

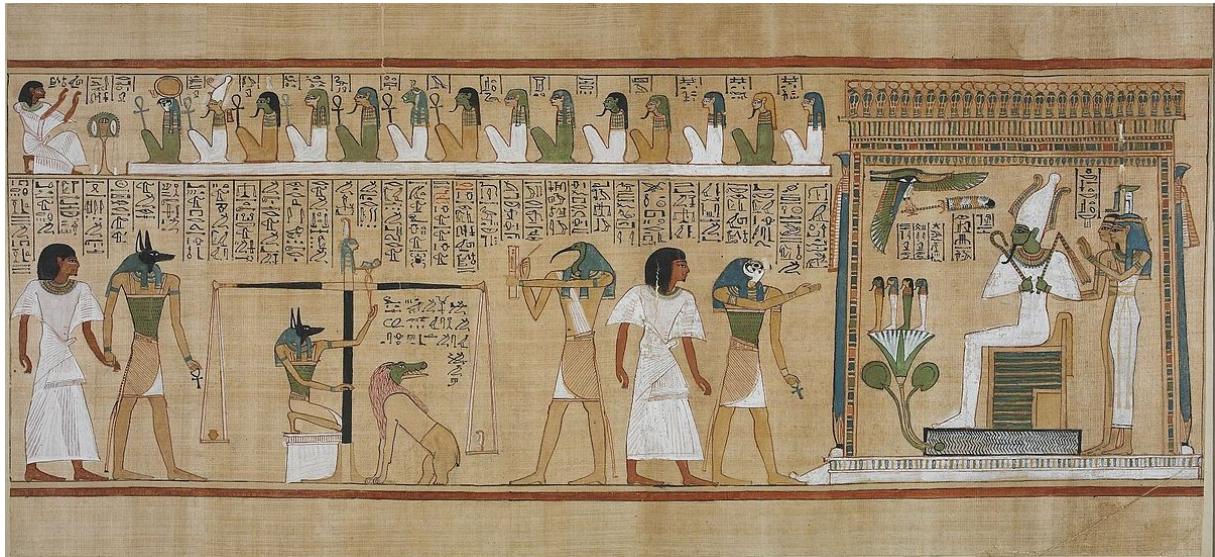
1 Papirna gradiva

1.1 Papirus:

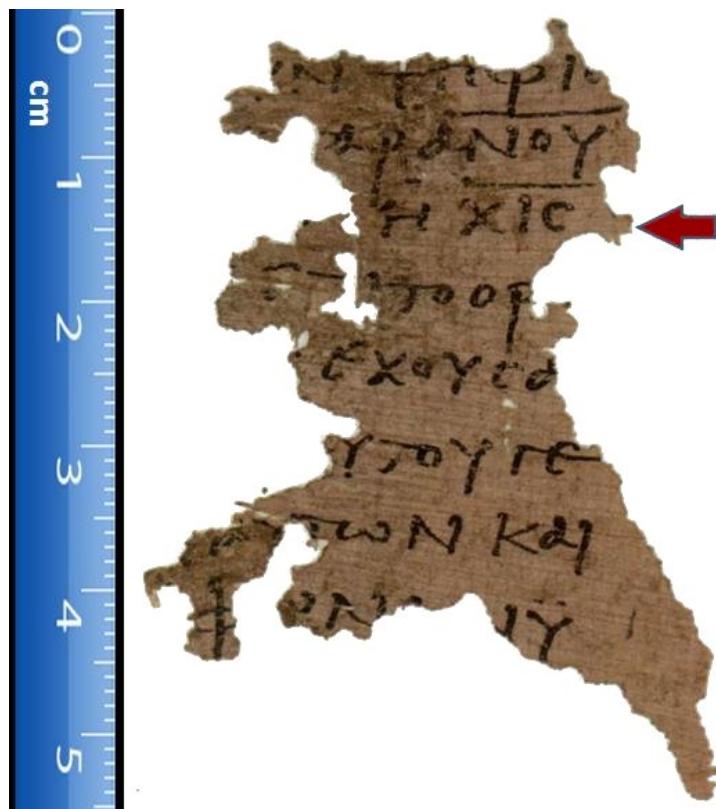
- 3500 p.n.š. - 1000 n.š.
- je vrsta papirju podobnega materiala, narejen iz papirusnega trsa *Cyperus papyrus*, ki se prav tako imenuje papirus.
- Iz stržena trstike so narezali trakove, jih preložili pravokotno, z ozirom na smer rasti vlaken. Preložene plasti so tolkli s tolkači, da so povečali iztok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



Slika 1: Rastlina papirus



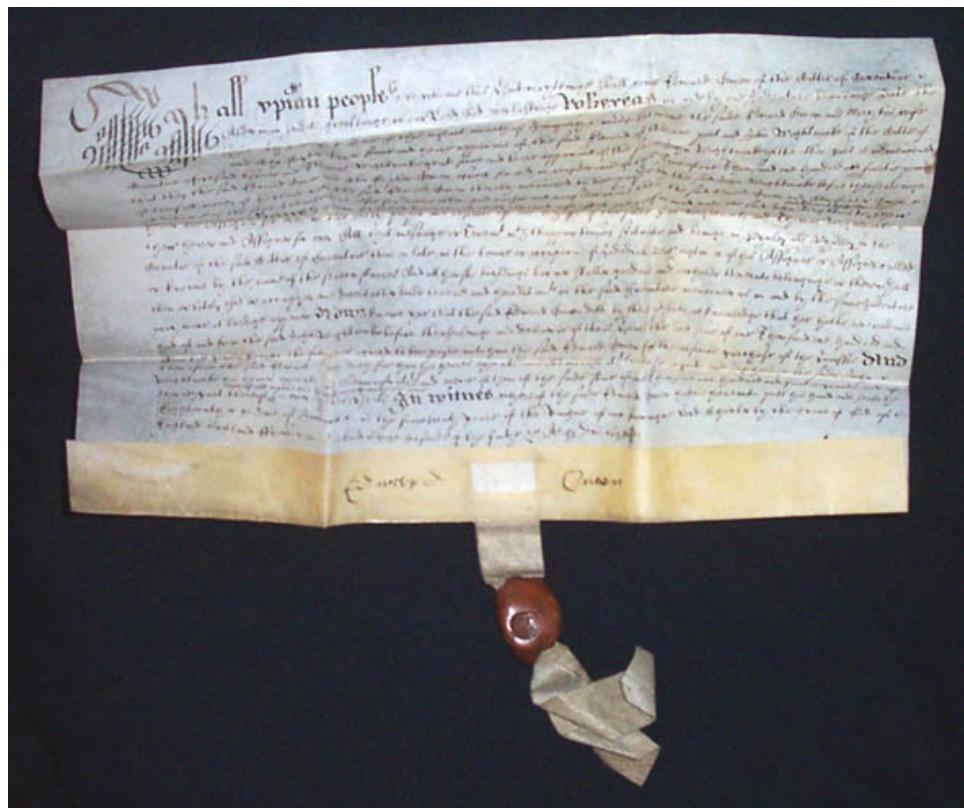
Slika 2: Knjiga mrtvih, napisana na papirus.



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).

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

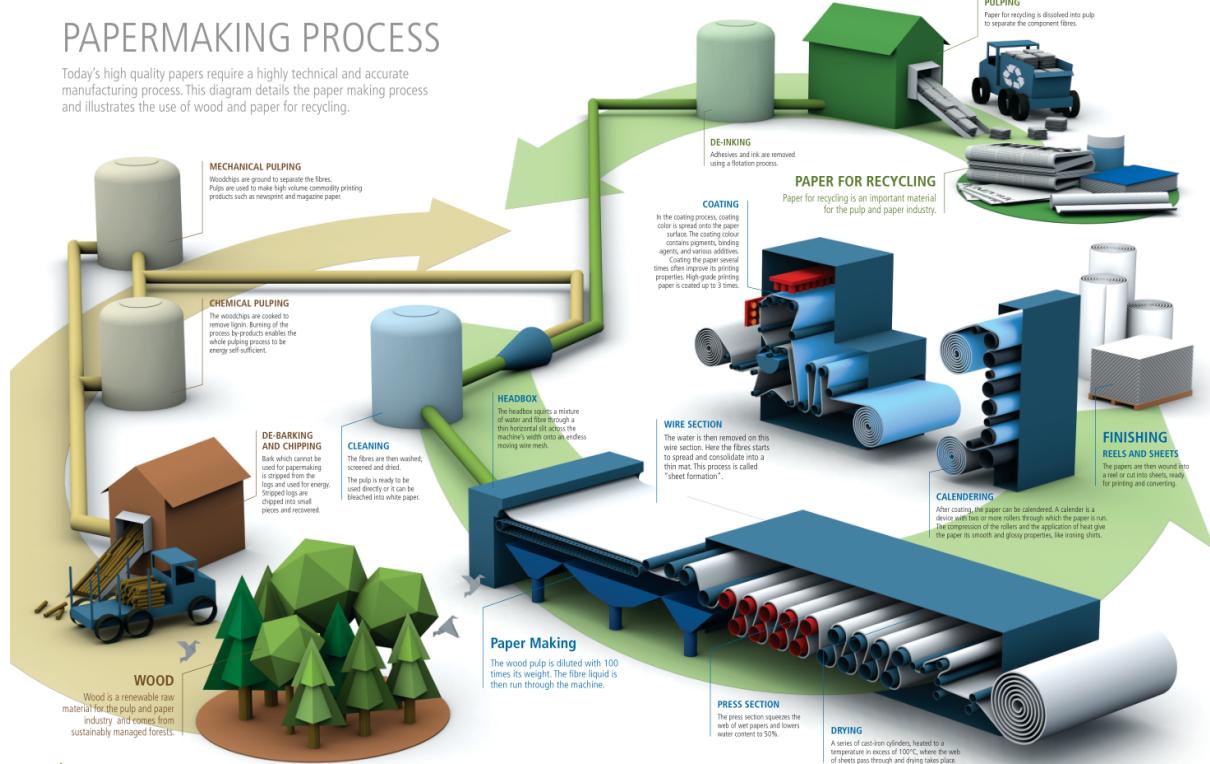
1.5.6 Pomožna sredstva:

- 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

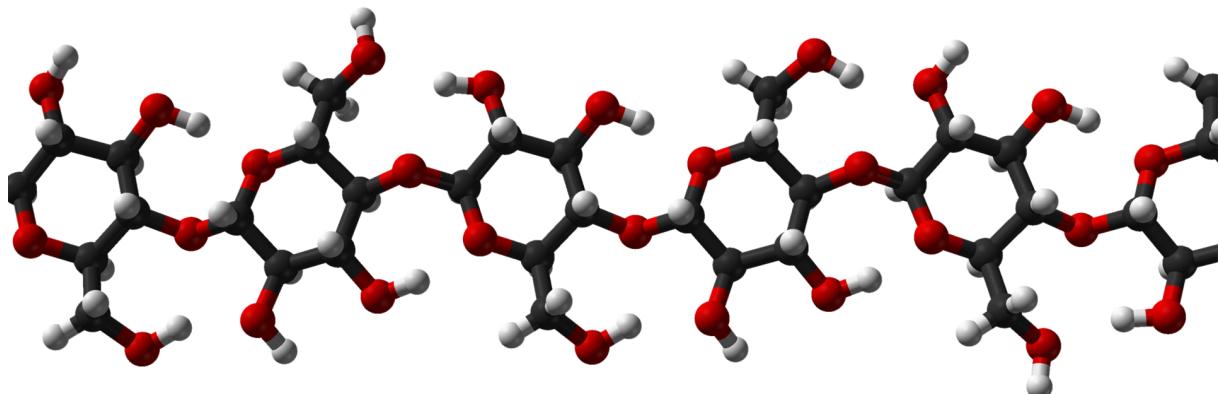
1.6.1 Izdelava papirne kaše

- 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.

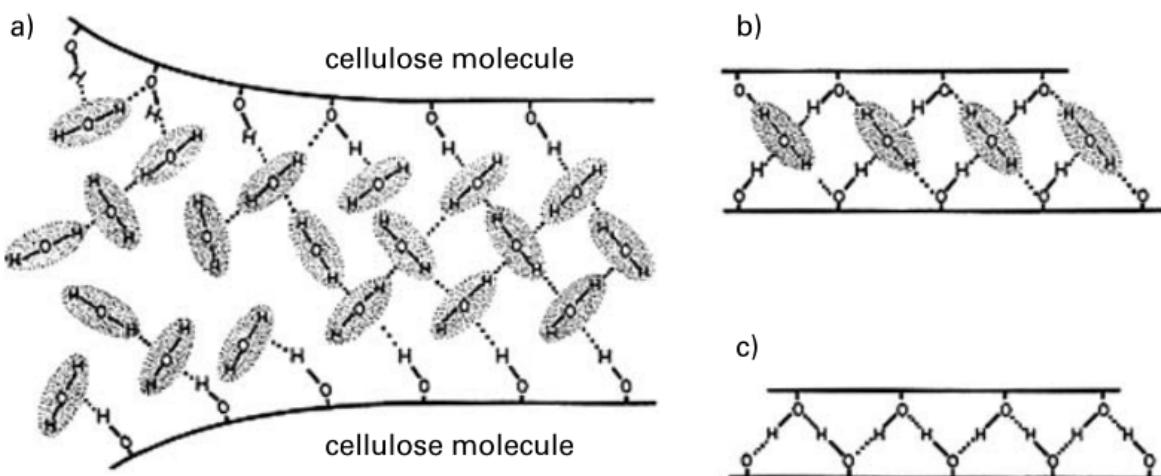


Slika 6: Molekula celuloze¹.

- kašo razredčijo z vodo -> viskozna zmes celuloze

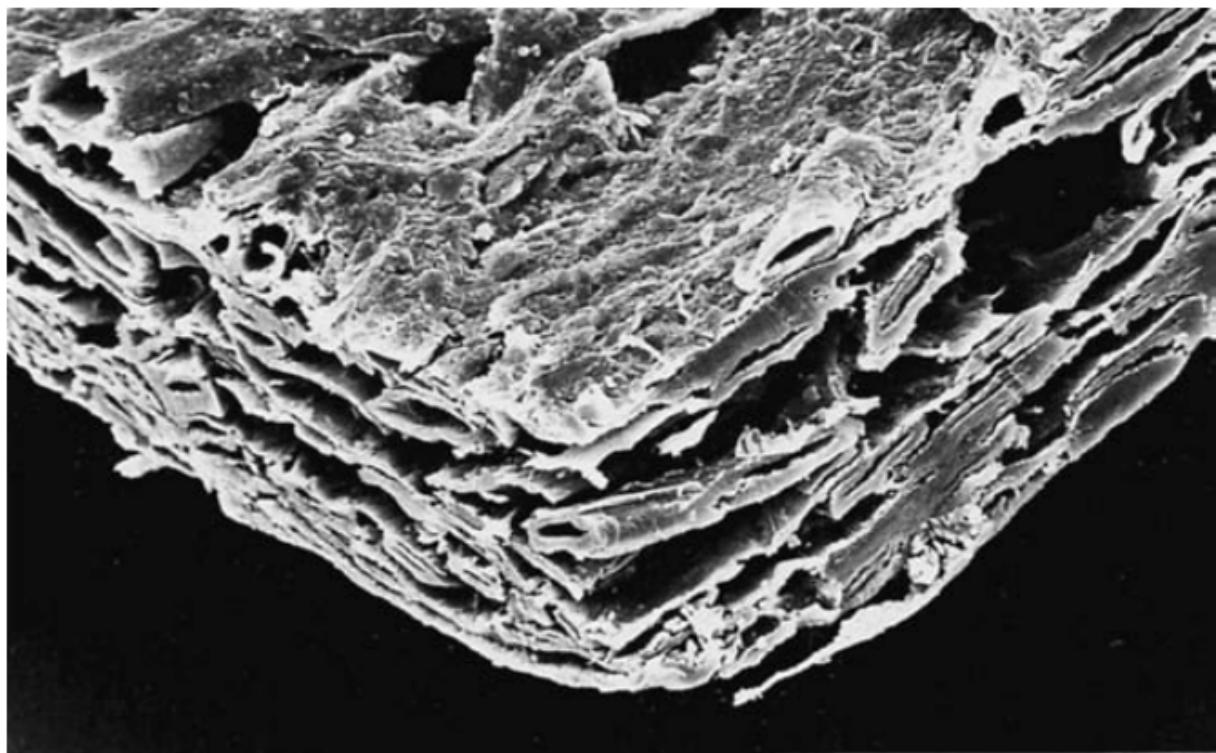
¹Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cellulose>

- 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)

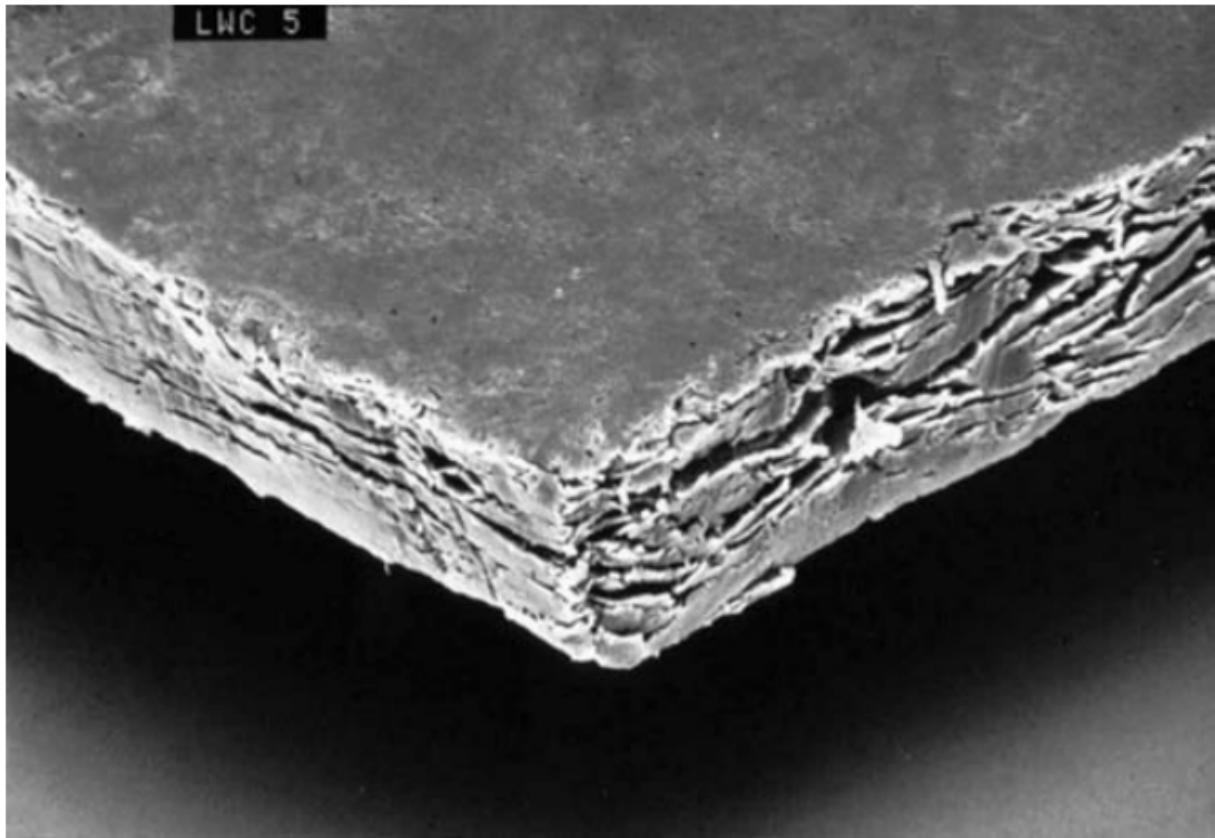


Slika 7: Vodikova vez med dvema molekulama celuloze.

- 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
 - dimenziije 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 papirja

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 papirja	gramatura [g/m ²]
Svileni papir	10 - 40
Pisarniški papir	50 - 200
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)

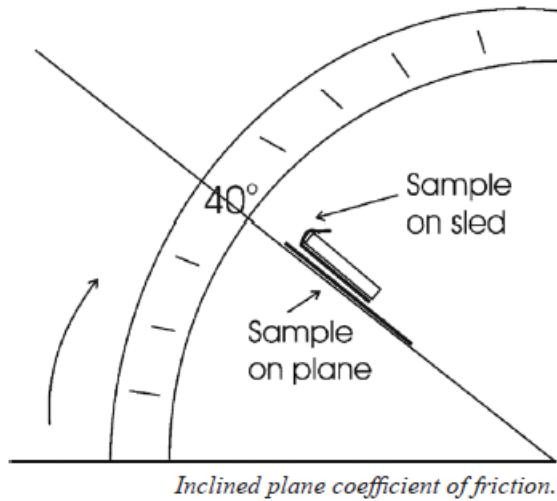
1.7.4 Zračna prepustnost

- pomembna pri zračnih filtrihi (filter za klimo)
- prepustnost tekočine je pomembna pri filtrihi 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
- Dimenzijs uteži 90x100 mm, masa 1300g;
- Ravnino 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.

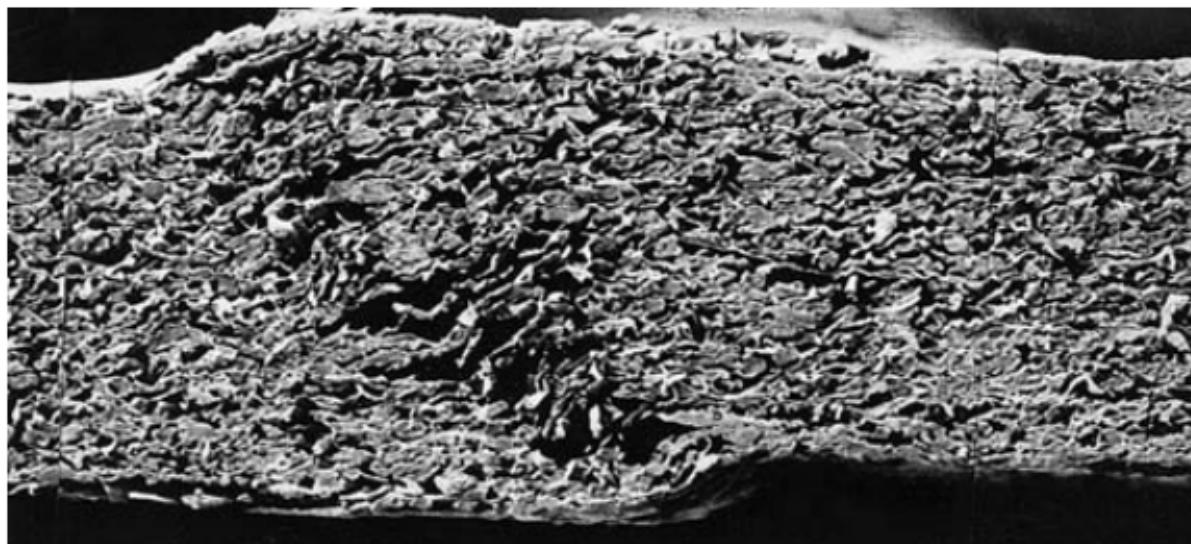
$$k_L = \frac{F_d}{F_x} = \frac{m g \sin(\alpha)}{m g \cos(\alpha)} = \tan(\alpha) \quad (1)$$

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 zunanji 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
 - * žebeljanje
 - 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 ustreznmo 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.