentals packaging technology materials and processes, 2018. Tritech Digital Media. Los Angeles
- [4] Meler M. Osnove marketinga, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, 2005
- [5] Muhamedbegović B, Juul V N, Jašić, M. Ambalaža i pakiranje hrane, OFF-SET d.o.o., Tuzla, 2015.
- [6] Bešlić A, Dragojević A. Ručno rađeni papir: povijest, izrada, svojstva i vodeni znakovi. Arhivski vjesnik. 2021;64(1):87-112.
- [7] Petrić D, Vusić D, Geček R. Kartoni: od proizvodnje do konačne primjene. Tehnički glasnik. 2012;6(2):219-227.
- [8] Ibrahim I D, Hamam Y, Sadiku E R, Ndambuki J M, Kupolati W K, Jamiru T, Eze A A, Snyman J. Need for Sustainable Packaging: An Overview. Polymers 2022, 14, 4430.
- [9] Bačun D, Matešić M, Omazić, M A. Leksikon održivog razvoja. Hrvatski poslovni savjet za održivi razvoj, Zagreb, 2012.
- [10] Pravilnik o ambalaži i otpadnoj ambalaži, plastičnim proizvodima za jednokratnu uporabu i ribolovnom alatu koji sadržava plastiku, NN 137/2023, dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_11_137_1864.html (3.7.2024.)
- [11] Kozik N. Sustainable packaging as a tool for global sustainable development. SHS Web of Conferences Globalization and its Socio-Economic Consequences 2019. 2020;74:1-8.
- [12] Keskin B, Altay B N, Kurt A, Fleming P D. Sustainability in Paper Based Packaging. Gazi Journal of engineering sciences. 2020, 6(2): 129-137.
- [13] Tokić B. Održiva potrošnja i proizvodnja u urbanom kontekstu. Epoha zdravlja. 2021;14(1):10-12.
- [14] Alayón C, Säfsten K, Johansson G. Conceptual sustainable production principles in practice: Do they reflect what companies do? 2017; Journal of Cleaner Production, 141: 693-701

- [15] Bolanča Mirković I. Primjena metode za odvajanje frakcija iz papirne pulpe. Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. 2021;2021(1):137-146.
- [16] Aydemir C, Yenidogan S, Tutak D. Sustainability in the print and packaging industry. Cellulose Chem. Technol. 2023; 57 (5-6), 565-577.
- [17] Tkalec K, Kozačinski L, Cvrtila Ž. Ambalaža za pakiranje hrane životinjskog podrijetla. Meso: Prvi hrvatski časopis o mesu. 2018;20.(1.):66-72.
- [18] Egg packaging, transport and storage, FAO, dostupno na: <https://www.fao.org/4/Y4628E/y4628e05.htm> (23.7.2024.)
- [19] Eco-friendly Packaging for Eggs, iF Design Award, dostupno na: <https://ifdesign.com/en/winner-ranking/project/eco-friendly-packaging-for-eggs/302599> (10.7.2024.)
- [20] Eco-friendly egg carton solution for De Zwaanheuevelhoeve, dostupno na: <https://www.paperfoam.com/portfolio/pluimveebedrijf-de-zwaanheuevelhoeve/> (10.7.2024.)
- [21] This sustainable packaging for eggs is inspired by stamps & made from paper foam, dostupno na: <https://www.yankodesign.com/2022/01/14/this-sustainable-packaging-for-eggs-is-inspired-by-stamps-made-from-paper-foam/> (10.7.2024.)
- [22] Sustainable Egg Cartons Made from Heat-Pressed Hay, dostupno na: <https://greenerideal.com/news/environment/0827-happy-eggs-sustainable-packaging/> (11.7.2024.)
- [23] This egg carton is made out of seeds that sprout when replanted, dostupno na: <https://inhabitat.com/this-egg-carton-is-made-out-of-seeds-that-sprout-when-replanted/> (11.7.2024.)
- [24] Tehničko – tehnološko rješenje Hartmann d.o.o. Hrvatski centar za čistiju proizvodnju. Zagreb; 2013.
- [25] Over 100 years, Hartmann, dostupno na: <https://www.hartmann-packaging.com/world/sustainability/whistleblower-service/> (20.7.2024.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Kutija za jaja pametnog strukturnog dizajna od valovitog kartona.....	12
Slika 2. PaperFoam® biorazgradive kutije za jaja	12
Slika 3. Ambalaža Stamp Egg napravljena od PaperFoam materijala	13
Slika 4. Kutija za jaja od toplinski prešane slame	13
Slika 5. Biopack kutija za jaja koja se koristi za nicanje biljaka.....	14
Slika 6. Primjer stroja za proizvodnju kartona	15
Slika 7. Shema tehnološkog procesa prerade recikliranog papira.....	17
Slika 8. Centrifugalni pročištač (a), fibersorter (b)	17
Slika 9. Izgled proizvoda u različitim fazama proizvodnje (a - prije sušenja, b - nakon sušenja, c - nakon prešanja)	18
Slika 10. Inovativna kutija za 10 jaja od prešanog papira proizvedena 1973. godine	19
Slika 11. Peć za spaljivanje, digitalna vaga za mjerenje, ostatak nakon spaljivanja (pepeo) ..	23
Slika 12. Vrste otpadnog papira koje se koriste u proizvodnji.....	26
Slika 13. Ventilirani ormar za grijanje	27
Slika 14. Deformirani podložak, podlošci s odgovarajućim postotkom utezanja	28
Slika 15. Ispitivanje vodonepropusnosti tintom na podloščima.....	31
Slika 16. Uređaj za ispitivanje čvrstoće Lloyd LR5K.....	33
Slika 17. Uređaj za praćenje temperature i vlage zraka	34

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prednosti i nedostaci korištenja papira i kartona za proizvodnju ambalaže.....	8
Tablica 2. Količina pepela (g) u raznim vrstama otpadnog papira	37
Tablica 3. Rezultati metode sušenja po težini	39
Tablica 4. Rezultati testa utezanja.....	41
Tablica 5. Rezultati određivanja vodootpornosti metodom ispitivanja tintom	43
Tablica 6. Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem za seriju 38/10.....	44
Tablica 7. Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem za seriju 32/10.....	44
Tablica 8. Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem za seriju Eurotray	44
Tablica 9. Rezultati testa čvrstoće Lloyd LR 5K uređajem za seriju 35/12.....	45