

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

MARIJANA PETROVIĆ

**ČVRSTOĆA KNJIGE U OVISNOSTI  
ODNOSA PAPIRA I LJEPILA**

**DIPLOMSKI RAD**

ZAGREB, 22. 12. 2011.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

TEHNIČKO TEHNOLOŠKI

**ČVRSTOĆA KNJIGE U OVISNOSTI  
ODNOSA PAPIRA I LJEPILA**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:  
red. prof. dr. sc. DARKO BABIĆ

Student:  
MARIJANA PETROVIĆ

ZAGREB, 22. 12. 2011.

# **RJEŠENJE** o odobrenju teme diplomskog rada

## SAŽETAK

U radu se bavimo određivanjem čvrstoće meko uvezanih knjiga izrađenih od nepremazanog, premazanog i sintetičkog papira. Knjižni blokovi su lijepljeni sa tri vrste ljepila (PVAc, hot-melt i PUR). Metodom statičkog opterećenja izmjerene su sile kidanja pojedinačnog lista papira iz knjižnog bloka u istim uvjetima rada (36 knjiga). Ispitivanje je provedeno na uređaju Martini Tester, Type VA. Svrha rada je prikazati koja kombinacija papira i ljepila daje najbolju čvrstoću knjižnoga bloka. Također, pošto je ovo jedno od prvih ispitivanja koje uključuje sintetički papira kao materijal za izradu knjiga, cilj je istražiti isplativost takvog pothvata. Dobiveni rezultati pokazuju da je optimalna kombinacija ona nepremazanog papira i PUR ljepila, te da PUR ljepilo neovisno o vrsti papira daje zadovoljavajuće rezultate. Rezultati za sintetički papir pokazuju da ta vrsta papira nema predispozicije da bude korištena za izradu knjižnoga bloka meko uvezane knjige.

**Ključne riječi:** meko uvezana knjiga, knjižni blok, nepremazani papir, premazani papir, sintetički papir, PVAc ljepilo, hot-melt ljepilo, PUR ljepilo, čvrstoća knjižnog bloka

## ABSTRACT:

In this paper we are deal with determining the strength of soft-bound book made of uncoated, coated and synthetic paper. The book blocks are glued to the three types of adhesives (PVAc, hot-melt and PUR). The method of static loads were measured breaking force of a single sheet of paper from the book block in the same conditions (36 books). The study was conducted on the device Martini Tester, Type VA. The purpose of this paper is to show which combination of paper and adhesive gives the best book block strength. Also, since this is one of the first studies involving synthetic paper as a material for the book, the goal is to explore the feasibility of such a venture. The obtained results show that is optimal combination of uncoated paper and PUR adhesives, and that PUR adhesive regardless of the type of paper gives satisfactory results. Results for synthetic paper shows that this kind of paper does not have the qualities to be used for the book block of soft-bound books.

**Key words:** soft bound books, book block, uncoated paper, coated paper, synthetic paper, PVAc adhesive, hot-melt adhesive, PUR adhesive, strength of the book block

# SADRŽAJ

1. Uvod .....	5
2. Teorijski dio.....	6
2.1. Meko uvezena knjiga .....	6
2.2. Ljepila .....	9
2.2.1. Polivinil-acetat emulzije (PVAc).....	12
2.2.2. Hot-melt (taljiva) ljepila (EVA) .....	14
2.2.3. Poliutertnka ljepila (PUR) .....	16
2.2.4. Karakteristike ljepila za meki uvez knjiga .....	18
2.3. Papir.....	20
2.3.1. Nepremazani papiri.....	22
2.3.2. Premazani papiri .....	23
2.3.3. Sintetički papiri.....	26
2.3.3.1. Vrste sintetičkog papira .....	28
2.3.4. Karakteristike papira za meki uvez knjiga .....	31
3. Eksperimentalni dio.....	32
3.1. Pristup problemu.....	32
3.2. Korišteni materijali i uređaji.....	33
3.3. Opis ispitivanja .....	36
3.4. Rezultati ispitivanja .....	40
3.5. Diskusija rezultata .....	43
4. Zaključak .....	49
5. Literatura .....	50

# 1. UVOD

Knjigoveštvo je dio završne grafičke proizvodnje koje se bavi dorađivanjem i završnim oblikovanjem knjigoveških proizvoda. Najcjelovitiji i ujedno i tehnološki najzahtjevniji knjigoveški proizvod je knjiga. Meki uvez knjige spada u složene tipove uveza knjižnih slogova u knjižni blok. Kod mekog uveza knjižni je blok lijepljen i po hrptu uljepljen u jednodjelne kartonske korice čime je ostvarena direktna, neposredna veza između knjižnog bloka i jednodjelnih kartonskih korica. Da bi se postigao pouzdan uvez, oprezna obrada hrpta i pravilan izbor ljepila su osobito važni. Samo ravnomjerni nanos po cijeloj dužini lista i po cijeloj debljini knjižnog bloka garantira jednaku čvrstoću knjige. Kvaliteta uvezivanja knjige isključivo ovisi o fizikalno-kemijskim karakteristikama papira i ljepila, uz precizno definirane tehnološke parametre koji uključuju obradu hrpta knjižnog bloka, debljinu nanosa i temperaturu, tj. viskoznost ljepila u trenutku spajanja knjižnog bloka i korice. U ovom su istraživanju neki utjecajni parametri držani su uvijek na istoj razini. To su obrada hrpta i debljina nanosa ljepila. Pri izradi meko uvezenih knjiga korištene su kombinacije tri vrste papira (nepremazani, premazani i sintetički) i tri vrste ljepila (PVAc, hot-melt i PUR). Temeljni interes u ovom istraživanju je odrediti onu kombinaciju papira i ljepila, koja pri jednakim tehnološkim parametrima obrade hrpta knjižnog bloka, daje najbolje rezultate. Kvaliteta uveza za svaku pojedinu knjigu određena je mjerenjem sile kidanja pojedinačnog lista iz knjižnog bloka. Ispitivanje je provedeno je na uređaju Martini Tester, Type VA. Ispitivanje čvrstoće slijepljenosti pojedinačnih listova knjižnog bloka provedeno je po strogo određenom redu. Budući da ne postoji standard o kvaliteti čvrstoće knjižnog bloka za određenu kategoriju knjiga, za određivanje kvalitete slijepljenosti uzeta je međunarodno priznata tablica vrijednosti čvrstoće slijepljenosti pojedinog lista knjižnog bloka koje preporučuje Adhesive Products from Illinois (SAD).

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Meko uvezena knjiga

Meki uvez knjige spada u složene tipove uveza knjižnih slogova u knjižni blok. Pod klasičnim mekim uvezom podrazumijevamo knjižni blok lijepljen i uvezen u jednodjelne kartonske korice. Kod tog načina uveza knjižni je blok lijepljen i po hrptu uljepljen u jednodjelne kartonske korice čime je ostvarena direktna, neposredna veza između knjižnog bloka i jednodjelnih kartonskih korica.

Postoje različite konstrukcije strojeva za meki uvez knjiga. To ovisi o zahtjevima proizvođača, potrebnom kapacitetu, zahtjevima za kvalitetom itd. Većina strojeva za meki uvez ima neke operacije tipične za sljepljivanje knjižnoga bloka, a to su:

- Ulaganje knjižnog bloka

Knjižni se blok u stroj za meki uvez može ulagati ručno ili automatski. Ako se obavlja automatski, najčešće je stroj povezan u liniju sa strojem za sabiranje, pa se automatski sabrani knjižni blokovi ulažu u stroj za meki uvez.

- Poravnavanje knjižnog bloka

Poravnavanje knjižnoga bloka obavlja se pri njegovu ulaganju u stroj, prije nego što hvataljke prihvate uloženi knjižni blok. Pri ručnom ulaganju poravnavanje se obavlja udaranjem u rubnike hvataljke, a pri automatskom je ulaganju poravnavanje obavljeno na stroju za sabiranje.

- Fiksiranje knjižnog bloka
- Freziranje hrpta knjižnog bloka

Frezanjem hrpta knjižnog bloka postiže se da svaki list u knjižnom bloku dođe u dodir s ljevilom. Postoje različiti sustavi skidanja pregiba knjižnog bloka: freziranje, brušenje, piljenje, rezanje. U sklopu uređaja za freziranje nalazi se i čelična četka koja čisti pregib od papirne prašine, a usisavač prašine odvodi je u posebne vreće.

- Urezivanje poprečnih utora u knjižnom bloku

Poprečni se utori urezuju pri freziranju posebnim noževima. Poprečno urezivanje ima zadaću povećati površinu na koju naliježe ljevilom da bi veza unutar knjižnog bloka te knjižnog bloka i korica bila čvršća.

- Uklanjanje papirne prašine

Papirna se prašina uklanja istodobno s frezanjem jer se oko freza nalaze usisni kanali koji usisavaju prašinu nastalu frezanjem. Da bi se poboljšalo odvođenje papirne prašine u frezu se ugrađuju i čelične četke koje stružu isfrezani hrbat kako bi se što bolje uklonila prašina.

- Nanošenje ljepila na hrbat knjižnog bloka

Nanošenje ljepila na hrbat knjižnog bloka obavlja se posebnim valjcima kojima se može regulirati udaljenost od knjižnog bloka pa se tako određuje i debljina nanosa ljepila. Ljepilo se nanosi u sloju od 0,5 do 1 mm. Istraživanja su pokazala da se najbolji rezultati sljepljivanja postižu ako je sloj nanosa ljepila debeo između 0,8 i 1 mm.

Najčešće se knjižni blok sljepljuje taljivim (hot-melt) ljepilima, no može se sljepljivati i hladnim ljepilima kao i kombinacijom tih dviju vrsta. Iako postoji više konstrukcijskih rješenja, svima je zajedničko sljedeće načelo: valjak je uronjem u ljepilo te kontroliranu količinu (višak ljepila uklanja se pomoću rakela) nanosi na knjižni blok koji prolazi iznad valjka.

- Izrada utora na jednodjelnim kartonskim koricama

Izrada utora na jednodjelnim kartonskim koricama obavlja se pri izlasku korice na stol za sljepljivanje. Na koricama se izrađuju utori da bi se knjižni blok lakše i čvršće mogao slijepiti s koricama. Ovisno o tome da li se knjižni blok sljepljuje samo na hrptu ili i sa strane, na jednodjelnim kartonskim koricama se izrađuju dva, tri ili četiri utora. Utori se postižu žlijebljenjem okruglom alatima koji se mogu pomicati po osovini, pa se lako prilagođavaju svim širinama hrpta knjižnog bloka.

- Sljepljivanje knjižnog bloka s jednodjelnim kartonskim koricama

Knjižni blok se sljepljuje s koricama nakon što je ljepilo nanoseno na hrbat knjižnog bloka i nakon što su utori užlijebljeni na koricama. U trenutku sljepljivanja stol na kojemu je korica primakne se knjižnom bloku i postranični elementi stola pritisnu korice uz knjižni blok te naglase pregib na mjestu sljepljivanja korice s hrptom knjižnog bloka.

- Prešanje i izlaganje knjige iz stroja

Prešanje knjige u stroju obavlja se pomoću hvataljki, a knjiga iz stroja može izaći na pokretnoj traci ili pasti u prihvatnu košaru. Nakon toga slijepljena se knjiga otprema do trorezača kako bi poprimila konačan oblik. [12]



Obzirom na različite vrste korica i različite načine obrade hrpta knjižnog bloka, postoje i različite kombinacije mekog uveza koje ne spadaju u klasičan meki uvez:

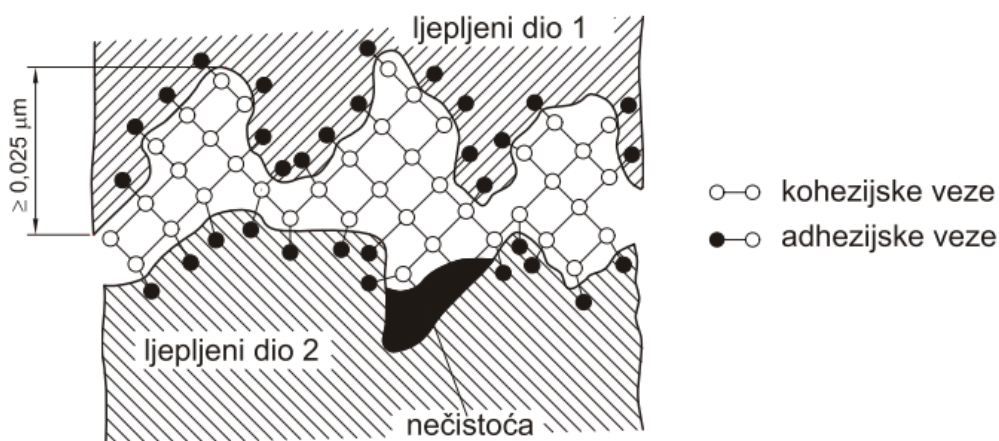
- Knjižni se blok može uvezati lijepljenjem bez korica, pomoću jedne papirne trake
- Knjižni blok može biti sašiven koncem, taljivim nitima ili žicom pa slijepljen u jednodjelne kartonske korice
- Knjižni blok može biti djelomično obrađen kako bi ljepilo ušlo među stranice
- Knjižni blok može biti sašiven žicom postrance hrpta pa ulijepljen u jednodjelne kartonske korice.

Brzine rada stroja za meki uvez knjiga kreću se od 500 knjiga/sat do 1500 knjiga/sat što se odnosi na manje strojeve. Ukoliko su strojevi povezani u liniju sa strojem za sabiranje, radna brzina može biti i 4500 knjiga/sat.

Meki uvez spada u složene tipove uveza knjižnih slogova u knjižni blok. Tehnološka metoda uvezivanja knjiga provodi se određenim slijedom radnih operacija transformacije otisnutog knjižnog arka u knjižni slog i sabiranjem knjižnih slogova u knjižni blok. Taj knjižni blok se obradi po hrptu i ulijepi u jednodijelne kartonske korice. Tako je ostvarena direktna, neposredna veza između knjižnog bloka i korice. Određivanje tehnološkog procesa lijepljenja knjige je od primarnog značaja u knjigoveškoj proizvodnji. Da bi se postigao pouzdan uvez, oprezna obrada hrpta i pravilan izbor ljepila su osobito važni.

## 2.2. Ljepila

Ljepila su nemetalne tvari koje spajaju istovrsna ili različita tijela adhezijom i kohezijom, a istodobno nema značajne promjene strukture tih tijela. Pri tom su kohezivne sile veće od adhezivnih. Adhezija je sila povezivanja između ljepila i površine materijala koja se lijepi. Ona je tim bolja što je tijesniji međusobni kontaktni dodir. Kohezija je sila povezivanja između molekula u samom ljepljivom sloju ljepila. Ona je bolja što je tanji i ravnomjerniji nanos ljepila. Adhezivno-kohezivni mehanizam spajanja lijepljenjem se ostvaruje kod većine lijepljenih materijala kao što su metali, termo-plastične mase, porozni materijali kao drvo, koža, papir, tekstil, zatim neorganski materijali, keramika.



Slika 1.: Fizikalna građa lijepjenog spoja

Načini vezivanja ljepila obzirom na proces lijepljenja mogu biti:

- **silom:** u procesu lijepljenja potrebno je ostvariti silu
- **temperaturom:** u procesu lijepljenja potrebno je ostvariti temperaturu
- **vremenom:** u procesu lijepljenja potrebno je osigurati vremenski interval u kojem će spojeni dijelovi ostati međusobno nepomični.

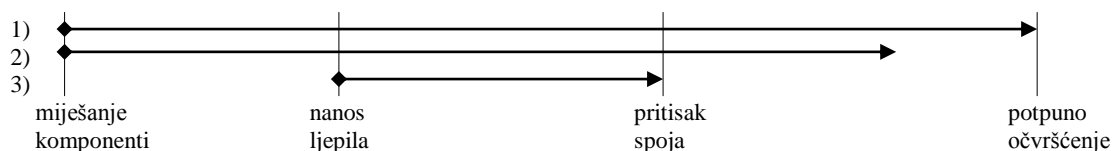
Kod preopterećenog zalijepljenog spoja može nastati lom:

- **adhezijski lom:** između sloja ljepila i papira
- **kohezijski lom:** u masi sloja ljepila ili u masi papira (neposredno uz liniju uvezivanja)

Za učvršćivanje ljepila potrebno je određeno vrijeme, što ovisi o vrsti ljepila i vrsti materijala koji se sljepljuje:

- **vrijeme očvršćivanja ljepila:** vrijeme od trenutka miješanja komponenti do trenutka potpunog očvršćivanja
- **radno vrijeme:** vrijeme tijekom kojeg su pomiješane komponente ljepila još uporabljive i nešto je kraće od vremena očvršćivanja
- **otvoreno vrijeme:** vrijeme nanošenja ljepila do stavljanja spoja pod tlak.

Vrijeme sušenja ljepila:



Prema DIN 16920 normama za ljepila ona se dijele u dvije velike skupine:

**1. Fizikalno vezivna ljepila.** Ona u organskim otapalima predstavljaju (pretežno ugljikovodicima) otopine prirodnih ili umjetnih makromolekularnih materijala (kaučuk, umjetne smole). Princip lijepljenja se kod njih ostvaruje na temelju ishlapljivanja otapala iz ljepila vezivanjem za okolni zrak. Da bi se ovaj proces ostvario potrebna je velika površina isparavanja odnosno poroznost osnovnih materijala. Zato se ova ljepila upotrebljavaju za lijepljenje poroznih nematala (koža, papir, guma, plastika). Dijelev se u tri podskupine:

- *Kontaktna ljepila:* se sastoje od kaučuka i smole restopljene u nekom organskom otapalu. Nanose se na obje površine koje se lijepe, zatim se pričekava da ishlapi otapalo, a tada se površine koje se lijepe čvrsto pritisnu jedna na drugu.
- *Taljiva ljepila:* se prije primjene moraju zagrijati (150 – 200°C) da bi postala tekuća jer su pri sobnoj temperaturi u čvrstom stanju. Nakon lijepljenja dijelovi moraju ostati u stanju mirovanja do hlađenja na sobnu temperaturu, kada dosežu potrebnu nosivost.
- *Plastična ljepila:* su napravljena na bazi PVC praha izmješanog sa omekšivačem, punilom i adhezivnim sredstvom. Za razliku od kontaktnih i taljivih ljepila ne sadrže otapala. Primjenjuju se tako da se zagriju na oko 150°C kada prelaze u pastozno stanje te se nanose na jednu od površina koje se lijepe.

**2. Kemijski vezivna ljepljiva.** Ova se ljepljiva zovu još i reakcijska, a ona su tehnički važnija od fizikalno vezivnih. Napravljena su na bazi epoksida, fenola, akrila te poliestera kao umjetne smole. Neophodni sastojci ovih ljepljiva su takozvani katalizatori koji imaju zadatak izazvati kemijsku reakciju koja će dovesti do stvaranja makromolekularnih mreža polimera, a koje će nastati nakon mješanja bazne smole i katalizatora (zbog toga se zovu i dvokomponentna) i pod utjecajem temperature, vlage, pod djelovanjem UV zraka ili oduzimanjem kisika. Obzirom da neki od postupaka mogu trajati danima ponekad se dodaje i treća komponenta, ubrzivač. Općenito se pod utjecajem temperature (do 200°C) postižu bolji rezultati nego kod hladnih postupaka. Reakcijska ljepljiva dijelimo osim na hladna i topla još i na:

- *Polimerizacijska:* jedno ili dvokomponentna. Polimerizacija se pospješuje katalizatorom. Brzina reakcije katalizatora se regulira njegovom količinom u ljepljivi, kao i temperaturom okoline.
- *Poliaditivna:* jedno ili višekomponentna. Sastoji se od minimalno dvije različite međusobno reagirajuće komponente koje se miješaju. Osnovu ljepljiva čine epoksid ili poliuretani.
- *Polikondenzacijska:* lijepe na taj način da je potrebno eliminirati tekuću primjesu iz ljepljiva pod djelovanjem pritiska od oko 0,5N/mm<sup>2</sup> i temperaturi oko 150°C. [8]

Prednosti slijepjenih spojeva:

- ne razara se struktura slijepjenih tijela
- raspodjela naprezanja u spojevima je jednolika
- neki se spojevi mogu dobiti samo lijepljenjem (npr. polistiren na aluminiju).

Lijepljenje je često ekonomičnije i povoljnije od drugih klasičnih načina spajanja kao što su npr. šivanje taljivim nitima, šivanje žicom i sl.

Ljepljivo može biti izrađeno od različitih tvari kako bi se postiglo mnogo različitih učinaka. Vrsta ljepljiva koja se koristi i uređaj za nanošenje ljepljiva mora se uskladiti za nanošenje na hrbat knjižnoga bloka. Za meki uvez se koriste tri osnovne vrste ljepljiva:

1. Polivinil-acetat emulzije (PVAc)
2. Hot-melt (taljiva) ljepljiva (EVA)
3. Poliuretanska ljepljiva (PUR).

### 2.2.1 Polivinil - acetat emulzije (PVAc)

Polivinil acetat emulzije su disperzije hladnog ljepljiva s oko 50% suhe tvari. PVAc je polimer vinil-acetata koje se održava u vodenim disperzija. PVAc emulzije se koriste kao ljepljiva za uvezivanje, međutim bez plastifikatora ona će postati tvrda i krhka nakon nekog vremena. Dodavanje plastifikatora će omekšati PVAc polimer.. Tipična formulacija PVAc ljepljiva za uvezivanje knjiga prikazana je u tablici 1.:

<b>Početakna formulacija PVAc ljepljiva za uvez knjiga</b>	
Povivinil-acetatna emulzija	90%
Dibutil ftalat plastifikato	6%
Toulen sulfonamid formaldehid	4%

*Tablica 1: Početna formulacija PVAc ljepljiva [7]*

Polivinil-acetatna emulzija sadrži i razne dodatke kao što su plastifikatori (omekšivači), otapala, punila, sredstva za povećanje početne ljepljivosti i sredstva za ugušćivanje koji se dodaju različitim polivinil-acetatnim emulzijama kako bi se dobila ljepljiva za posebne namjene. U tablici 2. su navedena opća svojstva tipičnog PVAc ljepljiva:

<b>Svojstvo</b>	<b>Jedinica</b>
Gustoća	1100 kg/m <sup>3</sup>
Viskoznost pri 25°C	10 – 15 Pa·s
pH	4 – 6
Veličina čestica	Od 0,5 do 3 μm
Sadržaj suhe tvari	48 – 51%
Minimalna temperatura nastajanja filma	2°C
Temperatura u radnom prostoru	Od 5 do 30°C

*Tablica 2.: Opća svojstva PVAc ljepljiva*

Omekšivači za PVAc ljepljiva su jednostavani esteri. To su tvari koje tvore film oko čestica disperzije i time povećavaju udaljenost i smanjuju povezanost između njih. Na taj

se način povećava fleksibilnosti filma ljepila i smanjuje minimalna temperatura potrebna za stvaranje filma. Eksterno plastificirani homopolimeri, kao što je PVAc, općenito će osigurati znatno jači uvez nego interno plastificirani kopolimeri. To je zato što će eksterno plastificirana emulzija otvrdnuti sa migracijom plastifikatora u okolinu ili strukturu papira tijekom starenja. To rezultira sa oko 100% povećanjem pull-test vrijednosti. Iako to povećanje snage postaje stabilno s vremenom, gubitak plastifikatora može biti štetno za druga svojstva, kao što su fleksibilnost i otpornost na hladnoću.

Otapala imaju sličan utjecaj na svojstva PVAc emulzije kao omekšavači, ali njihov učinak je privremen. Otapala koja imaju visoku kompatibilnost s PVAc, snižavaju temperaturu potrebnu za stvrđnjavanje filma ljepila, što pospješuje stvaranje homogenog filma. Kako otapalo na kraju u potpunosti ishlapi, ono ne utječe na mehanička svojstva ljepila. Otapala koja su obično koriste su alkoholi, esteri, ketoni i aromatskih ugljikovodici. Obično se dodaju u količinama 1% do 5% na suhu tvar PVAc ljepila.

Punila se dodaju PVAc ljepilu da bi smanjila cijenu, povećala sadržaj suhe tvari, viskoznost i gustoću, smanjila penetraciju, povećala izdržljivost i poboljšala svojstva filma za popunjavanje pora i pukotina. Punila su više ili manje inertni, neljepljivi materijali. Većina se koristi gips, kalcijev karbonat, kaolin, glina i nemodificirani škrob. Organska punila poboljšavaju svojstva ljepila, ali smanjuju otpornost na mikrobe. Udio punila ima snažan utjecaj na kvalitetu i svojstva ljepila. Prevelik udio smanjuje snagu lijepljenja. Organska punila se dodaju u malim količinama, za razliku od anorganskih, jer imaju mnogo veći utjecaj na smanjenje čvrstoće i povećanje viskoznosti ljepila. Organska punila dodaju u količini od 5% do 10%, a anorganska i do 50% na suhu tvar PVAc ljepila.

PVAc ljepilo se nanosi hladno. Kako se suši, smola prodire duboko u strukturu papira, formirajući čvrstu vezu. Ljepila na bazi emulzije za uvezivanje knjiga mogu biti teško primijenjiva zbog njihove niske viskoznosti i pjenjenja. Ona također mogu dati nedosljedne rezultate kada se primjenjuju nepravilno. Iako se ove emulzije ljepila mogu razrijediti vodom, ne smije se zaboraviti kako bilo koja promjena u količini vode značajno mijenja njihovu viskoznost. PVAc ljepila pružaju fleksibilniji hrbat od hot-melt ljepila. Za razliku od hot-melt ljepila, PVAc neće ispucati na ekstremnim temperaturama.

### 2.2.2. Hot-melt (taljiva) ljepljiva (EVA)

Etilen-vinil acetat (EVA) kopolimer se koristi kao osnovni polimer za hot-melt ljepljiva u grafičkoj industriji. Ne sadrže vodu ili otapala i zbog toga ih se može smatrati 100%-tnim krutinama. Temelje se na voskovima ili termoplastičnim polimerima, a boja im može biti od bijele do tamno smeđe, ovisno o sastavu. Hot-melt ljepljiva sadrže tri tvari: osnovni EVA polimer (daje snagu i izdržljivost), ljepljivu smolu (poboljšava prijanjanje) i vosak (obično parafin; smanjuje viskoznost). Osim toga tu su antioksidansi za toplinsku stabilizaciju. Kao što naziv implicira, EVA hot-melt ljepljiva se zagrijavaju neposredno prije primjene, što ih čini rastezljivima.

Kao "standardno" ljepljivo koje se koristi u tradicionalnom mekom uvezu, EVA hot-melt je dostupan u doslovno stotinama formulacija, iako su neke karakteristike zajedničke za sve njih. Određene miješavine daju željena svojstva ljepljivosti. U tablici 3. je prikazana početna formulacija EVA hot-melt ljepljiva za uvez knjiga:

<b>Početna formulacija EVA hot-melt ljepljiva</b>	
EVA kopolimer	30-40%
Ljepljiva smola	30-40%
Sintetički vosak	20-30%
Plastifikatori	0-20%
Punila	0-20%
Antioksidansi	1%

*Tablica 3.: Početna formulacija EVA hot-melt ljepljiva [7]*

EVA ljepljiva su univerzalna dovoljno da se koriste na premazanim i nepremazanim papirima. Daju jaka ljepljiva svojstva u većini uvjeta, prijanjaju brzo, relativno su jeftina, a dostupna su u različitim formulacijama za upotrebu izvan mekog uveza. Nakon nanošenja, većina EVA ljepljiva čvrsto povezuje stranice zajedno.

Moderne EVA formulacije podliježu manjem kemijskom raščlanjivanju prilikom starenja, ali imaju tendenciju da se ukrute kad se ohlade. Kao rezultat toga, EVA podliježe

nastajanju pukotina ako se proizvodi pohranjuju u vrlo hladnim skladištima, iako novije formulacije daju dobru fleksibilnost.

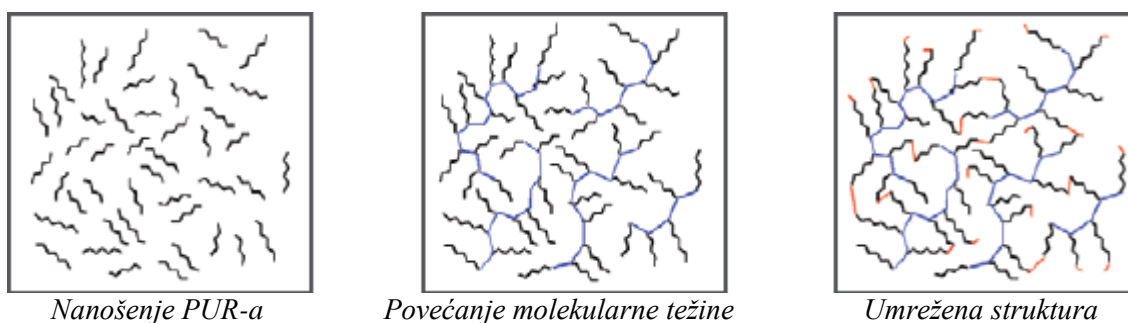
Može biti teško koristiti hot-melt ljepljiva na premazanim papirima ili papirima velike gramature. Hot-melt ljepljiva također može biti teško primijeniti bez prljanja glave za nanos ljepljiva. Budući da hot-melt jedinice imaju radne temperature i više od 300°C, popravljavanje problema u radnim uvjetima je teško. Hot-melt onečišćenje obično zahtijeva sustav ispiranja kojim skupo ljepljivo bacamo. Jedan od načina da se smanji bacanje hot-melt ljepljiva je očistiti onečišćenu glavu vrućim biljnim uljem.

Hot-melt ljepljiva su kruta i neelastična. Ova ljepljiva su pogodna za projekte koji nemaju teške stranice koje će padati daleko od linije veza nakon dugotrajnog korištenja. Stolni kalendara i blokovi se lijepo ovim ljepljivom, koje omogućuje da listovi budu lako otkinuti.



### 2.2.3. Poliuretanska ljepljiva (PUR)

PUR je specijalno ljepljivo koje je slično tradicionalnom hot-melt ljepljivu. Proizvodi se od poliuretanskog reaktivnog (PUR) materijala. Pored osnovnih tvari, sadrže još i punila i tvari za razrjeđivanje. Za razliku od hot-melt ljepljiva koja suše u roku od nekoliko sekundi nakon nanošenja, PUR ljepljiva trebaju najmanje šest sati za sušenje. Tijekom tog vremena, knjige ljepljene PUR ljepljivom moraju ostati izložene prirodnom zraku, jer kemikalije u ljepljivu suše upijanjem vlage iz zraka. Molekularna težina ljepljiva se drastično povećava kao ono reagira s vlagom iz zraka i papira, formirajući čvrsti polimer. Za razliku od standardnih hot-melt ljepljiva, PUR ljepljiva zapravo suše brže na vlažnih dana. Rezultat ove kemijske reakcije je superiora veza između vlakana papira koja daje proizvodu veću fleksibilnosti.



Slika 2.: Reakcioni mehanizam ljepljenja PUR ljepljivom

PUR ljepljiva su izvorno dizajnirana za uporabu na namještaj i automobile. Mnogi smatraju PUR najviše fleksibilnim i izdržljivim ljepljivom za uvezivanje na tržištu. To ih čini idealnim za visoku iskoristivost na aplikacijama kao što su udžbenici za srednje škole i priručnici za automobilske trgovine, kao i za druge knjige koje se često koriste tiskane na velikoj gramaturi papira, premazanim papirima, uključujući i sintetiku i UV. Knjige uvezane PUR ljepljivom jednostavno se neće raspasti, čak i pod stalnim korištenjem u najzahtjevnijim uvjetima. [11]

Proizvodi ljepljeni PUR ljepljivom zahtijevaju manju pripremu hrpta knjige od drugih vrsta ljepljiva. Pull-test knjiga ljepljenih PUR ljepljivom pokazuje 2,5 puta bolje rezultate od standardnog EVA ljepljiva za meki uvez. Ne samo da ispitivanja pull-testerom nedvojbeno pokazuju da je PUR najmanje 20 posto jači od tradicionalnog hot-melt ljepljiva,

nego i testovi simuliranih uvjeta starenja dokazuju da PUR traje daleko dulje od papira. PUR ljepljiva nadilaze normalna ograničenja hot-melt ljepljiva, čak i kada su izložena najtežim klimatskim uvjetima. Knjige uvezene PUR ljepljivom ne pokazuju gubitak kvalitete na temperaturi do 120°C, te ne pucaju i ostaju elastična čak na temperaturu manjoj od -40°C.

#### 2.2.4. Karakteristike ljepila za meki uvez knjiga

Razumijevanje ljepila zahtijeva da se ono vidi ne kao jednostavan materijal za lijepljenje, nego kao jedinstveni sloj u strukturi hrbta. Različita ljepila će imati različite učinke.

Zahtijev	PVAc	Hot-melt EVA	PUR
Piranjanje	+++	++	++++(+)
Otpornost na hladnoću	++	(+)	++++(+)
Otpornost na toplinu	+++	+	++++(+)
Brzina otvrdnjavanja	+	++++	+++(+)
Starenje	++++	++	++++
Otpornost na ulje	+++	(+)	++++
Rezanje	+	+++	+++
Obrada	+++	+++	+++

Tablica 4.: Utjecaj različitih vrsta ljepila na karakteristike mekog uveza [13]

Uz pretpostavku da je adhezija dovoljna, što je slučaj s većinom ljepila, ljepilo se koristi u uvezivanju knjiga, a kvalitete ljepila koje utječu na strukturu knjige su fleksibilnost, elastičnost i debljina nanosa.

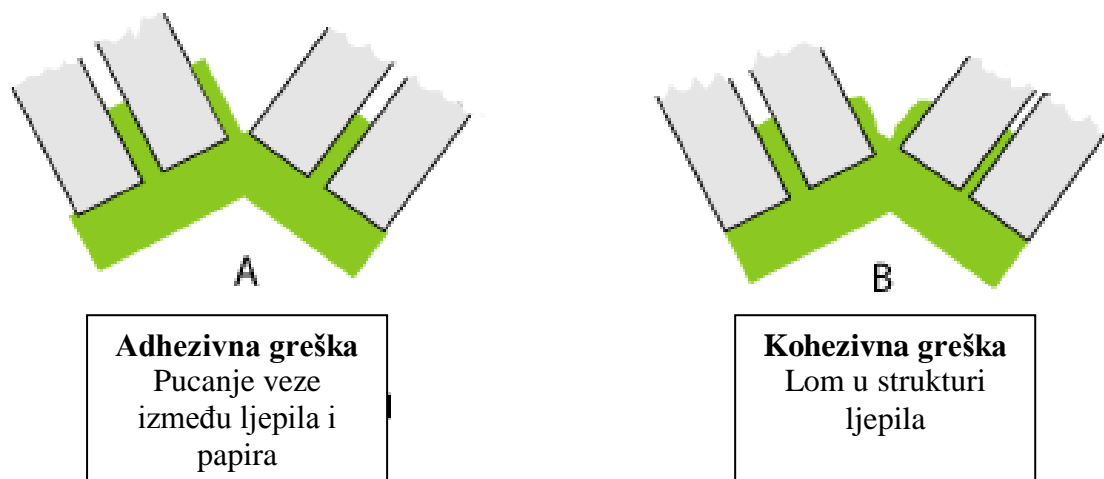
Ljepilo za hrbat knjige mora biti fleksibilno tako da se može kretati s hrbtom kad knjigu otvaramo. Ako ljepilo nije fleksibilno onda će ispucati. Bez fleksibilnosti knjiga će se slomiti u uporabi.

Elastičnost je sposobnost da se ljepilo rasteže i vraća u prvobitno stanje kao gumena traka. Dok je komad papira fleksibilan, ne bismo ga okarakterizirali kao elastičan. Većina ljepila koja se koriste za uvezivanje knjiga su fleksibilna, ali mnoga nisu jako elastična.

Mogućnost za izgradnju debljine nanosa je treća karakteristika koja utječe na sposobnost ljepila za kontrolu hrbta. Neki ljepila su kompaktnija i grade deblje filmove.

Pa kako te karakteristike čine razliku? Kruto ljepilo imaju tendenciju kontrole kretanja hrbta više od elastičnog ljepila. Za bilo koje ljepilo, deblji sloj ljepila više će kontrolirati hrbat. Na mikroskopskoj razini postoji značajna dimenzionalna promijena u

trenutku otvaranja knjige. Kruto ljepilo jednostavno ne može podnijeti dimenzije promjene. Dokle god granice elastičnosti nije premašena elastično ljepilo se vraća se početni oblik. Ovaj ciklus se može ponoviti neograničeno ako je ljepilo dovoljno elastično. Ako nije, ljepilo će popucati odmah ili tijekom duže uporabe. Kvaliteta mekog uveza u velikoj mjeri ovisi o kvaliteti veze između stranica. Kod takve veza može doći do greške. Moguće je popuštanje veze između ljepila i podloge ili kohezivni lom u samoj strukturi ljepila. [9]



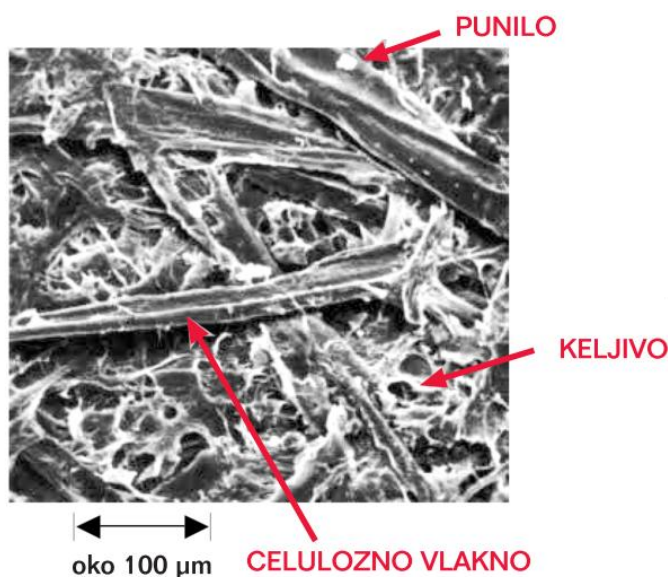
*Slika 3.: Greške u ljepilu na liniji veza*

Mehanička čvrstoća knjižnog bloka prema dosadašnjim iskustvima ovisi o odnosu ljepila i papira. Stoga se kvaliteta meko uvezane knjige mora promatrati i sa fizikalno-kemijskog aspekta. Kvaliteta veze između knjižnog bloka i korica ovisi o djelovanju sila kohezije unutar jedne tvari i sila adhezije između dviju različitih tvari. Sa fizikalnog aspekta to je mehanizam lijepljenja koji se temelji na pojavama penetracije i fizikalne adsorpcije neposrednim djelovanja van der Waals sila u međudjelovanju hot melta i obrađenog hrpta knjižnog bloka.

## 2.3. Papir

Papir je sastavni dio naše civilizacije posljednjih dvije tisuće godina te zbog svakodnevne upotrebe obično nemamo mišljenje da je to posebno kompleksan materijal. Dobiven je iz biljnih izvora, te ga karakteriziraju morfološka, kemijska i fizička kompleksnost. Prema metodi proizvodnje papira, papir je materijal napravljen od mrežaste strukture prirodnih vlakana celuloze koja se dobiva taloženjem iz vodene suspenzije. Mrežastu strukturu vlakna čine čvrsto povezana vlakna koja čine sloj debljine od 30 do 300  $\mu\text{m}$ . Širina vlakna može biti od 10 do 50  $\mu\text{m}$ . Proizvodni procesi papira su visoko sofisticirani. Filtracijski procesi velikih brzina proizvode mokru mrežastu tvorevinu vlakana slabe čvrstoće. Mokra mrežasta tvorevina, mora se kontinuirano provući kroz dio za gnječenje i sušenje u stroju za proizvodnju papira pri brzinama oko 60 km/h. Zahtjeva se visoka tehnologija koja je danas dostupna da bi se izbjegli učestali lomovi i da bi se dobio dobar proizvod u cjelini. Papir ima široku namjenu od uloge za pisanje, tiskanje do ambalažnog materijala.

U grafičkoj industriji najčešće korištena tiskovna podloga je papir. Papir je tanka plošna tvorevina dobivena ispreplitanjem celuloznih vlaknaca, kojima su dodana punila, keljiva i bojila, čime se papiru poboljšavaju optička svojstva.



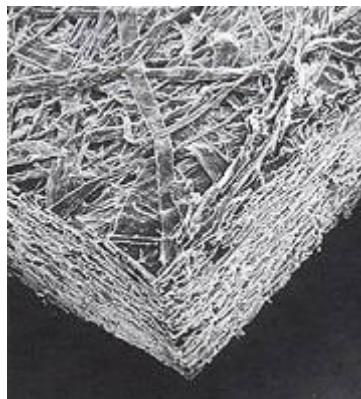
Slika 4.: Mikroskopski prikaz papirne površine

Ovisno o vrsti celulozne sirovine, kao i njezinom načinu razvlaknjivanja, dobivaju se papiri različitih mehaničkih i kemijskih svojstava. Na kvalitetu budućih otisnutih grafičkih proizvoda važnu ulogu ima površina papira. Papirnom doradom (premazivanjem, impregniranjem, pergamentiranjem, laminiranjem) dodatno se oplemenjuje površina papira. Najčešći postupak papirne dorade je premazivanje. U proizvodnji papira ovisno o izvršenoj fazi premazivanja papiri se dijele na:

- nepremazane papire (naravne)
- premazane papire.

U novije vrijeme na tržištu su se pojavili i sintetički papiri koji su sasvim ili djelomično izrađeni od umjetnih materijala. Njihova upotreba za tiskovnu podlogu u proizvodnji knjiga još je u začetku.

Hrapavost površine i debljina papira definitivno su parametri koji imaju utjecaja na mehaničku čvrstoću knjižnog bloka. Struktura papira je nehomogene građe jer su celulozna vlakna međusobno isprepletana i postoje mnoge pukotine koje nazivamo porama. Intenzitet hrapavosti površine papira određen je brojem pora u papiru i ima neposredan utjecaj na kvalitetu lijepljenja. Karakteristika hrapavosti ljepljenja ovisi o distribuciji celuloznih vlakana kroz sva tri smjera lista papira (u strojnoj izradi), dakle x-y smjer i z-smjer, a to je debljina lista papira. Mehanička svojstva papira pri djelovanju vlačne sile (istezanje u z-smjeru) ovise o površinskoj distribuciji celuloznih vlakana i uzdužnom presjeku papira. Debljina papira ili uzdužni presjek (z-smjer) je udaljenost između prvog i posljednjeg sloja isprepletenih celuloznih vlakana u papiru. Dakle mehanička čvrstoća papira ovisi isključivo o kemijskoj interakciji, dimenziji, čvrstoći, orijentiranosti i stupnju isprepletenosti celuloznih vlakana u papiru. [3]



*Slika 5.: Mikroskopski prikaz celuloznih vlakana u listu papira*

### 2.3.1. Nepremazani papiri

Nepremazani (prirodni ili naravni) papiri su bezdrvni papiri i papiri proizvedeni na bazi drvenjače i starog papira. Mogu biti:

- jednostrano glatki
- obostrano glatki
- jednostrano satinirani
- obostrano satinirani.

Pored ravnomjernog primanja i sušenja boje, vrlo je važna njihova dimenzionalna stabilnost, zatim odgovarajući opacitet i glatkoća jer se na ove papire isključivo tiska obostrano, i to gotovo uvijek u četiri boje. Vrlo važna značajka ovih papira je čvrstoća i odgovarajuća krutost. Kemijski sastav nepremazanih papira isti je na površini i u unutrašnjosti lista, za razliku od premaznih papira kod kojih se sastav premaza bitno razlikuje od sastava papirne mase.

Skupinu nepremazanih (naravnih) papira danas čine:

- Ofsetni papiri: to je strojno glatki papir koji je svoju hrapavost dobio tijekom proizvodnje. Ofsetni papir tako nastaje prolazeći kroz uređaj za glačanje, ali nije naknadno satiniran (kalandriran).
- Listovni papir: je bijeljena ili obojena tiskovna podloga, namijenjena za tisak poslovnih i osobnih aplikacija, koje se nakon otiskovanja ručno dopisuju. To je bezdrvni i strojnoglatki papir koji se odlikuje tvrdoćom.
- Knjižni papir: je tiskovni papir prilagođen klasičnim tiskarskim tehnikama. Izrađuje se od drvne celuloze s dodatkom celuloze od slame ili drvenjače. Za dobra tiskovna svojstva, papiru se dodaje više punila (smanjuje se prozirnost papira), pri čemu se povećava upojnost.
- Reciklirani papir: proizvodi se iz sekundarnih sirovina. Osnovna sirovina je stari otpadni papir sa udjelom oko 85%. Dodaje mu se 14% punila i 0,5% keljiva. Zbog loših mehaničkih i optičkih svojstava stari papir se može uspješno reciklirati tri do pet puta.
- Papir za elektrofotografiju: zadovoljava dva preduvjeta – posjedovanje većeg površinskog električnog otpora i sadrži malu količinu vlage.
- Papir za ink-jet: zahtijeva kontroliranu kapilarnu upojnost.

### 2.3.2. Premazani papiri

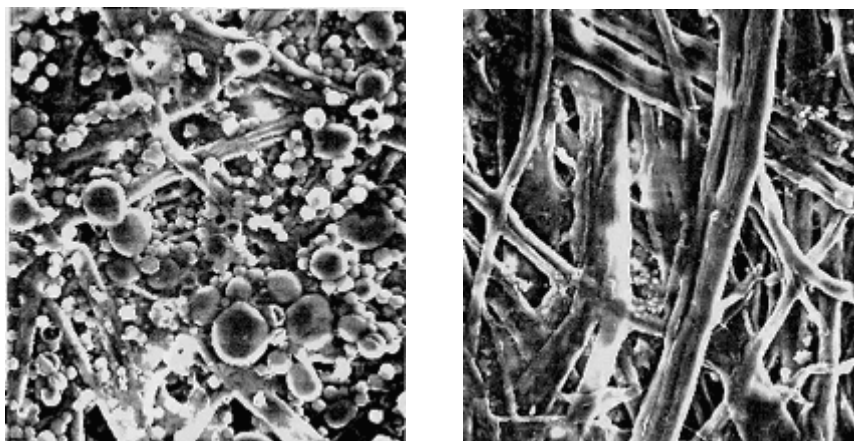
Premazani papiri su posebna grupa papira, čija je površina oplemenjena premazom s nekoliko slojeva. Premazani papiri nastaju u doradnoj fazi proizvodnje papira, koja se može provesti nanošenjem premaza: špricanjem, rakelom, četkama ili valjcima. Premaz se na papir može nanjeti u nekoliko slojeva jednostrano ili obostrano. Premaze je moguće podijeliti u tri grupe:

- glavni premazi: kalcijev karbonat, kaolinske gline i taložni kalcijev karbonat
- specijalni premazi: talk, kalcijev sulfat, plastični pigmenti i barij sulfat
- dodatni premazi: kalcinirane gline, titanijum dioksid i aluminijski trihidrat.

Sredstva za premazivanje sastoje se od:

- pigmenata (minerala poput kaolina, krede ili titanijevog dioksida)
- sredstava za vezanje
- optičkih dodataka (bjelila).

Prilikom nanašanja premaza na papir dolazi do izdvajanja tekućine iz premaza, dok se čvrsta komponenta premaza prihvaća za površinu papira. Kontaktom premaza i papirne površine dolazi do migracije otopljenih tvari iz premaza (uglavnom čestica veziva i dodataka). Premaz penetrira u dubinu papira (u z-smjeru), što dovodi do zadržavanja premaza na površini papira.



*Slika 6.: Izgled površine premazanog (lijevo) i nepremazanog (desno) papira*



Premazni papiri mogu imati niski nanos premazne mase (3 - 14 g/m<sup>2</sup>) i koriste se za manje zahtjevne tiskalice (reklamne, brošure) ili visoki nanos premazne mase (20 - 40 g/m<sup>2</sup> na jednoj strani papira) kod visokokvalitetnih papira za tiskanje ilustriranih knjiga, kalendara.

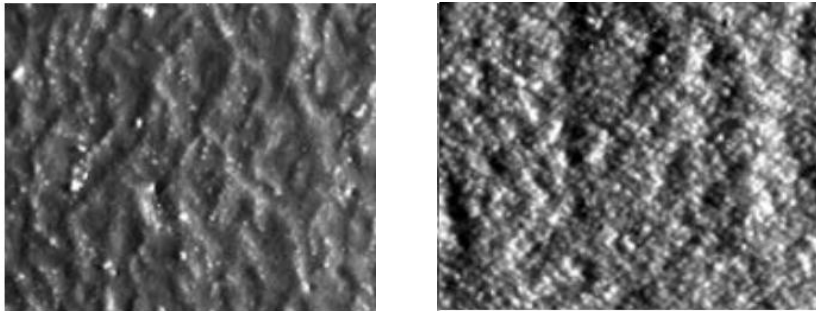
Ovisno o količini nanešenog premaza na papir, razlikujemo sljedeće tipove papira:

- Premazani papir špricanjem: Papir velikog volumena i zrcalnog sjaja. Uglavnom bijel (obojen) s jedne strane. Koristi se uglavnom za tisak etiketa, omota i visokokvalitetnih ambalažnih kutijica. Gramatura od 70 do 400 g/m<sup>2</sup>.
- Premazani papir za umjetnički tisak: Premazani papir najbolje kvalitete nastao nanašanjem premaza u velikom sloju. Papir jednolične površine i izvrsnih tiskovnih svojstava.
- Specijalno premazani papir za tisak ilustracija: Premazani papir za zahtjevne visokokvalitetne poslove. Obostrano premazana površina može mu biti sjajna, polusjajna i mat. Izvrsnih je tiskovnih svojstava.
- Papir za tisak standardnih ilustracija: Papir solidne kvalitete premazan s obje strane.
- Uobičajan papir za tisak ilustracija: Papir premazan s obje strane namijenjen za manje zahtjevnije poslove. Zaštićenog je sjaja i limitirane je kvalitete.
- MWC/HWC: Premazani papir srednje/velike težine. Sirovina za proizvodnju celuloznih vlakana na bazi je drvene sirovine. Proizvodi se u gramaturi od 80 do 130 g/m<sup>2</sup>.
- LWC papi: Premazani papir male težine koji se najčešće koristi za velike produkcije u ofsetnom tisku. Gramature je 72 g/m<sup>2</sup>.
- LLWC/ULWC: Veoma lagan premazani papir / ultra premazani papir (gramature ispod 45 g/m<sup>2</sup>). Koristi se djelomično u ofsetnom tisku i bakrotisku za tisak ilustriranih časopisa sa većim brojem stranica.
- FC papir: Papiri koji su premazani ili pigmentirani s obje strane. Premazivanje se vrši na velikim premaznim strojevima koji nanos određuju valjcima.

Premazivanjem se postižu posebna svojstva površine papira te razlikujemo sljedeće vrste papira:

- mat premazani papiri
- polumat premazani papiri

- sjajni premazani papiri
- visokosjajni premazani papiri.



*Slika 7.: Izgled površine premazanog papira: sjajni (lijevo) i mat (desno)*

Premaz sjajnog papira je sastavljen od vrlo finih pigmenata kojima se postiže glatkost površine papira, niži stupanj abrazivnosti i veća sjajnost površine. Premaz mat papira sastavljen je od grubih i oštih pigmenata. Takvim premazom postiže se difuzno raspršivanje svjetla u svim smjerovima tj. površina koja reflektira manje svjetla pa se kalandriranje ne koristi u proizvodnji mat papira.

Papiri se oplemenjuju premazivanjem sa jedne ili obje strane s ciljem poboljšanja njegovih tiskovnih karakteristika u višebojnom tisku. Uslijed penetracije veziva iz premaza u celulozna vlakna i taloženja čestica pigmenata u pore papira nastaju elementarne promjene u fizikalno - kemijskim karakteristikama papira. Intenzitet hrapavosti papira se smanjuje porastom udjela čestica pigmenata u vezivu premaza. Anorganski pigmenti u papiru imaju neposredan utjecaj na promjenu uzdužnog presjeka papira (z-smjer), proporcionalno raste debljina papira s njihovim količinskim udjelom.

### 2.3.3. Sintetički papiri

Japanska visoka razina gospodarskog razvoja je dovela do naglog porasta potražnje za papirom. Ograničenje u dostupnosti celuloze u budućnosti u kombinaciji s optimizmom glede budućnosti petrokemijske industrije dovelo je do izdavanja publikacije u svibnju 1968. "Preporuke vezane za poticanje industrije sintetičkog papira" vijeća za resurse tadašnje "Agencije za znanost i tehnologiju u Japanu". Ovaj rad je doveo do velikog procvata sintetičkog papira između povezanih kompanija. Nekoliko desetaka tvrtki posvećuje sredstava za istraživanje, razvoj i projektiranje različitih proizvodnih metoda. Kao rezultat tih nastojanja, šest tvrtki je počelo komercijalnu proizvodnju sintetičkih papira.

Međutim, sintetički papiri iz ranih dana su imali slabosti u njihovoj sposobnosti za tiskanje i obradu. Iako su se sintetički papiri još uvijek testirali za različite primjene, i nisu još uvijek imali važno mjesto na tržištu, dva sirovinska šoka iz 1973. i 1979. odmah su promijenila tržišne uvjete. Trošak benzina i petrokemijskih proizvoda znatno se povećao i potražnja za papirom nije rasla zbog gospodarske stagnacije. To je ozbiljan udarac za sintetičke papire i mnoge tvrtke povukle su se sa tržišta.

Nakon što je preživjelo takve dramatične promjene, tržište sintetički papira razvija se kroz nekoliko proizvođača u Japanu i svijetu usmjerenih na razvoj tržišta za sintetički papir šire primjene i jedinstvene kvalitete. Sintetički papir se svojstvima papira i filma od smole sazio je kao proizvod sa više primjena nakon što je dobio nove funkcije, te se desilo da bude poznat kao materijal koji bi mogao pružiti neke uloge kvalitetnih papira. U posljednjih nekoliko godina je također bio korišten za aplikacije koje ne uključuju tisak. S dolaskom novih proizvođača na tržište očekuje se daljnji razvoj sintetičkih papira.

Sintetički papir, od svoga ranog razvoja, je obično nastajao korištenjem sintetičkih smola dobivenih iz nafte kao primarnog materijala. Naravno, to mu je davalo svojstva slična plastičnim folijama, ali svojim izgledom je nevjerojatno sličio redovnim papirima dobivenim od drvenjače. Osim toga, mnogi sintetički papiri imaju svojstva slična standardnim papirima.

Iako ne postoji precizna definicija sintetičkih papira, općenito se podrazumijeva da je to proizvod proizveden pomoću umjetne smole dobivene iz nafte kao primarnog materijala, koji zadržava karakteristike materijala, nudi nekoliko kvaliteta sličnih onima

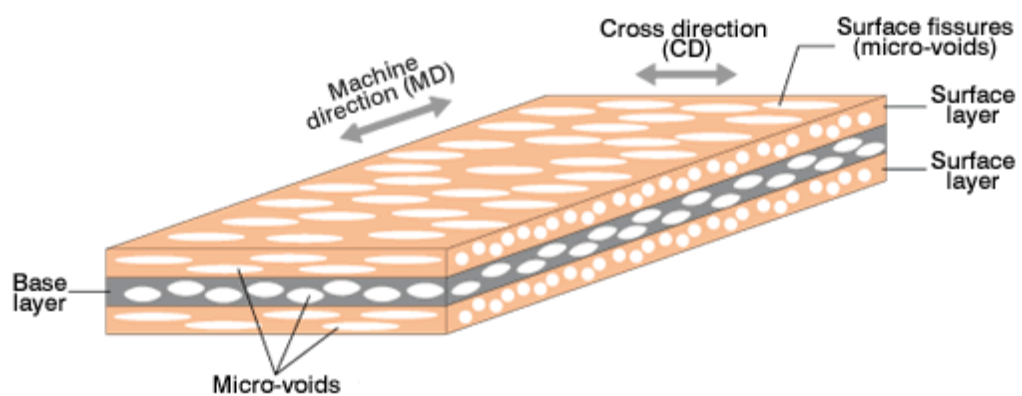
papiru dobivenom prvenstveno iz drvenjače (većinom je bijel i neproziran te posjeduje sposobnost tiskanja i završne obrade.)

U posljednjih nekoliko godina, međutim, su se pojavili sintetički papiri koje nadilaze gore navedenu definiciju. Na primjer, proizvodi koji kombiniraju standardni papir i plastične folije su poznati kao sintetički papir u grafičkoj industriji, te je definiranje sintetičkih papira postalo vrlo neprecizno.

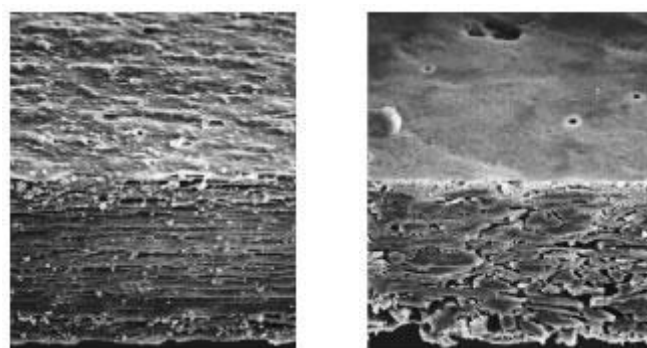
### 2.3.3.1. Vrste sintetičkog papira

Među sintetičkim papirima koji su sada dostupni na tržištu razlikujemo papire koji su u cijelosti izrađeni od sintetičkih polimera bez sastojaka prirodnog podrijetla, i papire koji su izrađeni od prirodnih i sintetičkih vlakana. Većina korištenih sintetičkih vlakana su polistiren, polipropilen, polietilen visoke gustoće, poliester, poliamia i polivinil klorid. Sintetičke papire razlikujemo prema načinu proizvodnje i obliku temeljnih materijala. Prva skupina su papiri izrađeni od sintetičkih materijala u obliku beskonačno dugog vlakana (npr. Tyvek) ili u obliku kratkih vlakana (npr. Neobond) tzv. vlaknasti sintetički papiri. Druga skupina su papiri proizvedeni od plastike koja se tali bez rastezanja (npr. Polyart) ili se dvosmjerno rasteže te tako nastaje dvosmjerno orijentirani višeslojni papir (npr. Yupo) koji se nazivaju sintetički papir filmovi. Sintetičkom polimeru se dodaje punilo i drugi dodatci, a zatim slijedi oblikovanje taljenjem (ekstruzija). U procesu taljenja se polimer zagrije, polimerna talina istiskuje kroz rupu i ponovno hladi. Proizvodnja se može odvijati na dva načina, bez istezanja (polimerna talina očvrstne hlađenjem) i dvosmjernim istezanjem (polimerse privremeno ohladi, ponovo zagrijava i rasteže se u uzdužnom i poprečnom smjeru). Kemijskom ili fizikalnom površinskom obradom ili premazivanjem površine filma papira poboljšava se prikladnost za pisanje i tiskanje, ali i neprozirnost i bjelina. [6]

U papire koji su najpogodniji za tisak spada Yupo papir. Osnovni sloj Yupo papira je dvosmjerno rastezljiv, što papiru daje snagu i krutost, dok se površinski slojevi koji čine gornji i donji dio Yupo papira rastežu samo horizontalno. Naime, proces istezanja stvara mnogo mikropraznina koje raspršuju svjetlost, pružajući visoku razinu bjeline i neprozirnost. Proizvodni proces također daje Yupo papiru kvalitete koje su dobre i za tiskanje i za pisanje. Osim toga, brojne mikropraznine smanjuju Yupo papiru relativnu gustoću, koja pridonosi njegovoj maloj težini. Iako je osnovni sloj dvosmjerno orijentiran, zbog papirnih slojeva na vrhu i na dnu koji su poravnati samo vodoravno, Yupo ima usmjerenost.



*Slika 8.: sastav YUPO papira*



*Slika 9.: površina YUPO papira (lijevo) i premazanog papira (desno) pod elektronskim mikroskopom*

#### **2.3.4. Karakteristike papira za meki uvez knjiga**

Papir od kojeg se izrađuju stranice knjige je najvažniji dio hrbta. On postavlja kriterije za strukturu same knjige. Papir ima neke karakteristike koje pridonose i utječu na razvoj strukture hrbta. Tvrdoća papira je sposobnost papira da prirodno pada ili se otrgne iz margina otvorene knjige. Vrlo labavi papiri lako se savijaju u marginama. Oni imaju tendenciju da će se od njih proizvesti knjige koje se otvaraju lako bez obzira na vrstu uveza. Nesavitljivi papiri imaju tendenciju da ostanu osjetno podignuti kada je knjiga otvorena ili zahtijevaju silu kako bi se u potpunosti otvorila knjiga u položaj za čitanje. Tvrdoća je pokazatelj koliki utjecati papir ima na naprezanje u liniji lijepljenja.

Druga značajka papira koja utječe na kvalitetu uveza je njegova adhezivnost (sposobnost papira da se uspješno povezuje s ljepljivom). Premazani papiri imaju tendenciju da popuštaju između premaza i podloge papira (papiru nedostaje kohezivna snaga). Ako je podloga vrlo kohezivna onda se problem može riješiti povećanjem adhezivnosti ljepljiva. Međutim, ako papirna podloga otpadne, kao što je često slučaj s premazanim papirima, više adhezivno ljepljivo neće riješiti problem.

Svaka knjiga počinje s papirom. Papir je taj koji čini stranice koje daju knjizi njenu svrhu. Knjige su tiskane iz mnogo različitih razloga, i za mnoge različite namjene, što pak dovodi do raznih vrsta papira s mnogo različitih obilježja. Papir je taj koji određuje mogućnosti uveza. Uz pravilnu uveznu konstrukciju gotovo svaki papir može biti uspješno uvezan u korisnu i trajnu knjigu. Uz pogrešnu uveznu konstrukciju svaki papir može proizvesti knjigu koja će se raspasti.

## **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### **3.1. Pristup problemu**

Kvaliteta uvezivanja knjige isključivo ovisi o fizikalno-kemijskim karakteristikama papira i ljepila, naravno uz precizno definirane tehnološke parametre koji uključuju obradu hrpta knjižnog bloka, debljinu nanosa i temperaturu ljepila u trenutku spajanja knjižnog bloka i korice.

Ukratko, kada smo počeli izrađivati naše knjige bili smo suočeni sa nekoliko pitanja. Hoće li se ljepilo dobro povezati sa papirom? Hoće li linija veza ostati netaknuta kada knjigu podvrgnemo otvaranju? Koja će kombinacija papira i ljepila pokazati najbolje karakteristike uveza na pull-testu?

Naš predmet istraživanja je čvrstoća meko uvezane knjige. Čvrstoća meko uvezane knjige ispituje se pomoću kidalice Martini Tester, Type VA. Vrijednosti izmjerenih sila kidanja pojedinih listova iz knjižnog bloka statistički se obrađuju, a rezultat je srednja vrijednost svih dobivenih čvrstoća u jednoj knjizi. Ta srednja vrijednost prema tablici 7. određuje kategoriju kvalitete knjige. Osnova eksperimentalnog dijela je u određivanju utjecaja na silu kidanja kombinacije različitih vrsta papira i ljepila od kojih se izrađuju meko uvezane knjige. Temeljni interes u ovom istraživanju je odrediti onu kombinaciju papira i ljepila, koja pri jednakim tehnološkim parametrima obrade hrpta knjižnog bloka, daje najbolje rezultate. U ovom su istraživanju neki utjecajni parametri držani su uvijek na istoj razini. To su obrada hrpta i debljina nanosa ljepila. Pri izradi meko uvezenih knjiga korištene su kombinacije tri vrste papira (nepremazani, premazani i sintetički) i tri vrste ljepila (PVAc, hot-melt i PUR).



### 3.2. Korišteni materijali i uređaji

Za naše ispitivanje smo odabrali tri najčešće vrste ljepila koje se koriste prilikom izrade meko uvezene knjige. To su hot-melt, PVAc i PUR ljepilo. Njihove karakteristike su prikazane u tablici 5. Tehnološki proces uvezivanja knjiga je proveden u standardiziranim uvjetima (ISO 11800,187,3219).

Redni broj	Naziv ljepila	Viskozitet (mPa*s)	Radna temperatura (°C)	Vrijeme sušenja	Vrsta stroja i brzina rada
1.	Hot-melt Planatol 6010 HM	2165	130	6 sec	Müller Martini Pony 5 600 knjiga/h
2.	PVAc Signoko-L		23	24 h	Ručni nanos ljepila cca. 200 knjiga/h
3.	PUR Durmelt QR3317BR		130	24 h	Müller Martini Normbinder 1500 knjiga/h

Tablica 5.: Odabrana ljepila i njihove karakteristike

Za ispitivanje su odabrane i tri različite vrste papira s obzirom na njihovu vrstu i završnu obradu. Odabrali smo nepremazani i premazani papir koji se većinom koriste u izradi knjiga, te sintetički papir čija upotreba u knjigoveštvu nije česta. Cilj je dobiti rezultate koji će pokazati vrstu papira koja daje najbolju čvrstoću meko uvezene knjige. Prilikom odabira papira nismo se usredotočili na gramaturu, već na debljinu samog papira. Tako smo odabrali različite gramature, ali su zato svi papiri koji će biti podvrgnuti ispitivanju podjednake debljine. Na taj način smo od sve tri vrste papira dobili iste debljine knjižnih blokova. Odabrani papiri prikazani su u tablici 6.

Redni broj	Naziv papira	Gramatura papira (g/m <sup>2</sup> )	Debljina papira (µm)	Dobavljač papira
1.	Obostrano premazani papir BVS matt Scheufelen	115	100	Eupopapier Croatia d.o.o.
2.	Nepremazani papir Masterprint	80	103	Eupopapier Croatia d.o.o.
3.	Sintetički papir YUPO FEB matt	73	95	Eupopapier Croatia d.o.o.

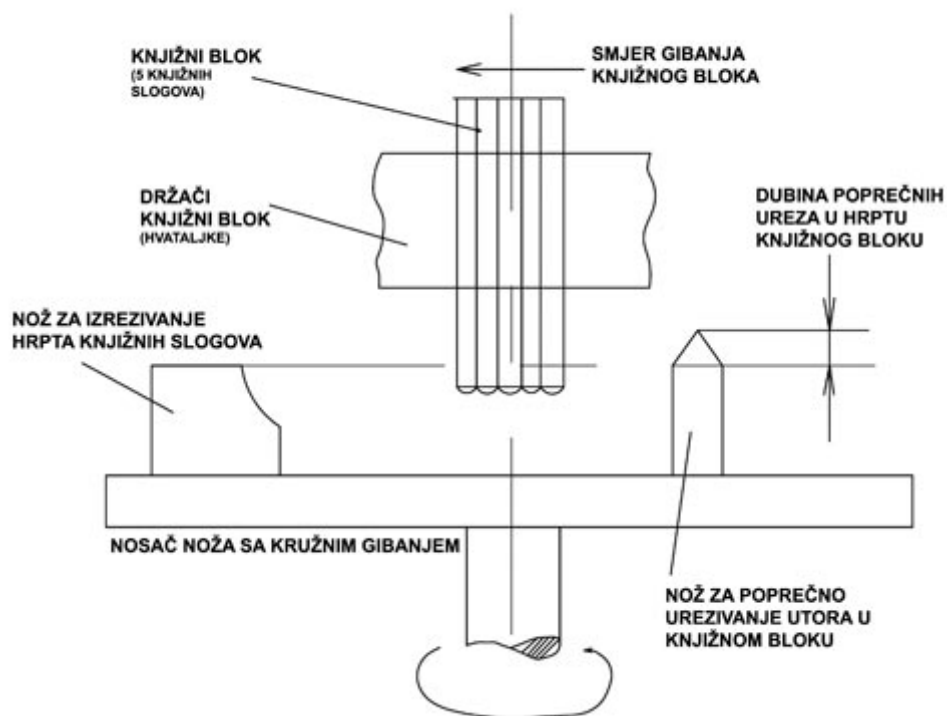
Tablica 6.: Odabrani papiri i njihove karakteristike

Od sve tri vrste papira izrađeno je po 12 primjeraka meko uvezane knjige koje su se zatim lijepile sa tri različite vrste ljepila; što znači po 4 knjige od jedne vrste papira za jednu vrstu ljepila. To znači sveukupno 36 knjiga. Format knjiga je 150 x 210 mm u opsegu od 128 stanica (8 knjižnih slogova po 16 stranica) odnosno 64 lista u knjižnom bloku. Prije neposrednog uljepljivanja knjižnog bloka u jednodijelne kartonske korice definirani su tehnološki parametri visine rezanja hrpta knjižnog bloka od 3 mm, dubina poprečnih ureza u hrptu knjižnog bloka od 0,4 mm, te debljina nanosa ljepila od 0,8 mm kao što je prikazano na slici 10.



Slika 10.: Prikaz redoslijeda tehnoloških operacija obrade hrpta knjižnog bloka

Tehnološki proces uvezivanja knjiga za *hot-melt* ljepilo proveden je na stroju za meki uvez Muller Martini, Pony 5, uz brzinu rada 900 knjiga/sat (slika 11.). Na istom je stroju također izvršena obrada hrpta hrpta ostalih knjižnih blokova. To smo učinili iz razloga kako bi parametri obrade hrpta svih ispitivanih knjiga bili jednaki. PVAc ljepilo se zatim nanosilo ručno na knjižne blokove, a lijepljenje knjiga PUR ljepilom je obavljeno na stroju Müller Martini Normbinder.



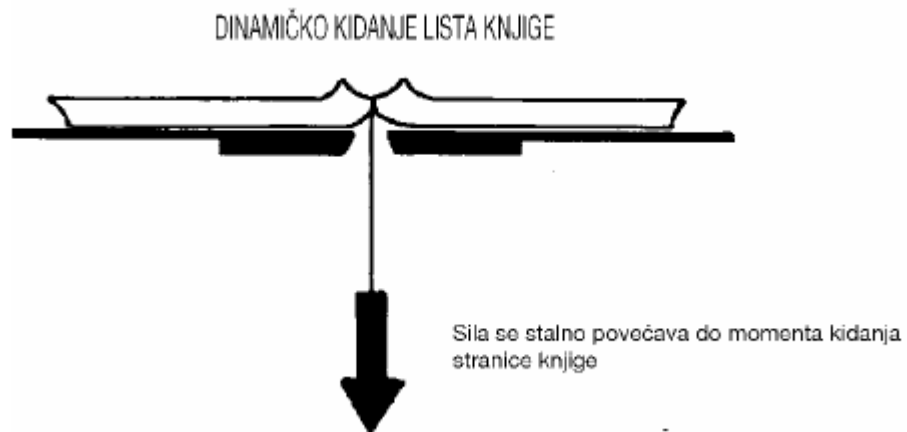
Slika 11.: Shematski prikaz rada stroja GRAPH A Hans Müller AG ZOFINGEN CH,  
Type: RBJ – 5 NR 84149-F (Pony 5)

### 3.3. Opis ispitivanja

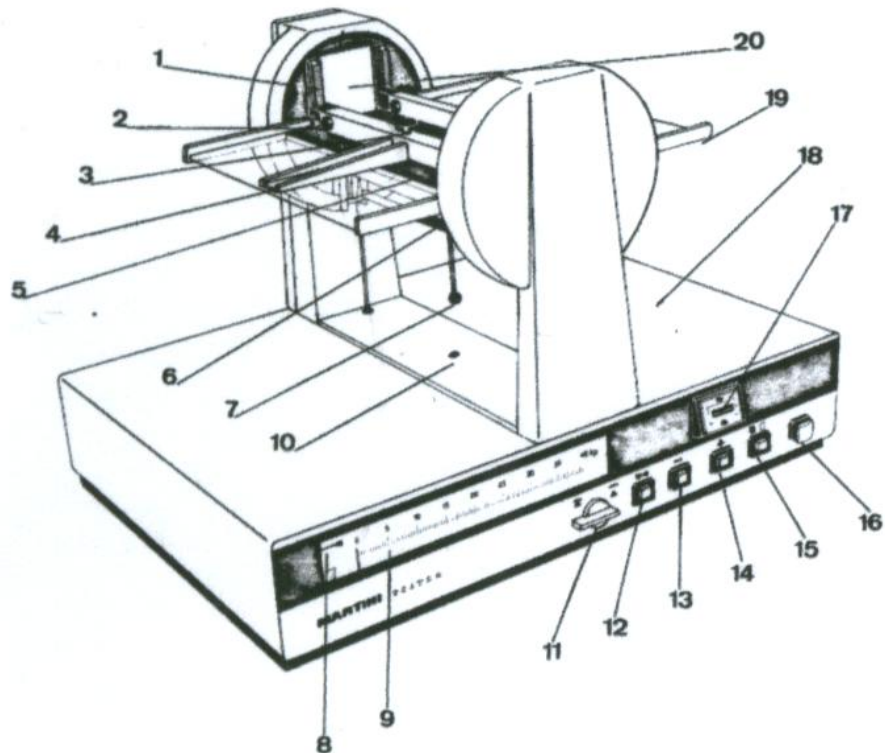
Kvaliteta uveza za svaku pojedinu knjigu određena je mjerenjem sile kidanja pojedinačnog lista iz knjižnog bloka. Ispitivanje je provedeno je na uređaju Martini Tester, Type VA. Kidanje smo započeli nakon 48 sati od završetka uveza, a knjige su bile skladištene prema Standardu ISO 187. Ispitali smo čvrstoću meko uvezanih knjiga kako bi ovisno o rezultatima utvrdili koja kombinacija papira i ljepila daje najbolju čvrstoću mekog uveza.



Slika 12.: Martini Tester, Type VA



Slika 13.: Shematski prikaz rada aparata za određivanje sile kidanja stranice knjige



Slika 14.: Martini Tester, Typ VA

1. zupci za pričvršćivanje
2. gumb za oslobađanje pritiskivača
3. vijak za fiksiranje pritiskivača
4. pritiskivač
5. prorez za centriranje
6. hvatač lista
7. zatvarač hvatača lista
8. oznaka kontrole pričvršćivanja lista
9. skala
10. mjesto za podmazivanje
11. isključenje vage
12. fleks prekidač
13. prekidač za povrat pokazivača
14. pokretanje pokazivača za statičko ispitivanje
15. uklop / isklop
16. stop prekidač
17. brojač listanja
18. kućište
19. stol za pričvršćivanje knjige
20. zrcalo

Budući da ne postoji standard o kvaliteti čvrstoće knjižnog bloka za određenu kategoriju knjiga, za određivanje kvalitete slijepljenosti uzeta je međunarodno priznata tablica vrijednosti čvrstoće slijepljenosti pojedinog lista knjižnog bloka koje preporučuje Adhesive Products from Illinois (SAD).

Očekivane vrijednosti sila kidanja	Atributivne vrijednosti ocjena
ispod 4,50 N/cm	Loše uvezivanje
4,51 N/cm do 6,20 N/cm	Granično uvezivanje
6,21 N/cm do 7,20 N/cm	Dobro uvezivanje
iznad 7,20 N/cm	Vrlo dobro uvezivanje

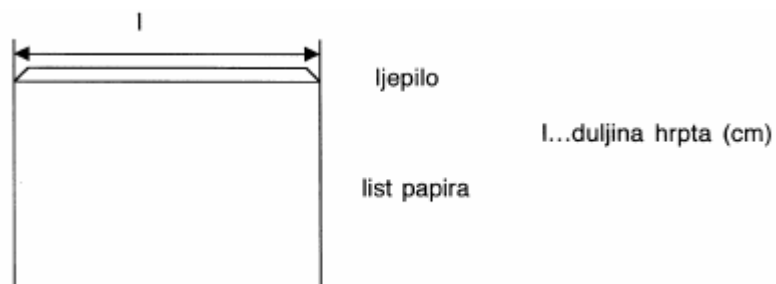
Tablica 7.: Vrijednosti preporučenih kvaliteta mehaničke čvrstoće knjižnog bloka prema Institutu Adhesive Products from Illinois (SAD)

Mogući načini kidanja:

- pucanje samo papira
- puca veza papir –ljepilo
- puca samo ljepilo

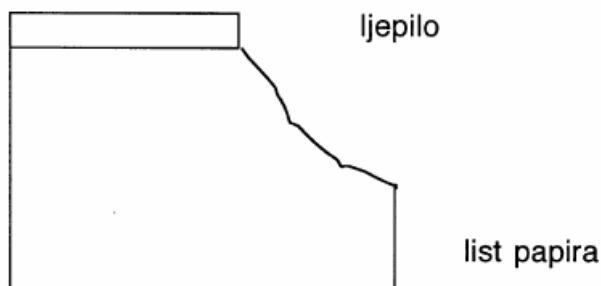
Osim toga postoje i sljedeće mogućnosti kidanja:

- RAVNOMJERNO ISTRGNUTI LIST PAPIRA



- NERAVNOMJERNO ISTRGNUT LIST PAPIRA

Do takvog kidanja dolazi ako ljepilo djelomično uđe među listove knjižnog bloka.



Dakle, ispitivano je 36 meko uvezenih knjiga. Za pojedinu vrstu papira (nepremazani, premazani, sintetički) ispitivalo se po 12 knjiga lijepljenih sa različitim vrstama ljepljiva (PVAc, hot-melt, PUR). Metodom statičkog opterećenja izmjerene su sile kidanja pojedinačnog lista papira iz knjižnog bloka u istim uvjetima rada. Kidani su 2., 9., 16., 23., 30., 37., 44., 50., 57. i 63. list iz knjižnog bloka. Dobivene vrijednosti sile kidanja koje su očitane na skali uređaja dane su u tablicama 8., 9. i 10. Dobivene vrijednosti očitane na na uređaju Martini Tester, Type VA bile su u kilopound-ima [kp]. Mi smo dobivene vrijednost sile kidanja lista u [kp] sveli na jediničnu silu [N/cm] hrpta knjižnog bloka. Time se osigurava usporedivost rezultata, no u našem slučaju to nije važno jer su sve ispitivane knjige jednakih dimenzija. Jedinične vrijednosti rezultata omogućuju uspoređivanje s knjigama različitih visina knjiga. Rezultati u [N/cm] također nam omogućuje usporedivost rezultata sa ocjenama Adhesive Products Instituta from Illinois (SAD). Iz ukupnih rezultata mjerenja čvrstoće knjižnog bloka za svaku kombinaciju papira i ljepljiva (4 knjige po kombinaciji) određena je aritmetička sredina i standardna devijacija (odstupanje od srednje vrijednosti). Dobivene aritmetičke sredine sile kidanja lista iz knjižnog bloka uspoređene su s rezultatima iz tablice 7. Dakle dobiveni rezultati čvrstoća knjižnog bloka meko uvezanih knjiga vrednovani su na temelju preporučenih ocjena Adhesive Products Instituta from Illinois (SAD).

### 3.4. Rezultati ispitivanja

Rezultati istraživanja navedeni su u tablicama 8, 9 i 10. i prikazuju sile kidanja listova iz knjižnog bloka metodom statičkog ispitivanja. U tablicama su, za određenu vrstu papira, navedene pojedinačne vrijednosti sila kidanja u odnosu na redni broj lista u knjižnom bloku i redni broj uzorka za određenu vrstu ljepila.

Red. br. mjerjenja	Red. br. lista u KB	Sile kidanja (N/cm) za <b>N_80</b>											
		<b>PVAC</b>				<b>Hot Melt</b>				<b>PUR</b>			
		Redni broj uzorka (KB)											
		<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>
1.	<b>2.</b>	7,94	8,89	8,18	9,58	6,31	6,07	5,84	6,31	10,04	11,21	10,98	5,14
2.	<b>9.</b>	13,08	12,15	11,68	11,91	7,24	7,94	7,94	7,94	12,15	13,08	9,81	13,55
3.	<b>16.</b>	12,61	11,68	12,15	12,61	6,31	7,94	7,01	5,84	13,55	14,01	14,48	13,55
4.	<b>23.</b>	12,85	11,21	11,68	13,08	5,61	7,01	5,37	5,61	13,08	13,08	13,55	14,25
5.	<b>30.</b>	14,01	11,21	11,68	12,15	6,31	6,54	6,54	5,84	12,61	14,01	12,61	14,95
6.	<b>37.</b>	13,08	11,45	12,61	12,15	5,84	6,07	6,77	6,07	13,08	13,78	14,01	13,55
7.	<b>44.</b>	11,91	13,08	12,15	12,61	6,77	5,61	7,74	7,01	12,61	13,08	14,72	13,78
8.	<b>50.</b>	11,21	12,39	12,39	11,21	6,54	7,74	7,01	7,74	12,85	12,15	11,68	14,01
9.	<b>57.</b>	13,08	12,85	11,68	10,74	5,14	4,20	3,27	3,74	13,78	14,01	14,01	10,98
10.	<b>63.</b>	3,97	3,97	10,28	7,74	2,34	4,67	5,37	1,40	5,61	5,14	5,14	10,74
	<b>Aritm. sred. KB</b>	<b>11,37</b>	<b>10,89</b>	<b>11,45</b>	<b>11,38</b>	<b>5,84</b>	<b>6,38</b>	<b>6,29</b>	<b>5,75</b>	<b>13,51</b>	<b>12,36</b>	<b>12,01</b>	<b>12,45</b>
	<b>St. dev. KB</b>	<b>3,10</b>	<b>2,70</b>	<b>1,31</b>	<b>1,64</b>	<b>1,37</b>	<b>1,32</b>	<b>1,38</b>	<b>1,94</b>	<b>2,49</b>	<b>2,69</b>	<b>2,93</b>	<b>2,90</b>
	<b>Arit. sred. svih KB</b>	<b>11,27</b> Vrlo dobro uvezivanje				<b>6,07</b> Granično uvezivanje				<b>12,58</b> Vrlo dobro uvezivanje			
	<b>St. dev. svih KB</b>	<b>0,26</b>				<b>0,32</b>				<b>0,65</b>			

Tablica 8.: Prikaz vrijednosti sile kidanja lista papira iz knjižnog bloka za nepremazani papir Masterprint 80 g/m<sup>2</sup>



Red. br. mjerjenja	Red. br. lista u KB	Sile kidanja (N/cm) za P_115											
		PVAC				Hot Melt				PUR			
		Redni broj uzorka (KB)											
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
1.	2.	8,18	6,07	4,20	7,24	4,20	4,44	3,50	4,44	6,54	8,18	3,27	5,84
2.	9.	5,14	7,94	6,54	7,74	4,20	3,74	5,14	1,87	15,88	14,25	13,55	14,95
3.	16.	4,67	5,84	4,20	5,61	1,87	3,27	2,80	2,34	8,89	15,41	16,12	15,88
4.	23.	7,94	8,64	8,64	7,74	2,34	3,04	4,67	4,20	11,21	16,82	14,95	13,31
5.	30.	7,71	6,54	5,61	6,07	1,87	3,50	4,67	4,20	8,41	13,55	15,41	14,95
6.	37.	4,67	4,67	7,94	5,84	4,20	3,74	5,14	6,07	13,55	14,25	15,65	15,65
7.	44.	7,94	8,64	5,84	7,01	3,97	4,20	2,34	2,34	14,95	12,39	13,55	11,21
8.	50.	6,77	7,94	5,61	6,77	3,74	2,10	2,34	2,80	15,41	10,74	8,18	8,41
9.	57.	4,67	9,34	4,91	7,01	1,18	0,93	1,87	2,57	12,61	12,61	15,88	12,61
10.	63.	3,74	6,07	6,07	6,77	15,14	4,20	2,34	3,04	7,01	3,74	3,74	5,14
	<b>Aritm. sred. KB</b>	<b>6,14</b>	<b>7,17</b>	<b>5,96</b>	<b>6,78</b>	<b>4,27</b>	<b>3,32</b>	<b>3,48</b>	<b>3,39</b>	<b>11,45</b>	<b>12,19</b>	<b>12,03</b>	<b>11,80</b>
	<b>St. dev. KB</b>	<b>1,72</b>	<b>1,53</b>	<b>1,45</b>	<b>0,74</b>	<b>3,99</b>	<b>1,08</b>	<b>1,30</b>	<b>1,30</b>	<b>3,54</b>	<b>3,83</b>	<b>5,05</b>	<b>4,03</b>
	<b>Arit. sred. svih KB</b>	<b>6,51</b> Dobro uvezivanje				<b>3,61</b> Loše uvezivanje				<b>11,87</b> Vrlo dobro uvezivanje			
	<b>St. dev. svih KB</b>	<b>1,44</b>				<b>2,21</b>				<b>4,00</b>			

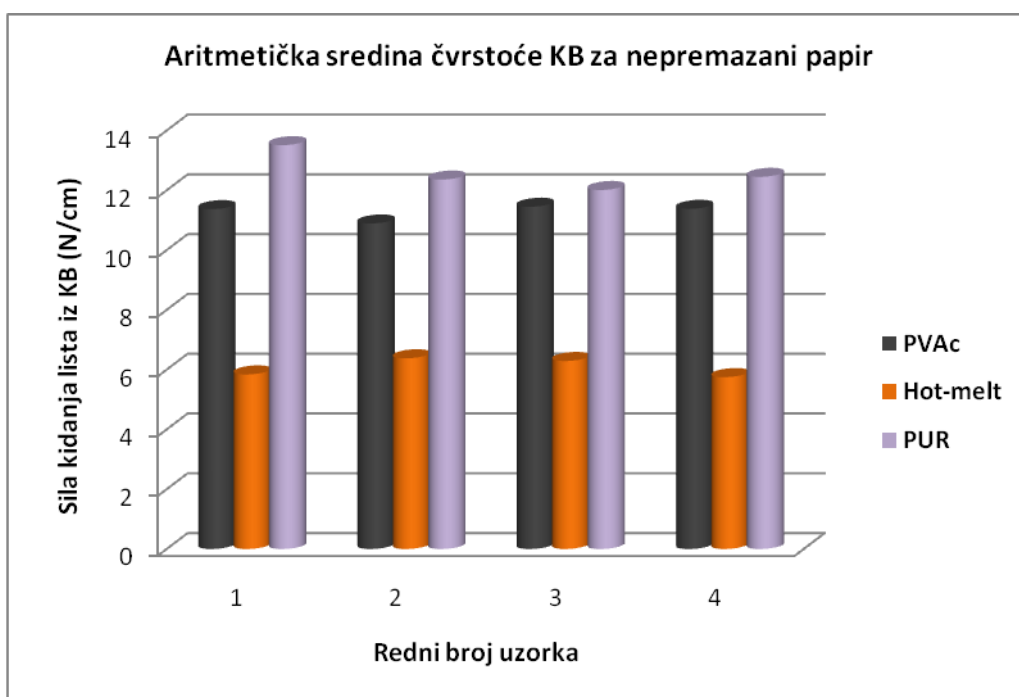
Tablica 9.: Prikaz vrijednosti sile kidanja lista papira iz knjižnog bloka za premazani papir Scheufelen BVS matt 115 g/m<sup>2</sup>

Red. br. mjerjenja	Red. br. lista u KB	Sile kidanja (N/cm) za S_73											
		PVAC				Hot Melt				PUR			
		Redni broj uzorka (KB)											
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
1.	2.	3,27	3,27	3,50	2,80	2,80	3,50	2,34	2,80	8,64	6,54	7,94	4,20
2.	9.	3,97	3,04	3,74	6,77	2,34	4,44	2,80	2,57	11,68	6,77	9,81	3,74
3.	16.	9,81	3,74	7,01	4,44	5,37	3,74	3,97	5,84	13,31	15,41	14,95	5,14
4.	23.	5,84	2,10	2,34	6,31	5,14	5,14	5,37	5,84	11,21	14,01	14,01	3,27
5.	30.	7,94	2,57	4,91	7,24	4,67	3,50	4,91	4,91	8,89	13,08	10,98	4,67
6.	37.	5,37	6,77	3,97	6,77	5,14	4,91	5,37	5,61	9,34	13,55	13,55	5,14
7.	44.	6,07	5,37	8,41	5,84	6,07	6,31	4,44	4,44	9,11	11,21	12,15	7,74
8.	50.	9,81	6,31	7,94	7,01	4,91	4,44	4,20	3,97	6,31	6,77	8,18	7,94
9.	57.	7,24	2,80	7,94	12,61	3,74	3,50	4,44	4,20	9,34	8,41	12,39	7,24
10.	63.	9,81	2,57	3,27	7,94	3,50	3,27	3,74	3,27	7,94	9,81	10,74	4,67
	<b>Aritm. sred. KB</b>	<b>6,91</b>	<b>3,85</b>	<b>5,30</b>	<b>6,77</b>	<b>4,37</b>	<b>4,28</b>	<b>4,16</b>	<b>4,35</b>	<b>9,58</b>	<b>10,56</b>	<b>11,47</b>	<b>5,38</b>
	<b>St. dev. KB</b>	<b>2,42</b>	<b>1,68</b>	<b>2,29</b>	<b>2,54</b>	<b>1,21</b>	<b>0,97</b>	<b>1,00</b>	<b>1,21</b>	<b>2,00</b>	<b>3,35</b>	<b>2,38</b>	<b>1,67</b>
	<b>Arit. sred. svih KB</b>	<b>5,71</b> Granično uvezivanje				<b>4,29</b> Loše uvezivanje				<b>9,24</b> Vrlo dobro uvezivanje			
	<b>St. dev. svih KB</b>	<b>2,51</b>				<b>1,06</b>				<b>3,32</b>			

Tablica 10.: Prikaz vrijednosti sile kidanja lista papira iz knjižnog bloka za sintetički papir Yupo feb 73 g/m<sup>2</sup>

### 3.5. Diskusija rezultata

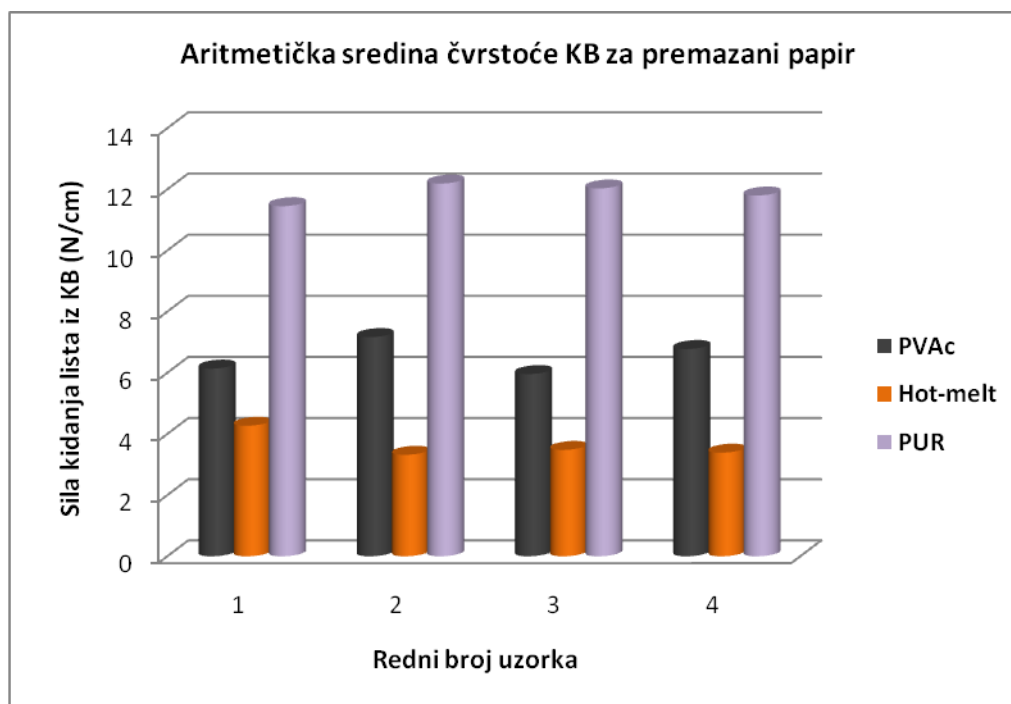
Našu diskusiju započeti ćemo prateći redosljed tablica sa rezultatima. Počinjemo sa rezultatima dobivenima za knjižne blokove od nepremazanog papira lijepljene sa tri različite vrste ljepila. Kao što je vidljivo iz tablice 8. i grafikona 1. najlošije rezultate smo postigli primjenom hot-melt ljepila. Prema preporučenim ocjenama Adhesive Products Instituta from Illinois (SAD) iz tablice 7. vidimo da se radi o granično uvezenoj knjizi. Prema istoj tablici knjige uvezene PVAc i PUR ljepilom daju najbolje moguće rezultte, tj. uvezene su vrlo dobro. Međutim, knjige uvezene PUR ljepilom daju malo bolju kvalitetu uveza od onih uvezenih PVAc ljepilo.



Grafikon 1.: Rezultati ispitivanja čvrstoće knjižnih blokova za nepremazani papir  
Masterprint 80 g/m<sup>2</sup> uvezanih sa tri vrste ljepila

Nadalje, rezultati dobiveni za knjižne blokove od premazanog papira lijepljene sa tri različite vrste ljepila, kao što je vidljivo iz grafikona 2., pokazuju znatno lošije rezultate. Za premazani papir uvezan hot-melt ljepilom dobili smo vrijednosti koje pokazuju loše uvezivanje prema tablici 7. Adhesive Products Instituta from Illinois (SAD). Knjižni blok uvezan PVAc ljepilom daje vrijednosti koje pokazuju dobro uvezanu knjigu. Vidimo da je čvrstoća knjižnoga bloka od premazanog papira uvezanog hot-melt i PVAc ljepilom za

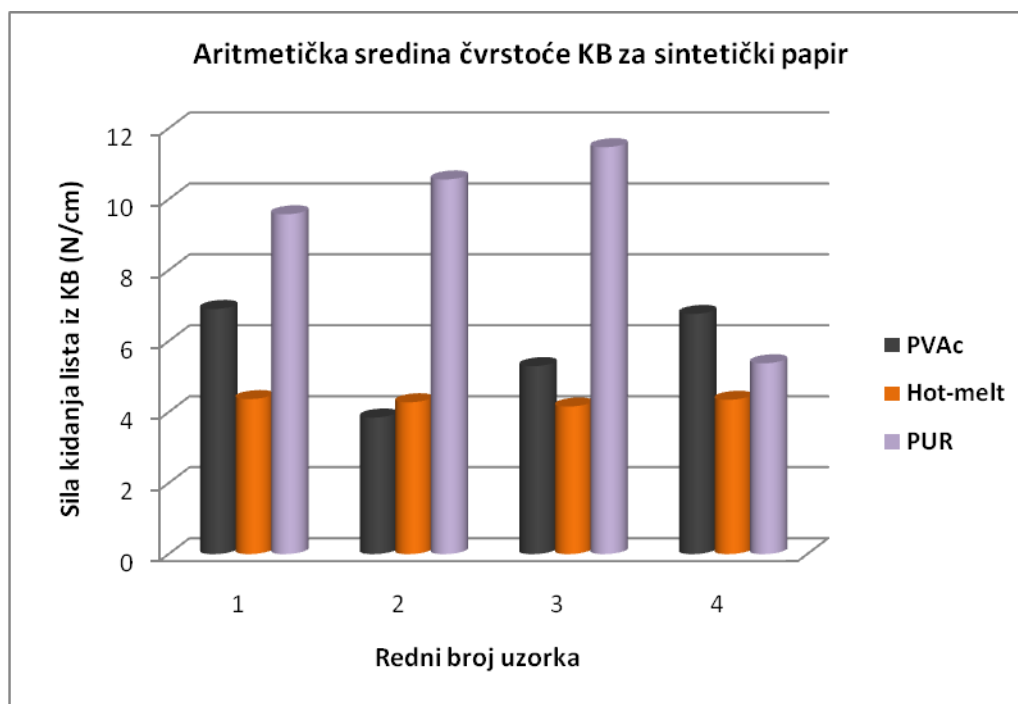
jedan rang čvrstoće niža od knjiga od nepremazanog papira. Takav rezulta je bilo i za očekivati zbog samog sastava papira. Kod premazanog papira čestice premaza se zadržavaju na površini papira, smanjuje se hrapavost papira, ljepilo nemože penetrirati u papir već se zadržava na površini što dovodi do pucanja veze papir-ljepilo i stranice se već kod male sile na pull-testeru odvajaju od linije veza. Ali to nije bio slučaj za premazani papir lijepljen PUR ljepilom. Kod njega vidimo jednaku čvrstoću uveza kao i za nepremazani papir lijepljen istim ljepilom, tj. rezultati pokazuju vrlo dobro uvezanu knjigu.



*Grafikon 2.: Rezultati ispitivanja čvrstoće knjižnih blokova premazani papir Scheufelen BVS matt 115 g/m<sup>2</sup> uvezanih sa tri vrste ljepila*

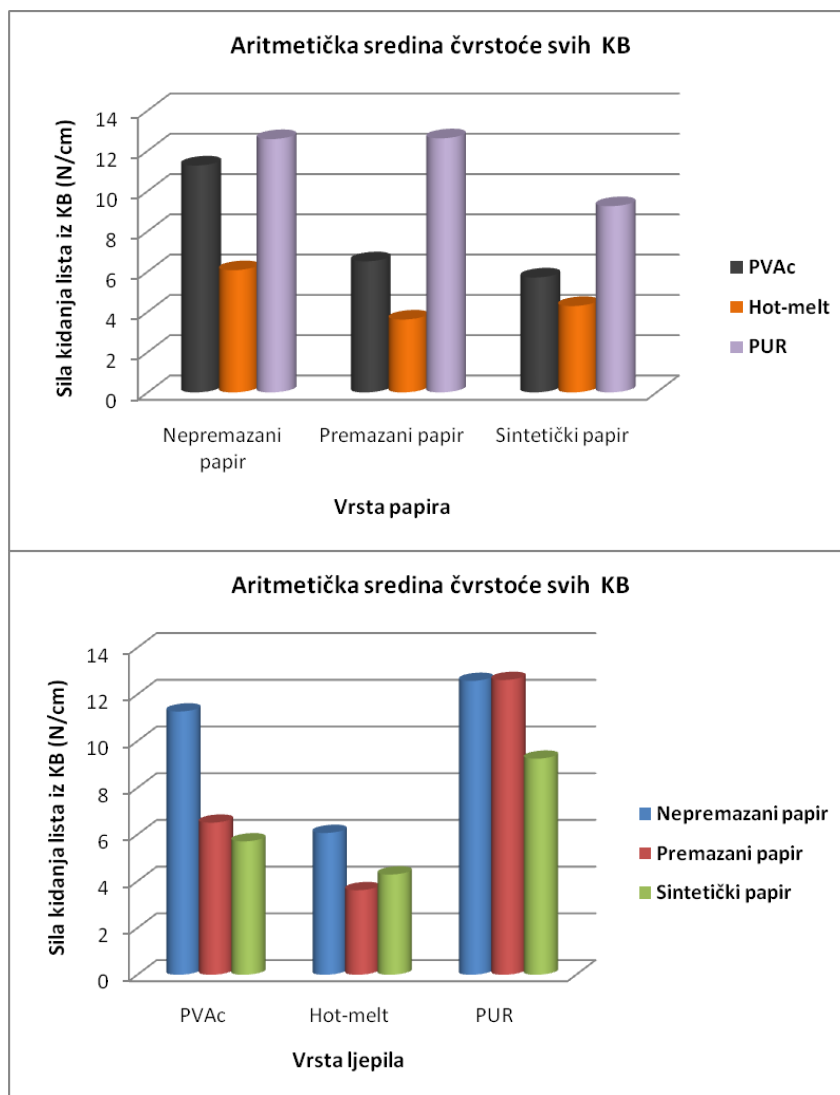
Rezultati dobiveni za knjižne blokove od sintetičkog papira lijepljene sa tri različite vrste ljepila prikazani su u grafikonu 3. Dobivene vrijednosti pokazuju najlošije rezultate od triju ispitivanih papira. Za ralikom od nepremazanog i premazanog papira uvezanog PVAc ljepilom, koji su dali knjigu zadovoljavajuće čvrstoće, sintetički papir uvezen istim ljepilom daje znatno lošije rezultate. Dobivene vrijednosti prema tablici 7. pokazuju da je riječ o graničnom uvezivanju. Hot-melt ljepilo je kao i u prethodna dva slučaja dalo najlošije rezultate, tj. loše uvezane knjige. Međutim, knjige uvezane PUR ljepilom su se i za sintetički papir pokazale kao vrlo dobro uvezane. Takav rezultat nije

neobičan ako uzmemo u obzir da je PUR ljepilo najjače ljepilo za uvez knjiga koje trenutno postoji na tržištu. Ono kemijski reagira sa papirom i daje fleksibilan uvez visoke čvrstoće. Zbog toga je pri testiranju knjiga na pull-testeru najčešće dolazilo do neravnomjerno istrgnutog lista para iz knjižnoga bloka. Iako, moramo napomenuti da od sve tri vrste papira, koje su uvezane PUR ljepilo dale vrlo dobar uvez, sintetički papir je dao brojčano najslabiju čvrstoću uveza.



Grafikon 3.: Rezultati ispitivanja čvrstoće knjižnih blokova za sintetički papir Yupo feb 73 g/m<sup>2</sup> uvezanih sa tri vrste ljepila

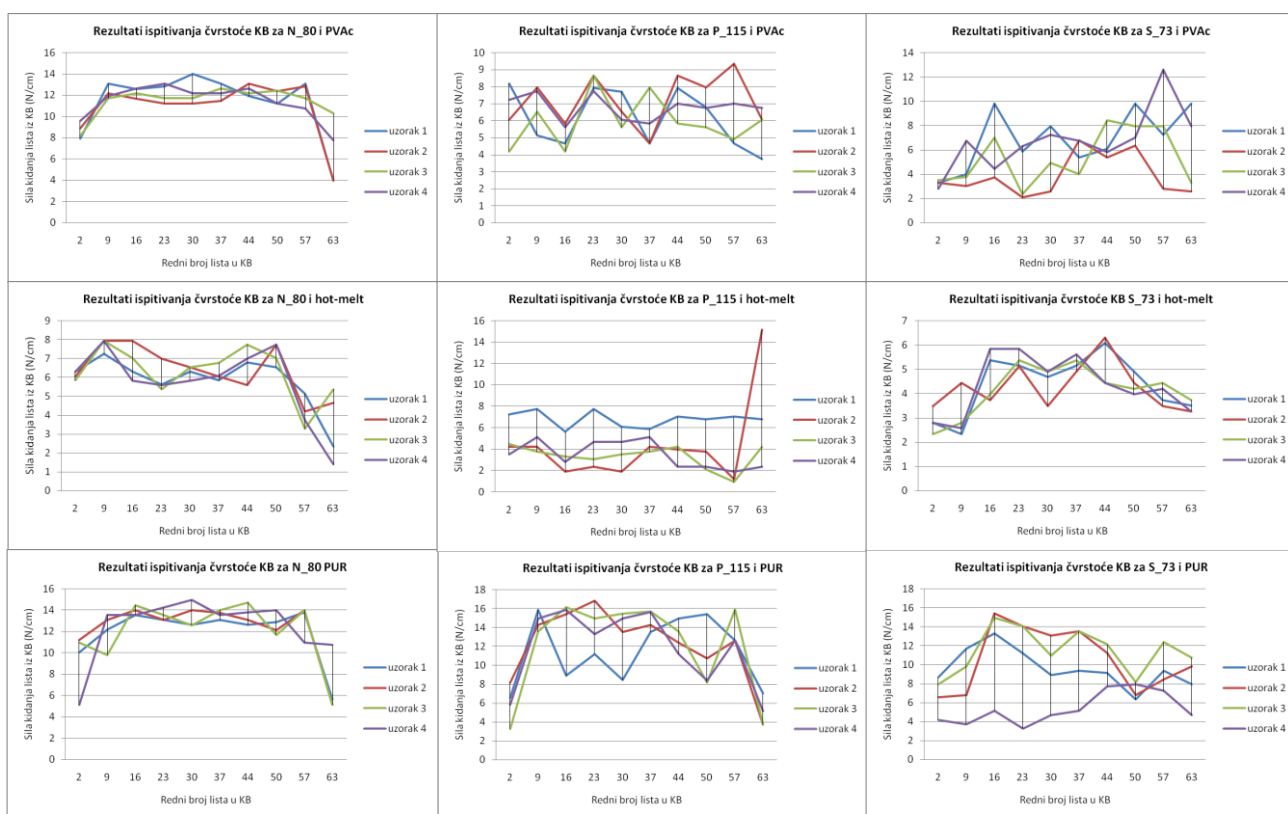
Dakle, s obzirom na vrstu papira, kao što je bilo i za očekivati, najbolji rezultati uveza postižu se sa nepremazanim papirom bez obzira na vrstu ljepila. Zatim slijedi premazani papir, a na zadnjem mjestu je sintetički papir. Iz tog razloga se sintetički papir rijetko koristi za izradu knjiga mekog uveza. Njegov kemijski sastav i struktura daju napogodnije uvjete za obradu hrpta čak i od premazanog papira. Prilikom frezanja čestice polimera od koji je papir napravljen tvore finu prašinu koja ostaje na površini papira i sprječava ljepilo da penetrira u papir. Drugi problem je samo upojnost papira, tj. nedostatak iste. Ljepilo ne može penetrirati u papir, kao što je to slučaj sa nepremazanim papirima, zbog anorganskog podrijetla sirovina za izradu papira.



Grafikon 4.: Aritmetička sredina čvrstoće svih KB knjižnih blokova s obzirom na vrstu papira i ljeplila

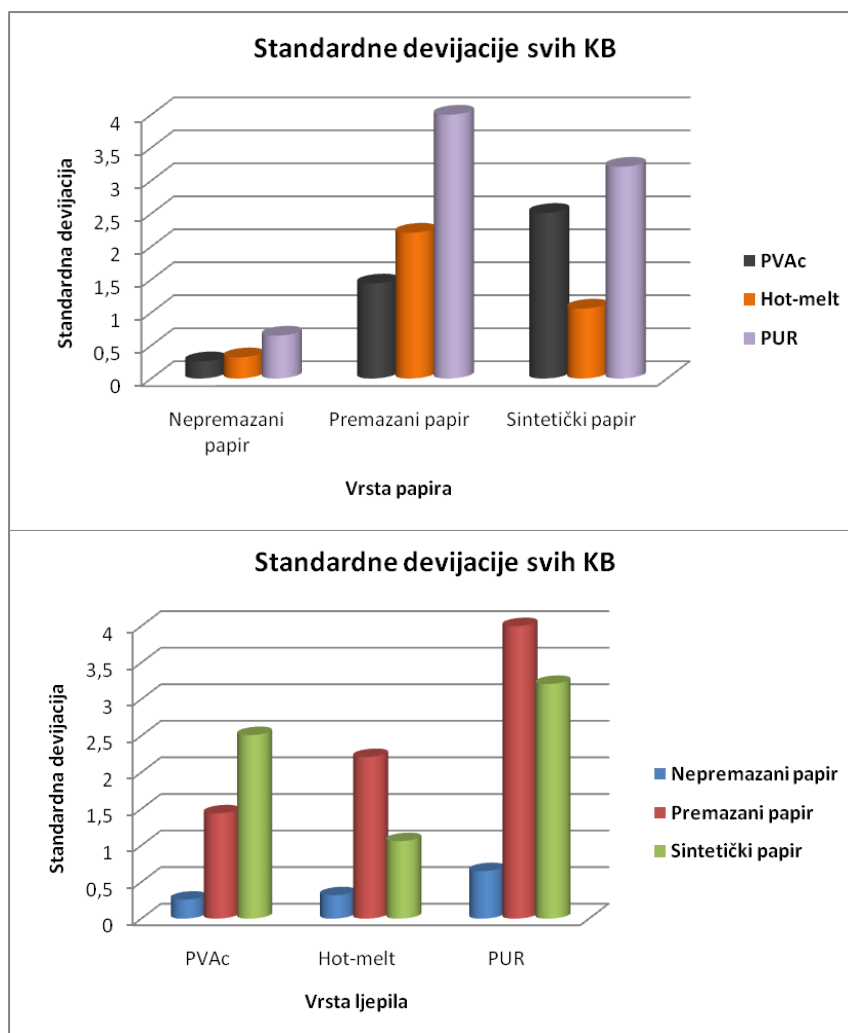
Ako pogledamo grafikone 4. koji prikazuje aritmetičku sredinu svih ispitivanih knjižnih blokova s obzirom na vrstu papira i ljeplila, vidimo jasan pad kvalitet uveza od nepremazanog prema sintetičkom papiru. Također, jasno je vidljivo da bilo koja vrsta papira lijepljena sa hot-melt ljeplilom daje značajno lošije rezultate. PVAc ljeplilo daje najbolje rezultate sa nepremazanim papirom, dok sa premazanim i sintetičkim papirom više naginje lošem uvezu hot-melt ljeplila nego kvalitetno uvezanoj knjizi. Najbolji rezultati, bez obzira na vrstu papira, postignuti su korištenjem PUR ljeplila.

Grafikom 6. prikazuje vrijednosti sila kidanja pojedinih listova papira iz svih ispitivanih knjižnih blokova. Prvi i zadnji listovi knjižnoga bloka kod svih knjiga su slabije čvrstoće, nego što je to slučaj sa središnjih listovima. Razlog tomu može biti to što prilikom izrade naše knjige nismo koristili korice, već smo knjižni blok povezali pomoću papirne trake zalijepljene na hrbat. Drugi razlog koji također pridonosi slabijoj čvrstoći prvih i zadnjih listova je taj što nije bilo bočnoga nanosa ljepila. Velike razlike u čvrstoći pojedinih listova knjižnoga bloka su rezultat same strukture papira. Naime, prilikom obrade hrpta frezanjem sitne čestice prašine zaostaju na površini papira i sprječavaju da ljepilo dođe u kontakt sa papirom. Na mjestima gdje se to dogodilo, čvrstoća veze papir-ljepilo je oslabljena. Iz tog razloga je potrebna manja sila na pull-testu da bi smo taj list papira iščupali iz knjižnoga bloka, tj. imamo slabiju čvrstoću uveza.



*Grafikon 6.: Prikaz vrijednosti sile kidanja lista papira iz knjižnog bloka za pojedine vrste papira i ljepila*

Na grafikonu 6. također možemo vidjeti rasipanje vrijednosti čvrstoće uveza za pojedne knjižne blokove. To možemo jasnije vidjeti i preko grafikona 7. koji prikazuje standardnu devijaciju, tj. odstupanje od srednje vrijednosti za pojedine vrste papira i ljepila. Vidimo da je ona za nepremazani papir, bez obzira na vrstu ljepila, minimalna.



*Grafikon 7.: Standardne devijacije svih KB knjižnih blokova s obzirom na vrstu papira i ljepila*



## 4. ZAKLJUČAK

Kao što je vidljivo iz rezultata, najbolju čvrstoću knjižnoga bloka daje kombinacija nepremazanog papira sa PUR ljepilom. Odmah iza se nalazi nepremazani papir u kombinaciji sa PVAc ljepilom. Sukladno tome zaključujemo da bi nepremazani papir trebao biti prvi izbor pri izradi knjiga mekog uveza. Premazani papir daje znatno slabije rezultate, osim u slučaju kada se kombinira sa PUR ljepilom. Knjige izrađene od sintetičkog papira, bez obzira na vrstu ljepila, ne daje zadovoljavajuće rezultate. Usporedbom čvrstoće meko uvezanih knjiga izrađenih od nepremazanog i premazanog papira, vidimo da knjige od sintetičkog papira postižu znatno slabiju kvalitetu uveza. Ako uzmemo u obzir i probleme koje ova vrsta papira stvara u prilikom obrade, jasno je da nije pogodna za izradu knjiga mekog uveza. Još jedan razlog protiv uporabe sintetičkog papira u svrhu izrade meko uvezane knjige je njegova trajnost. Uz činjenicu da se meki uvez koristi za izdanja koja nisu nami-jevnjena stalnoj i dugotrajnoj uporabi, karakteristika ovoga papira da traje više stotina godina nema prevelikog smisla. Pridodamo li tomu visoku cijenu nabave sintetičkog papira, možemo zaključiti da izrada meko uvezanih knjiga od sintetičkog papira neće zaživjeti u masovnoj proizvodnji.

## 5. LITERATURA

- [1] Holik H.; *Handbook of Paper and Board*; WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Weinheim; 2006. ; ISBN 3-527-30999-3
- [2] Kipphan H.; *Handbook of Print Medi*; Springer; Berlin; 2001.
- [3] Pasanec Preprotić S.; Babić D.; Lajić B.; *Utjecaj različitih kvaliteta papira na čvrstoću knjižnog bloka meko uvezane knjige*; dostupno na:  
<http://www.ziljak.hr/tiskarstvo/tiskarstvo09/Clanci09web/PasanecPreprotic/PasanecPreprotic.html>; 21.7.2011.
- [4] Majnarć I.; *Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge*; magistarski rad; Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Zagreb; 2004.
- [5] Bauk S.; Majnarić I.; Bolanča S.; Golubović K.; *Influence of the uncoated substrates on the quality of the monochromatic digital printing*; Blaž Baromić; Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Split; 2008.; stranice 41-46
- [6] Gregor Svetec D.; Szentgyörgyvölgyi R.; Grilj S.; Debeljak M.; *Posebne vrste grafičnih papirjev*; dostupno na:  
[http://www.pazu.si/sl/informacija.asp?id\\_meta\\_type=25&id\\_informacija=345](http://www.pazu.si/sl/informacija.asp?id_meta_type=25&id_informacija=345); 26.8.2011.
- [7] Petrie E.; *Bookbinding Adhesives*; dostupno na:  
[http://www.adhesivesmag.com/Articles/Assembly/BNP\\_GUID\\_9-5-2006\\_A\\_10000000000000320691](http://www.adhesivesmag.com/Articles/Assembly/BNP_GUID_9-5-2006_A_10000000000000320691); 23.8.2011.
- [8] Fakultet strojarstva i brodogradnje, Katedra za elemente strojeva i konstrukcija; *Lijepljeni spojevi*; dostupno na :  
<http://www.fsb.unizg.hr/elemstroj/skripte-os.htm>; 23.8.2011.
- [9] Jermann P.; *Reflections on Book Structures*; dostupno na:  
<http://temperproductions.com/Bookbinding%20How-to/Reflections/reflect2.htm>; 7.9.2011.
- [10] Fujitsu Quality Laboratory; *Paper Characteristic*; dostupno na:  
<http://jp.fujitsu.com/group/fql/en/services/analysis/method/paper/>; 7.9.2011.
- [11] Henkel AG & Co. KgaA; *PURmelt Advanced bookbinding technology*; dostupno na:  
[http://www.henkel.es/ess/content\\_data/100135\\_PurBoook\\_Finaloriginal\\_version.pdf](http://www.henkel.es/ess/content_data/100135_PurBoook_Finaloriginal_version.pdf);; 10.9.2011.

[12] Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Znaor H.; Grafička dorada 2; dostupno na: <http://www.znaor.com/swf/dorada2.swf>; 10.9.2011.

[13] Onusseit H.; *Hot melts in the graphic industry – current trends and future ideas*; dostupno na:

<http://www.tappi.org/Bookstore/Technical-Papers/Journal-Articles/Archive/the-Place/Archives/2002/October.aspx>; 24.8.2011.