

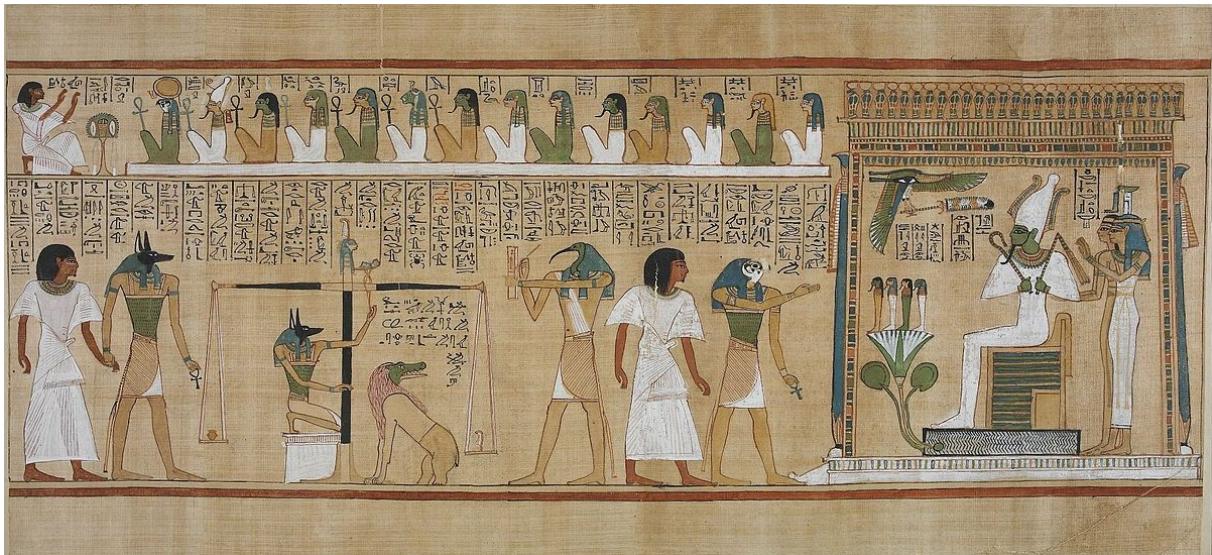
1 Papirna gradiva

1.1 Papirus:

- 3500 p.n.š. - 1000 n.š.
- je vrsta papirju podobnega materiala, narejen iz papirusnega trsa *Cyperus papyrus*, ki se prav tako imenuje papirus.
- Iz stržena trstike so narezali trakove, jih preložili pravokotno, z ozirom na smer rasti vlaken. Preložene plasti so tolkli s tolkači, da so povečali iztok soka. Površino so gladili s kamnitimi likali in nato papiruse sušili v senci.

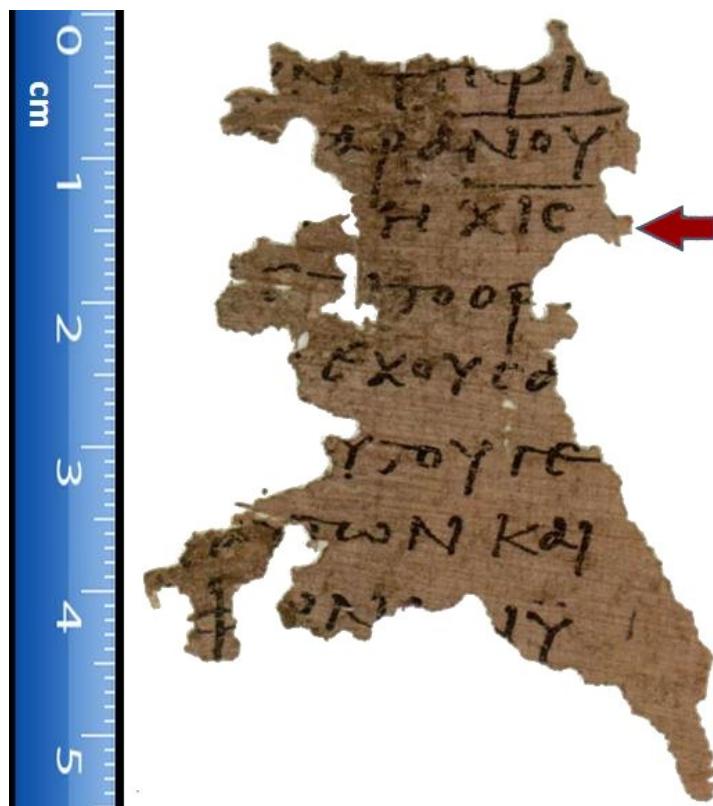


Slika 1: Rastlina papirus



Slika 2: Knjiga mrtvih, napisana na papirus.

Knjiga mrtvih (The Book of the Dead) je zbirka magičnih formul, modrosti in napotkov, namenjenih spremeljanju duše v posmrtno življenje; mnoge verzije so bile zapisane na papirusu in tako služile kot posmrtni vodič v različnih poglavijih obredja. Papirus kot pisni material je omogočil dolge zvitke in raznoliko ureditev besedila ter prilagodljivost interpretacije (hieroglif, hieratski zapis), kar je prispevalo k širjenju in standardizaciji tekstov v različnih grobnicah in ritualnih kontekstih, vključno z bolj zanimi primeri, kot je Papirus Ani. Ta materialna izbira – papir, izdelan iz rastlinskega tkiva – je ključna za razumevanje zgodovine papirnatih gradiv, njihove trajnosti ter načinov prenosa kulturne dediščine skozi čas (Budge 1901).



Slika 3: Košček prevoda "Knjige razsvetljenja" v stari grščini. Košček razkriva, da je pri številki zveri 666 (v hebrejščini), res šlo za kodiranje imena "Neron Cesar", saj je ta koda v stari grščini 616 (XIC).

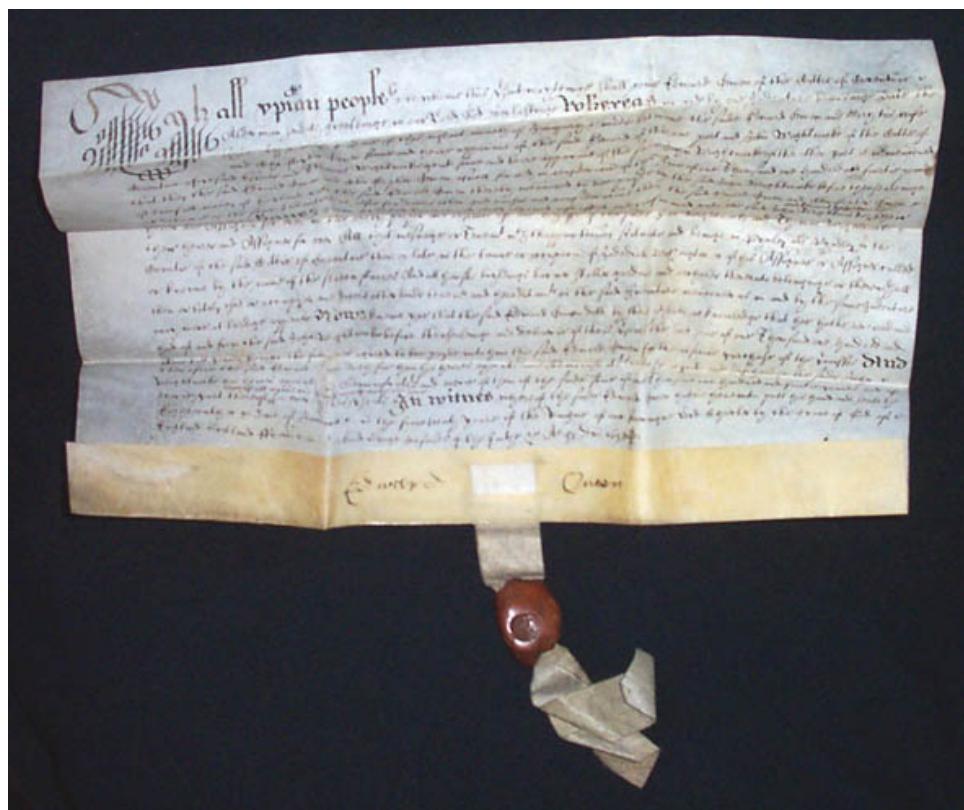
Število zveri izhaja iz Razodetja 13:18 v Novi zavezi, kjer piše: »Kdor ima um, naj izračuna število zveri, kajti to število označuje človeka, in njegovo število je šeststo šestinšestdeset.« V zgodovini so našli tudi nekaj rokopisov, zlasti papirus P115 iz 3. stoletja, v katerih je zapisano število 616 namesto 666. Obe vrednosti se pojavljata v starogrških besedilih, kar potrjuje, da je do različice prišlo zelo zgodaj.

Večina bibličnih zgodovinarjev meni, da gre za številčno kodo (gematrijo), kjer so črke hkrati številke. V grškem ali hebrejskem zapisu imena "Neron Cesar" ima vsota črk vrednost 666, če pa ime zapišemo brez končnega "n" (kot "Nero Caesar"), znaša vsota 616. Zato mnogi strokovnjaki domnevajo, da je šlo za šifrirano oznako rimskega cesarja Nerona, ki je preganjal kristjane in bil simbol tiranije.

1.2 Pergament:

- 270 p.n.š. - 15st n.š.
- je nebarvana oguljena živalska koža, obdelana tako, da je primerna za pisanje
- draga, zamudna izdelava
- kakovostnejši pergament -> VELUM

- Velum je najpogosteje pripravljen iz teleče kože



Slika 4: Listina iz leta 1638 s pečatom.

1.3 Papir:

- pričetek Kitajska l.: 105 našega štetja,
- razširi se počasi v preostali del sveta
- izdelovanje Sicilija, Španiji cca 10. stoletju
- izdelovanje v Nemčiji l.: 1400 ...

1.4 Pomen papirnih gradiv

- dostopen material za shranjevanje zapisov
- zapisi pomembnih zakonitosti, načel...
- kronološki vpogled v vzorce podatkov (enostavno beleženje podatkov)
- razvoj, širjenje znanosti
- pojav knjižnice

- splošno izobraževanje ljudi
- razvoj človeške skupnosti

1.5 Surovine in sredstva za pridobivanje papirja

1.5.1 Osnovne surovine

- celuloza
- lesovina
- papirna vlakna
- stare krpe
- tekstilni odpadki

Celulozo pridobivamo iz surovin kot so:

- Les:
 - smreka, jelka, bor do 50-60 % celuloze,
 - * iglavci imajo daljša vlakna (traheide)
 - bukev 30-40 % celuloze,
 - topol 40-50 % celuloze
- Stebelna vlakna:
 - lan, konoplja: 80 % celuloze
- Trava:
 - slama: 30 % celuloze
- Semenska vlakna:
 - bombaž: 90 % celuloze

1.5.2 Polnila:

- do 25% (več jih je v tiskarskem papirju, manj pisarniški)
- zmanjšana prosojnost (kalcijev-karbonat, glina),
- povečana vpojnost barvila za tisk,

1.5.3 Lepila:

- zmanjšamo vpojnost barvil (lahko tudi vode)
- povečajo trdnost papirja (embalaža)
- včasih škrob, danes sintetična lepila

1.5.4 Barvila:

- zmanjševanje rumenega tona (recikliran papir)

1.5.5 Posebni dodatki:

- mehčanje
- za večjo upojnost
- večje izolacijske sposobnosti
- proti vlagi, plesnobi, insektom

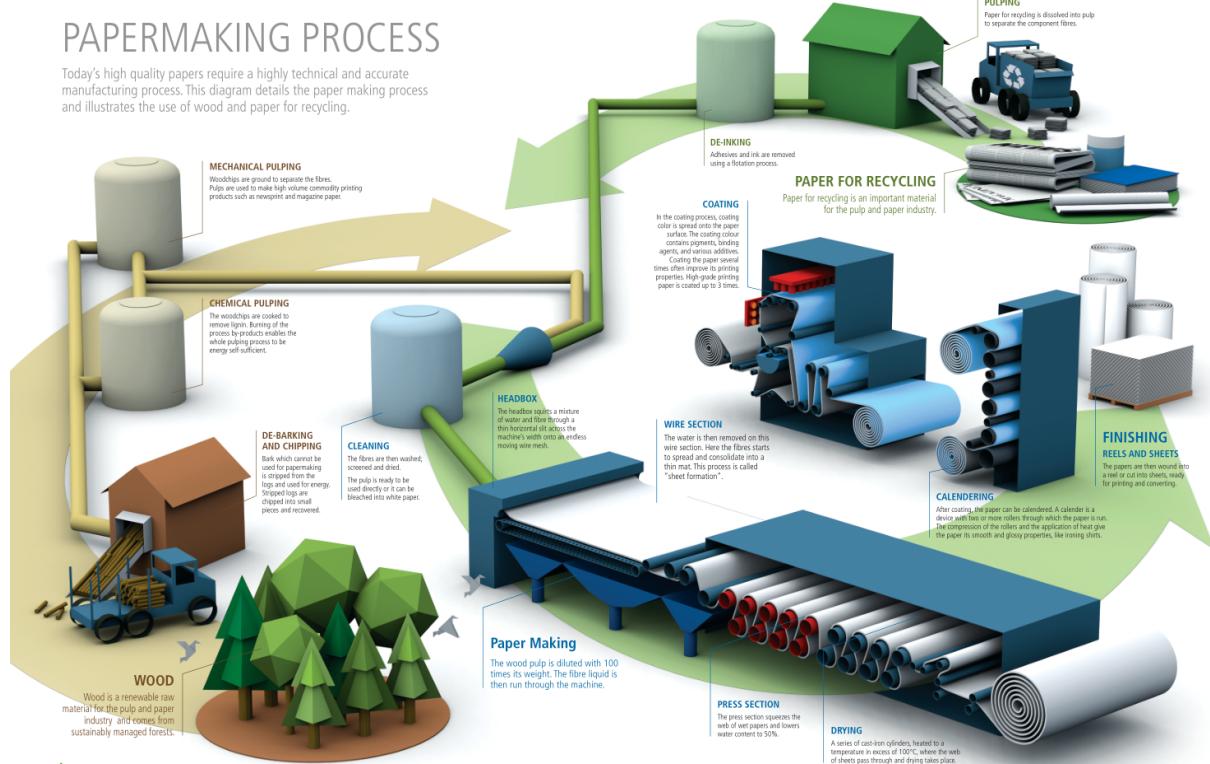
1.5.6 Pomožna sredstva:

- luženje
- belila

1.5.7 Voda

- potrebna pri vezavi vlaken

1.6 Izdelava papirja



Slika 5: Proses izdelovanja papirja.

Največkrat v ločenih obratih potekajo trije ključni procesi pri izdelavi papirja:

1. Izdelovanje papirne kaše
2. Izdelava papirja
3. Končna obdelava papirja

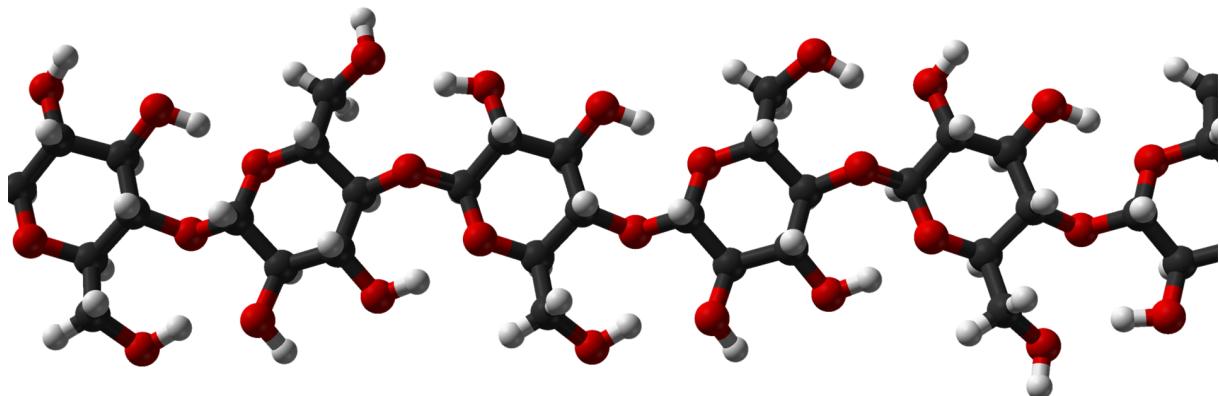
1.6.1 Izdelava papirne kaše

- hlodovino očistijo lubja
- hlodovino predelajo v sekance
 - (odrezki, odpadki pri lesni industriji)
- sekance zmeljejo

- kemijsko s kislinami odstranijo lignin
 - s tem ločijo lesna vlakna - traheide
 - zmes (brez lignina) ni več les -> papirna kaša
- odstranjevanje kisline
 - vlaknena mehka kaša
- z beljenjem odstranimo morda preostali lignin
 - preprečimo porumenjevanje papirja na UV svetlobni
- kašo osušijo in pripravijo polizdelek za nadaljnjo izdelavo papirja
- Oglej si [video](#) proizvodnje.
- Oglej si [animacijo](#) proizvodnje.

1.6.2 Izdelava papirja

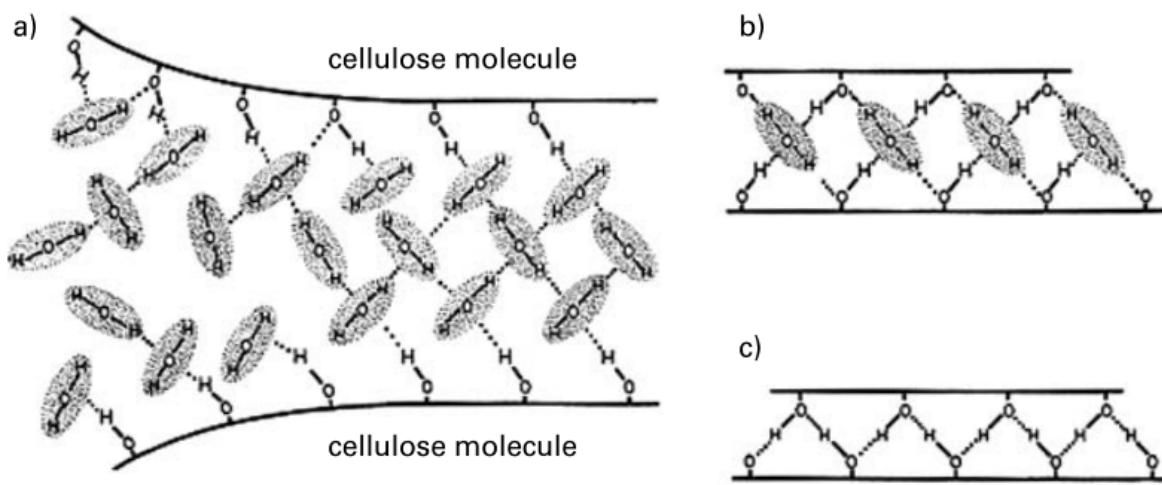
- zmeljejo papirno kašo
- dodajanje kaše iz recikliranega papirja
 - s kemijskim postopkom odstranijo barvila
- **molekule celuloze** je potrebno povezati med seboj. V tej vlogi nastopi polarni značaj etrske vezi $-O-$, ki dobro privlači vodo.



Slika 6: Molekula celuloze¹.

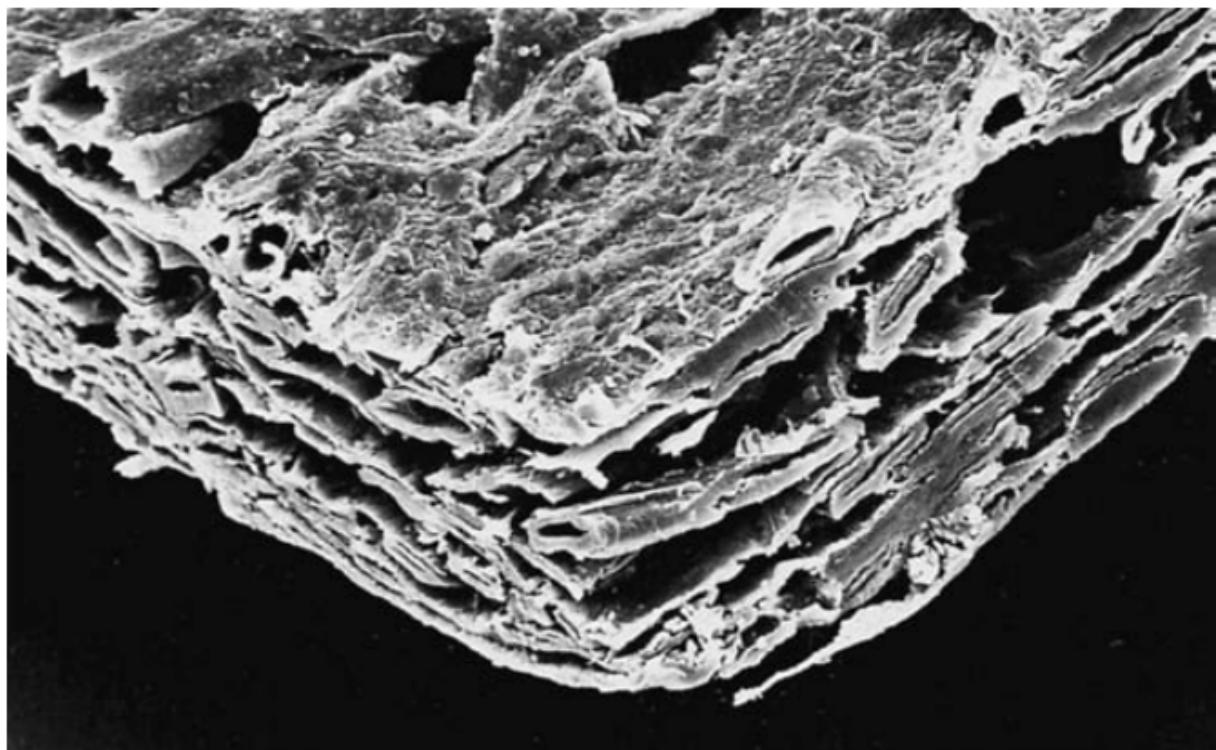
¹Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cellulose>

- kašo razredčijo z vodo -> viskozna zmes celuloze
- z oblikovalnimi česali bolj ali manj uredijo in prepletejo vlakna
 - bolj prepletena vlakna -> bolj trden papir
- dodajo polnila, lepila, barvila in druge dodatke
- ustvarijo redko vodno zmes (voda pomaga molekulam celuloze, da se kemijsko povežejo)
 - cca 100 L vode za 1 kg papirja (nujen zaprt vodni sistem)

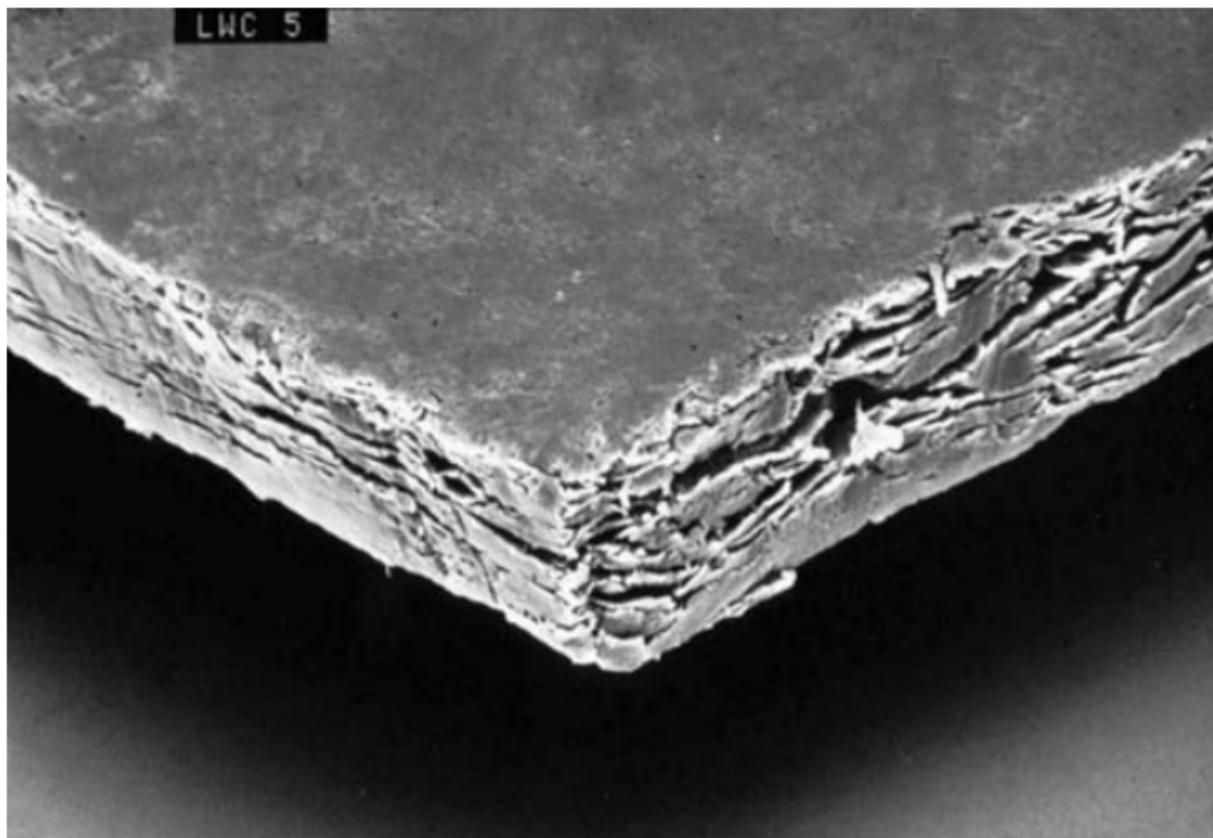


Slika 7: Vodikova vez med dvema molekulama celuloze.

- vstop vodne zmesi v papirni stroj
- odcejevanje vode (head-box)
- iztisni valji
- pivnanje vode z valji in trakovi iz klobučevine
- iztisni valji (kovinski)
 - končna vsebnost vode po tem postopku je še vedno 50%
- sušilni valji (pri 100°C)
- stiskanje papirja na točno debelino
- nanos površinske obloge (z nanosnimi valji)
 - barvila



Slika 8: Pisarniški papir pred nanosom površinske obloge ...



Slika 9: ... in pisarniški papri po nanosu površinske obloge.

- sušenje obloge
- navijanje pairja na končne kolute
 - dimenzije 80km x 8.5m
 - masa 120 T

1.6.3 Končna obdelava papirja

- na papir lahko dodajo še dodate površinske obloge...
- postopki so različni - odvisno od potrebe papirja
- formatni razrez
- transport

1.6.4 Formati in vrste papirnih gradiv

Papir, lepenka in karton predstavljajo tri temeljne kategorije papirnatih gradiv, ki se razlikujejo po sestavi, debelini ter namenih uporabe. Temeljne značilnosti so posledica uporabljenih mehanizmov predelave (celulozna vlakna, dodatne prevleke) in strukture materiala (enoslojni papir proti večlojnim ploščam).

- Papir: papir je tanek, homogen list iz celuloznih vlaken, običajno srednje do nizke trdnosti v primerjavi s kompleksnejšimi kartonskimi gradivi. Uporablja se za pisanje, tiskanje in embalažo lahkih izdelkov; značilnosti vključujejo belino, površinsko obdelavo (neobdelan ali premazan) ter površinsko gostoto, ki se ocenjuje z gramaturo (gsm). Papir je najbolj prilagodljiv glede oblikovanja in možnosti tisk Editors (2024).
- Lepenka: lepenka je običajno papirni izdelek iz več plasti z enako mešanico vlaken, navadno debelejši od kartona. Uporablja se za embalažo, zaščito in trdne površine; značilnosti vključujejo večjo togost, nosilnost in stabilnost v primerjavi z običajnim papirjem.
- Karton (paperboard): je sestavljen papirno gradivo iz različnih kvalitet papirnih gradiv. Namenjeno je izdelavi škatelj, ovojninc in zaščitnih površin ter pogosto vsebuje večjo suho snov v primerjavi s tankim papirjem. Debelina in trdota omogočata oblikovanje bolj kompleksnih površin in trajnejših končnih izdelkov v primerjavi z navadnim papirjem, pri čemer so lastnosti odvisne od sestave vlaken in površinske obdelave Sjöstrom (1993).

Formati:

- A (pisemski papir, tisk, risanje):
 - A0-841x1189
 - A1-594x841
 - A2-420x594
 - A3-297x420
 - A4-210x297
 - A5-148x210
 - A6-105x148
 - ...A8-52x74
- B (tiskarski papir pri knjižnem tisku):
 - B0-1000-1414, B1, B2,...B10
- C (mape, ovojnice):
 - C0-917x1297, C1, C2,...C10

- K karton, lepenka:
 - K7-71x101, K8-81x101
- E (embalažni papir v listih in polah):
 - E0-90x126, E1-63x60

1.6.5 Povezave

- Izdelava papirne kaše in papirja - video 1
- Izdelava popirne kaše in papirja - video 2
- Ročna izdelava papirja - 1
- Ročna izdelava papirja - 2

1.7 Lastnosti in preizkušanje papirnih gradiv

- MD-machine direction (v smeri potovanja sita)
- CD- cross direction (prečno na smer potovanja sita)
- Različne lastnosti:
 - Togost, natezna trdnost, tlačna trdnost (ring crush) večje v MD
 - Žilavost (pregibanje) in odpornost proti trganju boljša prečno na vlakna!
 - Svetlost/opaciteta in koef. trenja/lepenja se spreminja po smeri!
 - Pri sušenju se papir zvije v rolice, kjer je os vzporedna z MD.
 - Poves večji v CD smeri kot pa v MD (večja togost).
 - Natezna trdnost večja v MD, % raztezka večji v CD, papir bolj elastičen v CD.
 - Bolj zanesljivo merjenje sile kot raztezka!

1.7.1 Gramatura

Tabela 1: Razdelitev papirja po gramaturi.

Kategorija papairja	gramatura [g/m ²]
Svileni papir	10 - 40
Pisarniški papir	50 - 200

Kategorija papairja	gramatura [g/m ²]
Karton	150 - 600
Lepenka	225 - 1000

Karton	150 - 600
Lepenka	225 - 1000

1.7.2 Debelina

- ena od bolj pomembnih lastnosti
- pomembno vpliva na **upogibno trdnost**
- pogosto nujna majhna toleranca v tehnoloških procesih (tiskarne)
- pogosto se merijo pole papirja ne le en sam list

1.7.3 Gostota

- Na gostoto vpliva vrsta vlaken in kako so vlakna povezana med seboj.
- Od tega pa je odvisno več ostalih fizikalnih lastnosti:
 - stisljivost papirja (ni želena pri paketih)
 - sušenje in higroskopičnost
 - upogibna trdnost
 - trganje papirja (ločevanje vlaken)

1.7.4 Zračna prepustnost

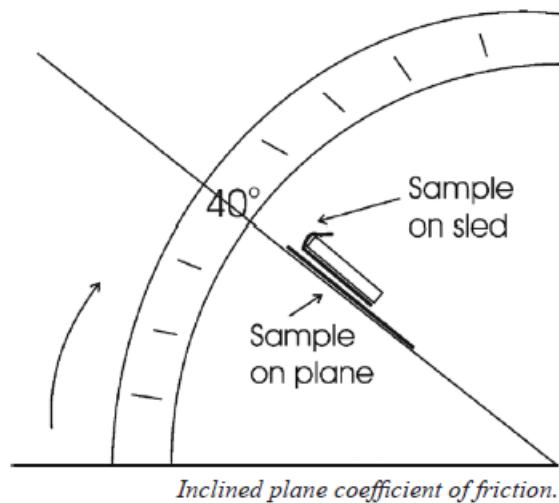
- pomembna pri zračnih filtri (filter za klimo)
- prepustnost tekočine je pomembna pri filtri za kavo

1.7.5 Hrapavost

1.7.5.1 NALOGA: Preskus hrapavosti Določi koeficient lepenja za MD in CD smer pisarniškega papirja

- Večji papir na ravni, ki jo nagibamo
- Z manjšim ovijemo utež
- Dimenzije uteži 90x100 mm, masa 1300g;

- Ravnina počasi dviguje ($1.5^\circ (\pm 0.5^\circ)$)/sekundo
- Statični koeficient trenja (koeficient lepenja);
- Kinetični koeficient trenja: koeficient trenja ob enakomernem premikanju (drsenju) po klancu navzdol!



Slika 10: Preskus hrapavosti.

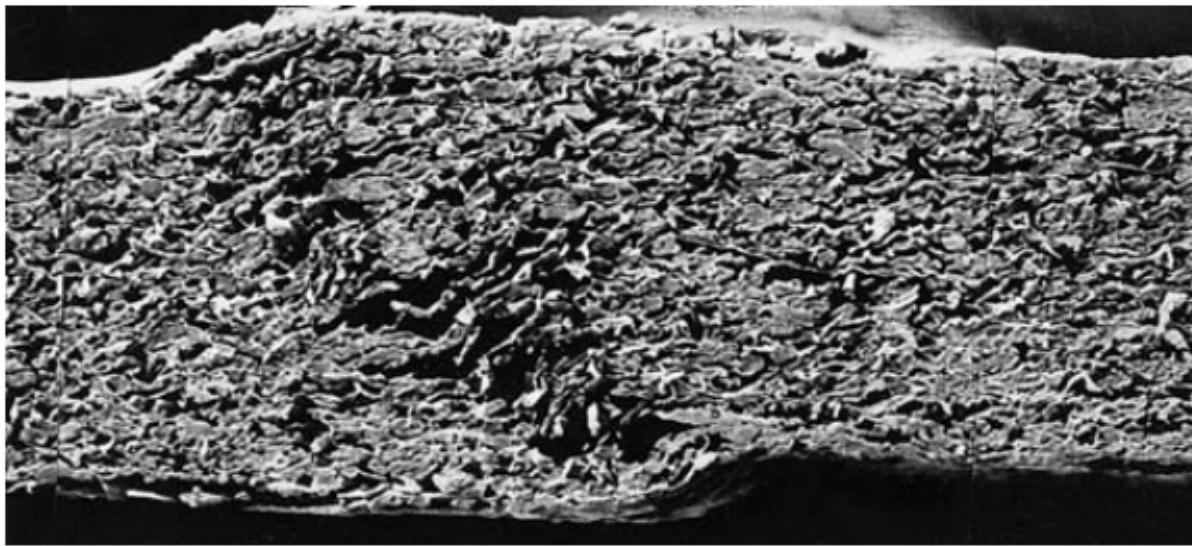
$$k_L = \frac{F_d}{F_x} = \frac{m g \sin(\alpha)}{m g \cos(\alpha)} = \tan(\alpha) \quad (1)$$

1.7.6 Natezna trdnost

- Preskus natezne trdnosti.
- pomembna pri načrtovanju raztržnih linij

1.7.7 Tlačna trdnost

- vzdolž vlaken



Slika 11: Primer razplastitve zaradi plačne obremenitve.

- po debelini (manj pomembno)
- obročni test
- robni test
 - Robni test kartona.
 - Obročni preskus

1.7.8 Odpornost trganja

- zelo pomembna lastnost papirja (zelo dobro definiran preskus)
- **Odpornost trganja.**
- Elmendorf-ov preskus

1.8 Delovni postopki ročne obdelave

- Rezanje:
 - Škarje,
 - Nož za papir, karton, lepenko
 - Sekanje
- Pregibanje:

- Zgibanje papirja, glajenje
 - Žlebni zgib
 - Zarezni zgib (zarežemo na zunanjji strani zgiba za 1/3 debeline)
- Lepljenje:
 - lepila na vodni osnovi (PVA)
 - na osnovi topil:
 - * bencina, acetona (Cinaokol),
 - * naravni kavčuk (Neostik),
 - brez topil (UHU stick)
 - Vezanje v pole
 - nerazstavljivo
 - * lepljenje
 - * žebljanje
 - razstavljivo
 - * šivanje
 - * žičenje
 - * oblikovni spoji (puzzle)

1.9 Profiliranje

Preveri naslednje trditve:

- Z zgibanjem papirja spremenimo odpornost profila
- Z zgibanjem papirja v profile utrdimo papirna vlakna.
- Usmerjenost vlaken v papirju ni odločilna pri obremenitvi profila.
- Papir gramature 280 g/m² je že dovolj trden za enostavne konstrukcije.
- Barva papirja ne vpliva značilno na trdnost, sta pa okrogli in kvadratni profil ustrezno močnejša.
- Oblika profila vpliva na funkcionalnost izdelka in s tem na uporabo.
- Za zaključek papirne vložne mape uporabimo U-profil, medtem ko pri gradnji papirnega mostu je bolj primeren L-profil.
- Z žlebnim zgibom navadno vlakna značilno oslabimo, da naredimo pravilen rob.

Budge, E. A. Wallis. 1901. *The Egyptian Book of the Dead: The Papyrus of Ani*. A. & C. Black. https://ia801601.us.archive.org/0/items/papyrusofanirepr02budg/papyrusofanirepr02budg_bw.pdf.

Editors, Britannica. 2024. *Paper*. Online encyclopedia. <https://www.britannica.com/technology/paper>.

Sjöstrom, Gunnar. 1993. *Pulp and Paper Chemistry and Technology*. 2nd ed. Academic Press.