

## IZDELAVA TRIDIMENZIONALNE KNJIGE

ŠPELA BEČAJ<sup>1</sup> IN DIANA GREGOR SVETEC<sup>2</sup>

### Sprejeto

23. 06. 2021

### Izdano

31. 3. 2022

<sup>1</sup> Špela Bečaj s.p., Cerknica, Slovenija.

<sup>2</sup> Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija.

E-pošta: info@spelabecaj.si, diana.gregor@ntf.uni-lj.si

DOPISNA AVTORICA

diana.gregor@ntf.uni-lj.si

**Povzetek** Namen raziskave je bil izdelati interaktivno tiskano knjigo in izbrati papirje z dobro potiskljivostjo, ki bodo zagotovili trajnost tridimenzionalne knjige, ki spada med zahtevnejše grafične izdelke. Za izdelavo tridimenzionalnih knjig se uporabljajo različni mehanizmi. V naši raziskavi so bili uporabljeni pol avtomatski elementi, ki se premaknejo z odprtjem stani ter ročno aktivirani elementi, ki jih aktivira bralec, in sicer: enostavni zavihki, izvlečni mehanizem z zavihkom, ki se dvigne v smeri potega drsnika, zavihkek skrit pod stranjo, ki se ga izvleče z drsnim mehanizmom, škatlast zgib, mehanizem z lebdečimi sloji, M-zgib in različne variacije osnovnih V-zgibov. Pri elementih knjige, ki so zelo izpostavljeni prepogibanju in drgnjenju, je pomembna njihova obstojnost, zato je za kakovosten izdelek ključen izbor primerne materiala. Analizirali smo tri papirje različne sestave in gramature. Med analiziranimi materiali, so se za izdelavo knjige kot najprimernejši izkazali sintetični papirji. Trajni celulozni papir je bil uporabljen za spojna lista, vlaknati sintetični papir za notranje strani knjige, sintetični papirni film pa za premične elemente. Raziskava je pokazala, da se z dobrim načrtovanjem, natančnim izrisom in zgibanjem in s kombinacijo primernih materialov, lahko izdelava kakovosten grafični izdelek, unikatna tridimenzionalna knjiga.

### Ključne besede:

tridimenzionalna  
knjiga,  
sintetični  
papir,  
mehanske  
lastnosti,  
izdelek,  
grafika



## 1 Uvod

Živimo v času hitrega razvoja digitalnih tehnologij. Med drugim je v našem vsakdanu vedno bolj prisotna elektronska knjiga, še vedno pa klasična tiskana knjiga ohranja večji tržni delež ter ima napovedano rast tudi v naslednjih letih (Handly, 2019; Book Printing Market, 2019). Založniki v Nemčiji ne poročajo o padcu pri prodanem številu knjig niti v času pandemije, tiskane knjige so ohranile svojo prisotnost, medtem ko prodaja e-knjig stagnira (Fischer, 2021).

Knjiga spada med zahtevnejše grafične izdelke. Po klasifikaciji UNESCO je knjiga neperiodična, javno dostopna tiskana publikacija z med seboj zlepljenimi ali sešitimi listi (ali zgibanimi, popisanimi, potiskanimi ali praznimi polami iz papirja, pergamenta, kartona ipd.) z obsegom najmanj 49 strani (UNESCO, 1964). Sestavljena iz knjižnega bloka (notranji del) in platnic. Knjige skokice ali tridimenzionalne knjige sodijo v posebno kategorijo knjig. Po zunanosti so tridimenzionalne knjige običajno videti kot navadne knjige, v notranjosti pa skrivajo določeno mero interaktivnosti, s katero bralca spodbudijo k branju in raziskovanju (Skokica, 2021). Vsebujejo različne vrste papirnatih zloženok, mehanizmov in drugih premičnih elementov (How are pop-up books made, 2018). Določeni deli knjige se premaknejo, zložijo, odprejo, vrtijo, kar v knjigo vnese interaktivnost. Lahko gre za enostavne slikanice brez besedila ali pa za knjige z daljšim besedilom, kjer so premične ali tridimenzionalne ilustracije samo dodatek.

V Sloveniji tridimenzionalne knjige uvrščamo med igralne knjige. Ko so se prvič pojavile v našem okolju, zanje še nismo imeli ustreznega slovenskega poimenovanja. Poznamo izraze tridimenzionalna knjiga, premična knjiga, zloženka, postavljanica, gibljivka, izrezanka, Ku-Ku postavljanka, igroknjiga, skokica in druge (Skokica, 2021). Danes, založbe za tridimenzionalne knjige najpogosteje uporabljajo izraz »skokica«, ker vsebina knjige »skoči« iz nje. Prve knjige skokice so bile namenjene odraslim, in so jih izdelovali že stoletja pred otroškimi knjigami, medtem ko danes prevladujejo slednje (Pop-up and movable books, 2012).

Za izdelavo tridimenzionalnih knjig se uporabljajo različni mehanizmi (Hendrix, 2008; *The fundamental of designing and producing pop-up*, 2019). Večino premičnih elementov je možno umestiti v dve kategoriji, in sicer v 90° in 180° elemente. 90° elementi so najbolj vidni takrat, ko je stran knjige odprta do polovice, 180° elementi pa, ko je stran popolnoma odprta. Obe kategoriji se dalje lahko razdelita še na kotne in paralelne zgibe (Lee Hendrix, 2008).

Obstajajo trije tipi premičnih elementov: pol avtomatski, ročno aktivirani in njuna kombinacija (*How to make a pop-up book*, 2018; Bečaj, 2019).

Pol avtomatski elementi so elementi, ki se premaknejo ali postavijo takrat, ko bralec odpre stran knjige. Večina elementov v tej kategoriji je sestavljena z uporabo paralelnih in različnih kotnih zgibov. Ročno aktivirani elementi so elementi, ki jih aktivira bralec knjige. Gre za različne zavihke, jezičke in kolesa. Velikokrat takšni mehanizmi vsebujejo veliko število majhnih elementov, ki so skriti pod stranjo, da omogočajo pravilno delovanje. Kombinacija pol avtomatskih elementov in elementov, ki se aktivirajo ročno je npr. kombinacija paralelnega zгиба in zavihka.

Ključnega pomena, za dober končni izdelek pa je izbira primerne materiala, ki mora zagotoviti dobro potiskljivost ter zagotoviti dolgoročno obstojnost in trajnost. Med tovrstne papirje spadajo trajnostni in sintetični papirji. Namen raziskave je bil določiti lastnosti tem papirjem in na podlagi analize rezultatov meritev izbrati najprimernejši papir za izdelavo tridimenzionalne knjige.

## **2 Eksperimentalni del**

### **2.1 Materiali**

Za izdelavo tridimenzionalne knjige smo analizirali tri vrste papirja. Vzorec V1 je trajen celulozni papir Small Money (Gmund, Nemčija) sestavljen iz recikliranega papirja (10 %), celuloznih vlaken (80 %) in delcev razrezanih bankovcev nemških mark (10 %). Vzorec V2 je sintetični papirni film Yupo (Yupo, Japonska) sestavljen iz samih sintetičnih vlaken in ne vsebuje lesne celuloze. Vzorec V3 je vlaknati sintetični papir Neobond (Lahnpaper, Nemčija) sestavljen je iz mešanice sintetičnih (50 %) in celuloznih vlaken (50 %).





Slika 2: a) Tisk na UV kapljičnem tiskalniku, b) razrez elementov na vodenem rezalniku  
Vir: lasten

Knjigo smo izdelali ročno. Knjigoveške pole smo lepili po sistemu pola na polo. Okrog hrbta smo ovili manjši kos kaširanega knjigoveškega platna v naravni barvi, ki je prekril celoten hrbet. Knjigoveško platno smo pritrdili na spojna lista in le-ta prilepili na platnico iz lesa.

### 3 Rezultati z razpravo

#### 3.1 Izbor materialov

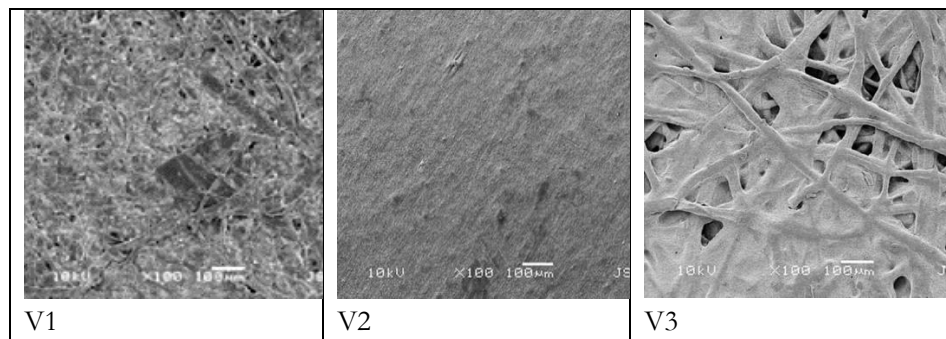
Osnovne in površinske lastnosti analiziranih vzorcev papirja so podane v Tabeli 1, mehanske lastnosti v Tabeli 2. Na Sliki 3 je prikazana površina papirjev.

Tabela 1: Osnovne in površinske lastnosti vzorcev papirja

		V1	V2	V3
Gramatura [g/m <sup>2</sup> ]	$\bar{x}$	101,7	158,1	200,4
	CV [%]	1,1	0,9	0,5
Debelina [mm]	$\bar{x}$	0,15	0,21	0,23
	CV [%]	6,5	2,1	3,0
Gostota [kg/m <sup>3</sup> ]	$\bar{x}$	670,8	769,4	839,8
	CV [%]	6,0	2,3	13,4
Vsebnost vlage [%]	$\bar{x}$	4,13	0,09	2,21
	CV [%]	3,5	12,8	7,3
Hrapavost [ml/min]	$\bar{x}$	1128	0	340
	CV [%]	52,1	0	12,6
Poroznost [ml/min]	$\bar{x}$	106	0	15
	CV [%]	7,5	0	16,8
Tiskarska penetracija [/]	$\bar{x}$	23,8	8,4	21,0
	CV [%]	4,8	8,6	7,9
Absorpcija vode C <sub>60</sub> [g/m <sup>2</sup> ]	$\bar{x}$	19,4	0,2	23,8
	CV [%]	1,5	35,8	4,3

Tabela 2: Mehanske lastnosti vzorcev papirja

		V1	V2	V3
Raztržna odpornost – MD [mN]	$\bar{x}$	2472	8339	8770
	CV [%]	17,8	20,4	1,5
Raztržna odpornost – CD [mN]	$\bar{x}$	2296	9908	9025
	CV [%]	27,9	20,5	2,4
Upogibna togost – MD [mNm]	$\bar{x}$	0,58	2,00	0,66
	CV [%]	10,5	1,2	4,1
Upogibna togost – CD [mNm]	$\bar{x}$	0,57	1,99	0,59
	CV [%]	2,6	0,9	3,9
Pretržna natezna sila – MD [N]	$\bar{x}$	90,7	372,7	66,6
	CV [%]	5,3	2,3	4,3
Pretržna natezna sila – CD [N]	$\bar{x}$	71,8	123,8	49,7
	CV [%]	5,5	7,7	1,7
Pretržni raztezek – MD [%]	$\bar{x}$	1,66	23,02	16,98
	CV [%]	8,6	5,0	4,5
Pretržni raztezek – CD [%]	$\bar{x}$	3,78	104,09	10,36
	CV [%]	14,1	17,6	5,1
Natezno pretržno delo – MD [J]	$\bar{x}$	0,17	10,14	1,05
	CV [%]	13,0	7,6	6,1
Natezno pretržno delo – CD [J]	$\bar{x}$	0,32	17,96	0,95
	CV [%]	19,8	22,1	7,7
Modul elastičnosti – MD [GPa]	$\bar{x}$	4,67	1,77	0,33
	CV [%]	6,1	2,8	1,6
Modul elastičnosti – CD [GPa]	$\bar{x}$	2,89	1,21	0,86
	CV [%]	3,2	3,1	7,3



**Slika 3: SEM posnetek površine papirjev**

Vir: lasten

V1 je na pogled sivkaste barve, je delno prosojen, vidni delci nemških mark pa dajejo papirju poseben dekorativni učinek. Je najtanjši in najlažji med analiziranimi papirji. Omenjeni delci vplivajo na neenakomerno debelino in višjo hrapavost papirja, saj izstopajo iz površine. Ima dokaj nizko vpojnost in dobre mehanske lastnosti. V2 sestavljajo trije ekstrudirani polipropilenski sloji, premaz pa mu zagotavlja dobre tiskarske lastnosti. Papir je zelo gladek in je popolnoma bele barve. Je neprepusten, ne vpija vode in ima odlične mehanske lastnosti. V3 je sestavljen iz mešanice celuloznih in sintetičnih vlaken, in je obojestransko premazan, kar mu zagotavlja dobre tiskarske lastnosti. Tiskarska penetracija in površinska vpojnost vode sta podobni kot pri vzorcu V1. Papir ima odlične mehanske lastnosti, je rahlo rumenkaste barve, na otip zelo mehak.

Ugotovili smo, da imata sintetična papirja zelo dobre mehanske lastnosti, odporna sta na deformacije, elastična, slabo ali sploh ne vpijata vode. Najmočnejši in najbolj tog papir, sintetični papirni film (V2) smo uporabili za izdelavo premičnih in drugih tridimenzionalnih elementov. Za osnovne strani knjige smo uporabili vlaknati sintetični papir (V3), ki je mehak in gibljiv, hkrati pa dovolj močan material, da zagotavlja obstojnost in pravilno odpiranje knjige. Za spojna lista smo uporabili trajen celulozni papir (V1).

### 3.2 Izdelava knjige

Za izdelavo tridimenzionalne knjige smo uporabili raznolike mehanizme, tako pol avtomatske elemente, ki se premaknejo z odprtjem stani kot tudi ročno aktivirane elemente, ki jih aktivira bralec. Prikazani so na Sliki 4. Izvlečni mehanizem z zavihkom, ki se dvigne v smeri potega drsnika bralcu na zemljevidu Slovenije pokaže lokacijo Cerkniškega jezera. Zavihek v obliki grba občine Cerknica skriva podrobnejši opis, kje leži jezero. Drsnik mehanizem skrit pod stranjo prikaže primerjavo med polnim in praznim jezerom. Drsnik drsi po dveh zarezah, ki smo ju izrezali na osnovni strani in ga skrili z listom papirja, tako da je viden samo majhen del drsnika, ki ga bralec izvleče. S tridimenzionalnim mehanizmom oz. škatlastim zgibom dobimo čoln, v katerem je figura ribiča z ribiško palico. Na koncu vrvice je ujeta riba, ki je skrita v žepku pod osnovno stranjo, tako da jo bralec lahko izvleče. Tridimenzionalen mehanizem, ki ga sestavljata dva modificirana V-zgiba prikazujeta ribo, ki skoči iz jezera. Pol avtomatski element, ki prikazuje metulja je zgiban z osnovne strani. Gre za V-zgib, ki je izdelan iz osnovne strani. Nanj je prilepljen metulj, ki ob odprtju knjige, skoči iz knjige. Element, ki ga aktivira bralec, pa je zavihek v obliki metuljevih kril. Za prikaz žabe smo uporabili mehanizem z lebdečimi sloji. Tako smo izdelali »dvignjene« lokvanje sredi jezera. Na največjem, smo s kombinacijo V-zgiba izdelali žabo. Največji lokvanj ima tri podporne elemente, ki držijo težo žabe. Manjši lokvanji imajo po en podporni element in jih lahko bralec poljubno premika levo in desno. Medved je izdelan z M-zgibom in prilepljen na podlago. Ob odprtju knjige skoči iz strani. Drugi premični mehanizem pa je klasičen zavihek – grm, ki ga odkrije bralec





Slika 4: Posamezne strani tridimenzionalne knjige

Vir: lasten

Izdelali smo knjigo, ki je v prvi vrsti namenjena otrokom, hkrati pa zaradi načina izdelave in vsebine zanimiva za bralce vseh starosti. Knjiga vsebuje ilustracije in različne papirne zloženke ter zelo malo besedila. Ker skokice zaradi svoje oblike ne glede na vsebino pritegnejo otroke, smo morali ugotoviti, kako bi k branju takšne knjige pritegnili tudi starejše. V knjigo smo zato vključili zanimivosti o Cerknškem jezeru in s tem pridobili širši obseg bralcev.

#### 4 Zaključek

Izdelava skokice zahteva natančnost, potrpežljivost in ustvarjalnost. Spoznati je potrebno tehnike in mehanizme oblikovanja, ugotoviti, kako se papir zлага, prepogiba in premika. Potrebni so veliko skic in preizkušanja. Poizkuša se različne dimenzije elementov, različne postavitve in različne tehnike zgibanja, tako, da na koncu dobimo želen rezultat. V naši raziskavi so bili uporabljeni pol avtomatski elementi, ki se premaknejo z odprtjem stani ter ročno aktivirani elementi, ki jih aktivira bralec, in sicer: enostavni zavihki, izvlečni mehanizem z zavihkom, ki se dvigne v smeri potega drsnika, zavihhek skrit pod stranjo, ki se ga izvleče z drsnim

mehanizmom, škatlast zgib, mehanizem z lebdečimi sloji, M-zgib in različne variacije osnovnih V-zgibov.

Pri elementih knjige, ki so zelo izpostavljeni prepogibanju in drgnjenju, je zelo pomembna njihova obstojnost in trajnost. S pravilno izbiro papirja zagotovimo, da bo naš končni izdelek pravilno deloval, da bo stabilen in obstojen. Papir, ki je prešibak v papirnih mehanizmih ne bo deloval pravilno. Papir, ki je pretrd pa ne bo zagotavljal pregibanja. Primerjalna analiza lastnosti treh vzorcev papirja je pokazala, da so vsi trije papirji primerni za izdelavo tridimenzionalne knjige, trajni celulozni papir za spojna lista, vlaknati sintetični papir za notranje strani knjige, sintetični papirni film pa za premične elemente. V raziskavi smo pokazali, da je možno kombinirati različne materiale in iz njih izdelati celovit izdelek, ki k branju vabi bralce vseh starosti ter jim na zabaven način predstavlja eno od večjih naravnih znamenitosti Slovenije, Cerkniško jezero.

## Literatura

- Bečaj, Š. (2019). Oblikovanje in izdelava knjige skokice o Cerkniškem jezeru, magistrsko delo, Ljubljana.
- Book Printing Market. (2019). Global Outlook and Forecast 2019-2024, Report ID: 5724771. Pridobljeno s <https://www.reportbuyer.com/product/5724771/book-printing-market-global-outlook-and-forecast-2019-2024.html>.
- Fischer, A. (2021). INGEDE News Spring 2021. Pridobljeno s <http://pub.ingede.com/en/ingede-news-spring-2021/#oepol>
- Handly, L. (2019). Physical books still outsell e-books and here's why. CNBC, Pridobljeno s <https://www.cnbc.com/2019/09/19/physical-books-still-outsell-e-books-and-heres-why.html>.
- Hendrix, L. S. (2008). Pop-up workshop: Computationally enhanced paper engineering for children: doctor thesis. Nebraska. Pridobljeno s [http://www.moosenoodlelabs.com/labs/hendrix/dr\\_diss/front.pdf](http://www.moosenoodlelabs.com/labs/hendrix/dr_diss/front.pdf).
- How are pop-up books made? (2018). V Wonderopolis. Pridobljeno s <https://www.wonderopolis.org/wonder/how-are-pop-up-books-made>.
- How to make a pop-up book. (2018). V *bestpopupbooks*. Pridobljeno s <https://www.bestpopupbooks.com/how-to-make-a-pop-up-book/>
- Lee Hendrix, S. (2008). *Pop-up workshop: Computationally enhanced paper engineering for children* : doctor thesis. Nebraska. Pridobljeno s [http://www.moosenoodlelabs.com/labs/hendrix/dr\\_diss/front.pdf](http://www.moosenoodlelabs.com/labs/hendrix/dr_diss/front.pdf)
- Pop-up and movable books. (2012). V Walter havighurst special collections & University archives. Pridobljeno s <https://spec.lib.miamioh.edu/home/pop-up-and-movable-books/>.
- Skokica. (2021). V Bibliotekarska terminologija. Pridobljeno s <http://terminologija.blogspot.si/2012/06/skokica.html>

The fundamental of designing and producing pop-up. (2019). V slideshare. Pridobljeno s  
<https://www.slideshare.net/athi1/pop-up-design-process>.

UNESCO. (1964). Recommendation concerning the International Standardization of Statistics  
Relating to Book Production and Periodicals. 13 C/Resolutions UNESCO. General  
Conference, 13<sup>th</sup>, 1964, 306 p. Pridobljeno s

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000114581.page=144>