

# CELULOZA I TEHNOLOGIJA PAPIRA

Ljerka Kratofil Krehula  
*krehula@fkit.hr*

# **Vrste papira i kartona**

Vrste papira i kartona ne mogu se strogo podijeliti i svrstati u neke čvrste sustavne redoslijede i vrste.

Papir i karton imaju široku primjenu jer zadovoljavaju kriterije uspješnog pakiranja: štite robu od mehaničkih oštećenja, čuvaju proizvode od propadanja, postoji dobra mogućnost tiska na ovakvim proizvodima (svrha je informiranje potrošača).

Postoje različite vrste **papira, kartona i ljepenke**

Izgled, čvrstoća i ostala svojstva mogu varirati ovisno o vrsti vlakana od kojih su građeni, kako su ta vlakna proizvedena i obrađena te o načinu oblikovanja papirnog ili kartonskog proizvoda.

*Glavna podjela uključuje sljedeće kriterije:*

- osnovna podjela (gramatura papira)
- vrsta sirovine iz koje je papir izrađen
- izgled papira (izgled karakterizira boja i površinske karakteristike: je li površina glatka ili hrapava i ima li visoki sjaj, satenski ili mat završni sloj).
- upotreba papira

Karton je deblji od papira i ima veću gramaturu iako nema strogo definirane podjele između papira i kartona.

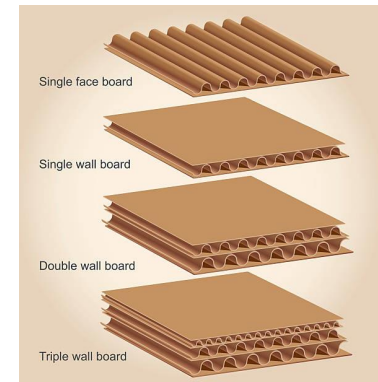
***Prema ISO standardizaciji, papir preko 225 g/m<sup>2</sup> definira se kao karton.***

Međutim, neki su proizvodi poznati kao karton iako se proizvode u nižim gramaturama, npr. mnogi proizvođači i trgovci klasificiraju već i proizvode od 180-190 g/m<sup>2</sup> kao karton jer poboljšanja u proizvodnim procesima znače njihovu malu masu po kvadratnom metru, a imaju sva svojstva kartona (posebno mehanička svojstva) i prikladnost za upotrebu u područjima primjene kartonskih proizvoda kao što imaju stariji tipovi veće gramature („teški” tipovi kartona).

## **Neki tipovi papirnih i kartonskih proizvoda:**

- različite vrećice, omotni papiri i omoti, vrećice za kavu i čaj
- vrećice za šećer i brašno, vrećice za kupovinu
- višeslojne papirnate vrećice
- sklopljivi kartoni, krute kutije
- kutije od valovitog i punog kartona (tranzitne ili otpremne kutije)
- papirnate cijevi, tube i spremnici
- ambalaža za pakiranje tekućine
- naljepnice
- ljepljive papirne trake (za zatvaranje i brtvljenje)
- materijali za amortizaciju
- obloge čepova
- filter-papiri
- membrane
- higijenski papir

# 1. Osnovna podjela



Podjela prema gramaturi: **papir, karton i ljepenka.**

**Papiri** su gramature do  $225 \text{ g/m}^2$  i izrađuju se uglavnom u jednom sloju na dugom situ.

**Kartoni** su gramature od  $225$  do  $500 \text{ g/m}^2$ , a izrađuju se od jednog ili, češće, od više slojeva na dugom situ ili na okruglim sitima (kod kartonskog stroja).

**Ljepenka:** jednoslojni karton gramature iznad  $500 \text{ g/m}^2$ . Ako ima više slojeva, oni se vlažni prešaju i suše najčešće na istom stroju.

## 2. Podjela papira prema vrsti sirovina za proizvodnju

*Sa stajališta vrste sirovina za proizvodnju, **papiri***

se dijele na:

- a) papire od tekstilnih vlakana (krpa), lana, konoplje i pamuka
- b) papire od vlakana visokog prinosa (drvenjače, poluceluloze i sličnih vlakana)
- c) papire od čiste celuloze (primarno proizvedenih vlakana)
- d) papire, kartone i ljepenke proizvedene od otpadnog papira ili starog papira
- e) papire proizvedene od jednogodišnjih biljaka – žitarica, stabljika šećerne trske, bambusovih stabljika, riže i sl.

### 3. Podjela prema načinu upotrebe

**Prema načinu upotrebe**, izvršena je međunarodna klasifikacija papira koja se najčešće primjenjuje. Prema njoj se papir dijeli na **pisaći, tiskarski, toaletni, ambalažni i specijalni**.

#### *Pisaći papiri*

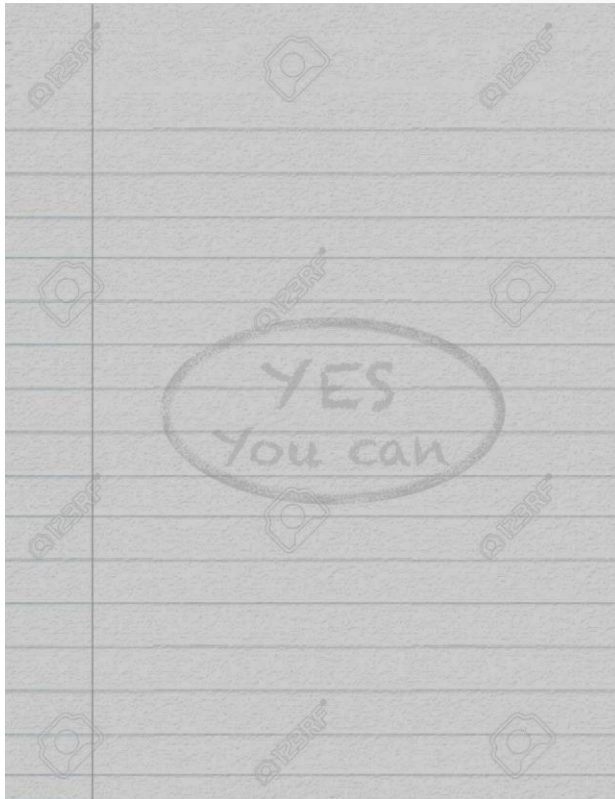
S obzirom na vrstu sirovina i boju, a posebno s obzirom na stupanj dodanih keljiva, sadržaj punila i doradu, puno je vrsta pisaćeg papira. U pisaće papire, ubrajaju se normalni pisaći papir, bankpost, dopisnice, kartoteke i sl.

*Pisaći papir* gramature je od od 60 do 90 g/m<sup>2</sup>. Bijele je boje ili pastelnih boja, neproziran. Kvalitetnije vrste imaju vodeni znak.

*Bankpost* je bijeli ili blago nijansirani pisaći papir dobiven većinom od bijele celuloze četinjača. Ima gramaturu od 60 do 100 g/m<sup>2</sup>. Koristi se za pisanje i za tisak. Proizvodi: listovni papiri, omotnice, memorandumi itd. Neke vrste imaju vodeni znak.



Ovi su papiri izrađeni tako *da se pisanjem po njima tinta ne razlijeva* (bilježnice, tiskanice, koverta i sl.). Izrađuju se uglavnom iz bijeljenih bezdrvnih celuloznih vlakana, a mogu se dodati i reciklirana vlakna.



## *Tiskarski papiri*

Tiskarski papiri (novinski papir (roto papir) i papiri za različite tehnike tiska) mekani su, elastični i prikladni za prihvaćanje boje pri tisku. Proizvode se sukladno vrsti tiskarske forme.

Novinski papiri imaju nižu cijenu, izrađuju su uglavnom od drvenjače.

Novinski papir i papir za tiskanje ilustracija te tiskarski papiri za knjige razlikuju se po načinu nanošenja tiskarske forme (papir za offsetni tisak itd.).



<https://www.youtube.com/watch?v=dEqMu7IVURE>

**Offset** je tisak kod kojeg se boja transferira s offsetne ploče na gumeni plašt, a s njega na arak papira. To je indirektni postupak umnožavanja tiskovne forme.



**Sitotisak** je metoda tiska pomoću sita. To je svila napeta na okvir na kojoj je prethodno snimljen željeni motiv. Povlačenjem boje preko svile, sitni mlazovi boje prolaze na željeni predmet.



**Digitalni tisak** napredna je tiskarska tehnika kojom se informacija (tekst, slika) grafički obrađuje i priprema pomoću računala u digitalnom obliku, a zadani se motiv prenosi na papir.



## *Toaletni ili higijenski papiri*

U toaletne ili higijenske papire, ubrajaju se salвете, toaletni papir, papirnati rupčići i celulozna vata. Izrađuju se od bijeljene celuloze ili od bijeljenih vlakana (dobivenih obradom sječke toplom otopinom kemikalija niske koncentracije) i odabranih vlakana otpadnog papira.

Ne sadrže dodatke ljepila i punila, za razliku od pisaćih i tiskarskih papira. Vrlo su mekani i dobro upijaju vodu.



## *Postupak pripreme toaletnih papira*

*Čišćenje:* celulozu je potrebno oprati i izbijeliti dok se ne ukloni sva boja. Lignin se mora ukloniti da papir ne bi požutio.

*Prešanje prije proizvodnje:* celuloza se miješa s velikom količinom vode kako bi se proizveo papir (99,5 % vode i 0,5 % vlakana). Papir se raspršuje na mrežice koje odvođe vodu. Papir se zatim preša i suši do konačne vlažnosti od oko 5 %.

*Proizvodnja i valjanje:* papir se struže metalnim oštricama i namotava na velike kolute. Zatim se premješta u strojeve koji ga režu na dugačke trake i perforiraju se razmaci među kvadratićima pa se nastali papir namotava u dugačke role (kao trupci).

*Rezanje:* „Trupci” toaletnog papira zatim se režu u role duž proizvodne linije, dok se neispravne role odvođe u drobilicu za recikliranje. Proizvedene role zamotaju se u pakete i zatim otpremaju.

## *Ambalažni papiri*

Ambalažni papiri su: šrenc, fluting, kraft papir, natronski papir, pergament, krep papir i sl.

„Šrenc” papir (jednostavni papir za zamatanje) izrađen je od recikliranih vlakana starog papira. Najslabijih je mehaničkih svojstava. Upotrebljava se za izradu konzumnih vrećica, a najviše za ravni sloj u valovitom kartonu te za različita pakiranja robe.

**Kraft** papir izrađen je od tzv. dugovlaknaste kraft celuloze. Ima najbolja mehanička svojstva u odnosu na druge vrste papira. Zbog njih kraft papir služi za izradu papirnih vreća za pakiranje različitih proizvoda (cementa, brašna, šećera, vapna i sl.). Upotrebljava se i kao ravni vanjski sloj za proizvodnju najkvalitetnije ambalaže od valovitog kartona.

**Natron** papir (omotni papir) služi za izradu kvalitetnijih konzumnih vrećica te ljepljivih papirnih vrpca. Od kraft papira razlikuje se uglavnom po manjoj gramaturi (50–90 g/m<sup>2</sup>).

**Papir za valovitu ljepenku (fluting papir)** upotrebljava se za izradu valovitog sloja u proizvodnji valovite ljepenke. Izrađuje se od poluceluloze, kemijske drvenjače, starog papira, drvne celuloze, slame i njihovih mješavina u gramaturi od 112 do 150 g/m<sup>2</sup>. Njegova se kvaliteta ocjenjuje otpornošću valovitog sloja prema tlačenju.



**šrenc**



**kraft**



**natron**



**fluting**

## *Specijalni papiri*

U specijalne papire ubrajaju se crtaći, mehanografski, fotografski, indigo papir, upijajući papir, cigaretni papir itd.

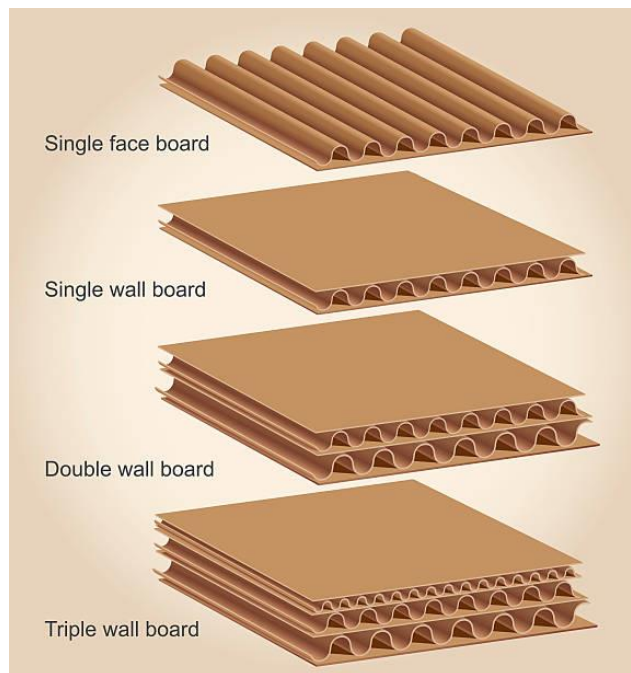
**Crtaći** su papiri bezdrvni, bijeljeni, dobro keljeni, glatki, visoka opaciteta (slabe prozirnosti), otporni su na brisanje, *nemaju visoku glatkoću*. Crtaći papir i karton izrađeni su od drvne celuloze i otpadnog tekstilnog materijala. Samo školski crtaći papiri imaju primjese drvenjače. Papiri za umjetničke slike mogu imati vrlo zrnatu površinu. Razlikuju se papiri za crtanje ugljenom, kredom, akvarelom, temperom i uljem, crtaći papir za školsku upotrebu i za crtanje perom. U tehničke svrhe, upotrebljava se crtaći papir za nacрте, prozirni ili transparentni crtaći papir, paus papir, uljni paus papir i paus platno.

**Cigaretni** papir nekad se izrađivao od lanenih i pamučnih krpa, a danas se uglavnom izrađuje od vlakana lana i konoplje, koja se nakon kuhanja bijele. Taj je papir vrlo tanak (gramature 8–20 g/m<sup>2</sup>), ali je čvrst i elastičan.



**Kartoni** se dijele na:

- a) valovite kartone
- b) višeslojne pune kartone
- c) sive kartone



**Višeslojni kartoni** izrađuju se na karton-stroju koji ima nekoliko dugih sita ili ponekad okrugla sita.



**dvoslojni valoviti karton**



**troslojni valoviti karton u**



**peteroslojni valoviti karton**

***Karton za kutije*** (eng. *boxboard*) vrsta kartona presvučena papirom, dobrih pregibnih svojstava, od njega se izrađuju ukrasne kutije i kvalitetna ambalaža.



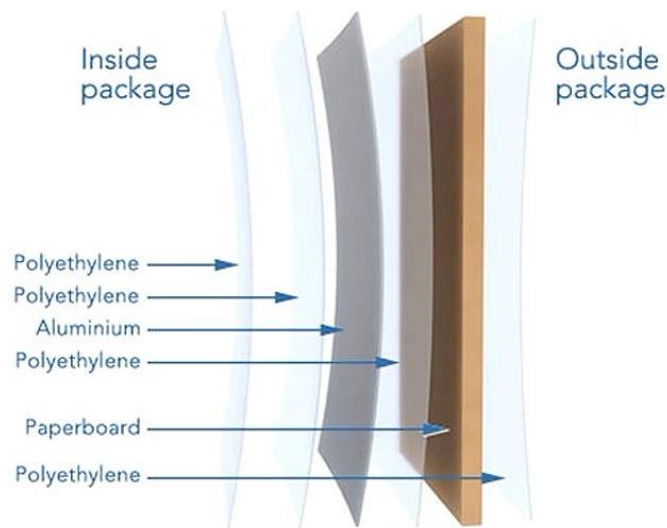
***Prešani karton*** (eng. *pressboard, pressing board*) upotrebljava se za izradu omota za bilježnice, fascikle itd., a nekada i kao materijal za izolaciju.



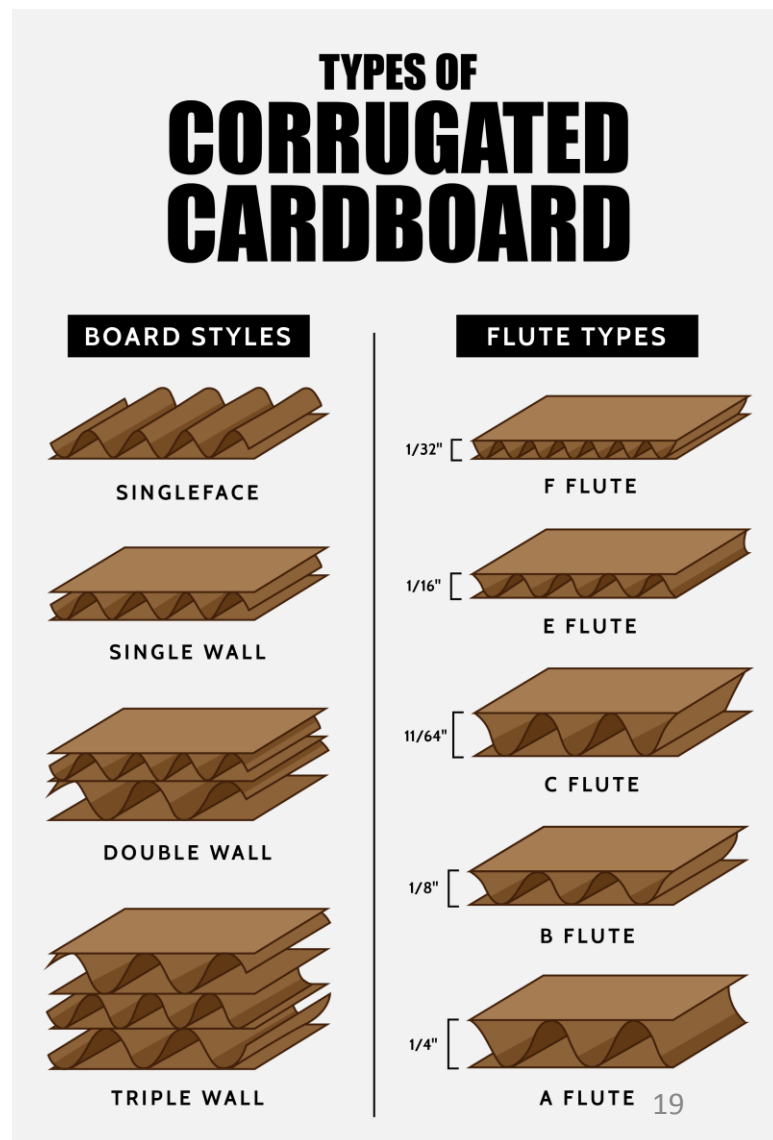
***Puni karton*** (eng. *full cardboard*) karton sastavljen isključivo od ravnih slojeva papira, ovi su kartoni kruti, višeslojni, gipki i mehanički izdržljivi, mogu imati različite primjene (ovisno o tome od kojih su vlakana izrađeni i kako su površinski obrađeni).



**Karton za tekućine** (eng. *liquid paper board*) vrsta kartona za izradu ambalaže za tekućine, ima više slojeva: papirni, metalni, plastični.



**Valoviti karton** (eng. *corrugated board*) višeslojni karton, sastoji se od dva do sedam ravnih i valovitih slojeva.



***Višeslojni karton*** (eng. *multi-layer cardboard*) sastavljen je od više ravnih ili valovitih slojeva izrađenih na stroju za karton.

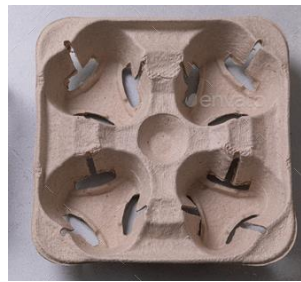


***Bristolski karton*** (eng. *Bristol board*) troslojni karton koji ima kvalitetni vanjski sloj. Koristi se često za izradu razglednica i pozivnica.



**Ljepenke** se dijele na:

- a) sive, bijele i smeđe ljepenke
- b) prešane i obučarske ljepenke
- c) ljepenke za kovčege.



**Ljepenka** (eng. *pasteboard*) je proizvod veće gramature od kartona i deblji od njega, dobiva se iz miješanog otpadnog papira i sastavljen je od jednoga sloja ili više slojeva, upotrebljava se u kartonažnoj industriji i knjigovežnicama. Izrađuje se u formatima, a ne u rolama. Postoji *siva ljepenka* (najčešće upotrebljavana i izrađena od otpadnog miješanog papira, ljepenka izrađena od miješanoga papirnatog otpada s dodatkom ili bez drvenjače) te *bijela i smeđa ljepenka* koje se izrađuju od bijele i smeđe drvenjače.

Ljepenke se upotrebljavaju za povezivanje knjiga, za brtvila u industriji, šablone u tekstilnoj industriji, u obučarstvu i u mnoge druge svrhe (krovna ljepenka, dugmad, podloge za čaše, lovački meci i sl.). Specijalnim se ljepenkama dodaju potrebni dodaci ovisno o njihovoj namjeni.

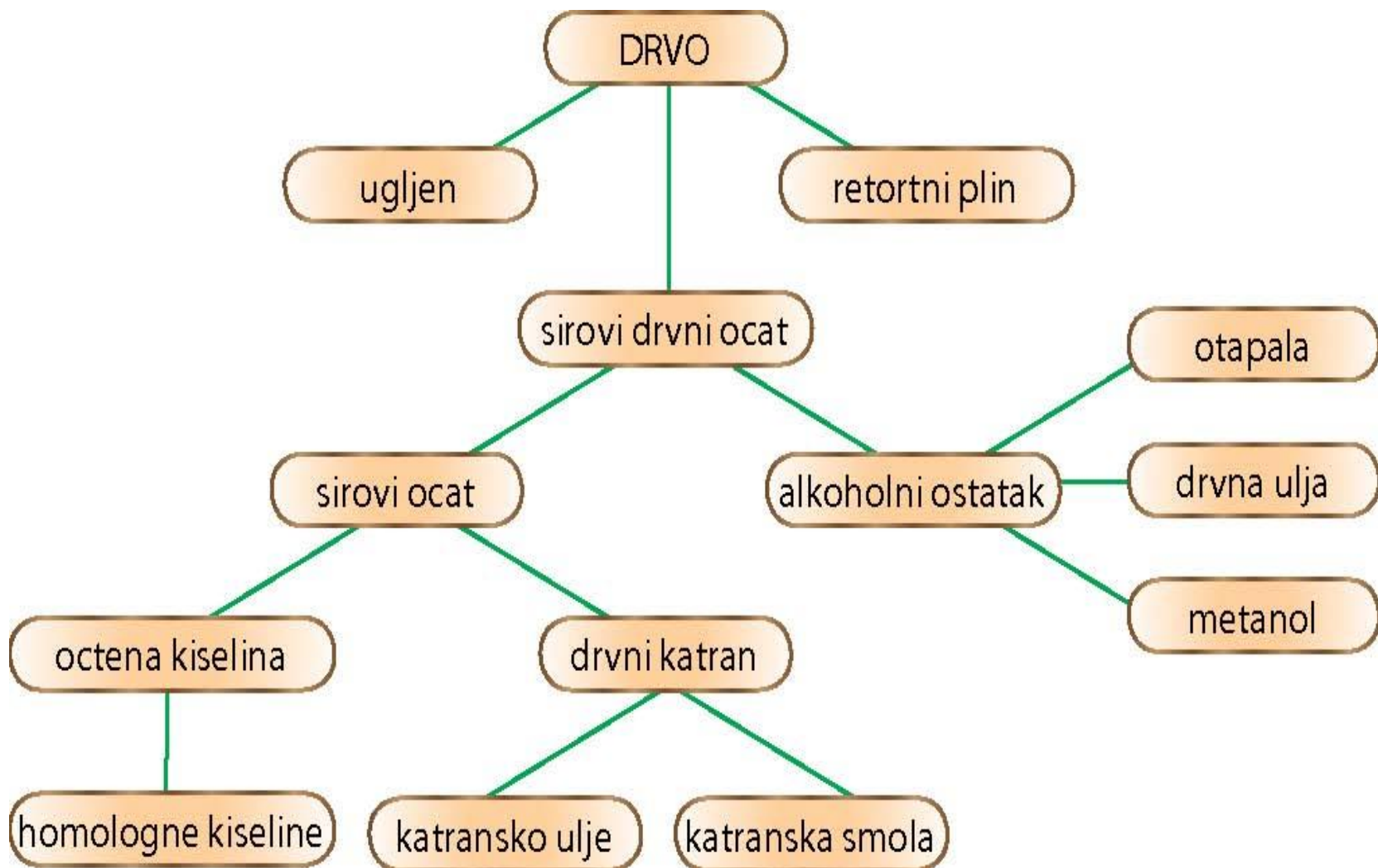
# Toplinska razgradnja drva

Toplinska razgradnja drva (suha destilacija) proces je razgradnje drvene mase zagrijavanjem bez pristupa zraka na 450-480 °C (piroliza).

Preteča suvremenog tehnološkog procesa toplinske razgradnje drva jest pougljenjivanje kojim se dobiva drvni ugljen, a u nekim slučajevima i drvni katran.

Toplinskom razgradnjom drvene mase nastaju ovi kemijski proizvodi:

1. retortni plin (ili pećni plin)
2. octena kiselina, mravlja kiselina
3. metanol, acetaldehid i aldehidna ulja
4. katran i katranska ulja
5. drvni ugljen



Toplinskom razgradnjom nastaju tri osnovna proizvoda u tri agregatna stanja:

1. plinovita faza – retortni plin
2. tekuća faza – sirovi drveni ocat i katran
3. kruta faza – drveni ugljen

Ovisno o temperaturi izgaranja, nastaju različite količine ovih proizvoda. Drvni ugljen već je gotov proizvod koji ima primjenu u kemijskoj industriji dok se druge dvije faze dalje prerađuju.



## Retortni plin

Retortni plin dio je destilata (koji nastaje toplinskom razgradnjom) koji se ne može kondenzirati. Služi za zagrijavanje retorti pri procesu toplinske razgradnje. Za iste svrhe dodaju se i drvni otpaci te druge vrste plinova (npr. generatorski plin).

## Sirovi ocat

Sirovi drvni ocat kondenzirani je dio plinovite faze toplinske razgradnje drva. Oštrog je mirisa i tamne boje. Njegovim taloženjem dobiva se drvni katran. Sirovi se ocat sastoji od mnogo kemijskih spojeva, ali su za industriju najvažniji octena kiselina, metanol, katran i lako hlapljiva organska otapala.

Iz sirovog drvnog octa dobije se (računato na zračno suho drvo) oko 1,5 do 3 % derivata metanola, 3,5–9 % octene kiseline i 7–10 % katrana.

Sastav retornog plina

Sastojak	Približni postotak
CO <sub>2</sub>	55 %
CO	33 %
CH <sub>4</sub>	8 %
H <sub>2</sub>	2 %
ugljikovodici	2 %

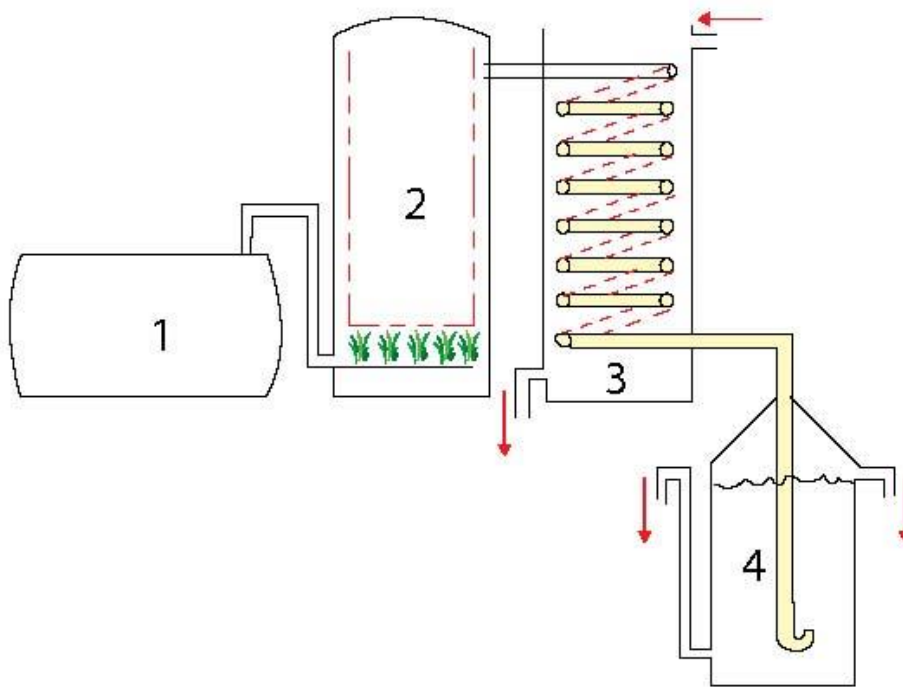
Ostali proizvodi kemijske razgradnje jesu:

1. proizvodi hidrolize drva
2. štavila
3. furfural
4. terpentini i kolofoni
5. eterična ulja

**Štavila (tanin)** su proizvodi koji služe za konzerviranje životinjske kože u svrhu dobivanja korisnih proizvoda (odjeća i obuća). Osim za štavljenje kože, tanin služi i kao močilo u tekstilnoj industriji i sredstvo za pročišćavanje vina i izradu tinte.

**Terpentin i kolofonij** organski su spojevi koji se proizvode ekstrakcijom i destilacijom četinjača ili njihovih smola koje se dobiju smolarenjem. Oba spoja upotrebljavaju se u papirnoj industriji, u proizvodnji boja i lakova te kao plastifikatori.

**Eterična ulja** lakohlapljive su mirisne tekućine, a po kemijskom su sastavu smjese ugljikovodika. Pri djelovanju svjetlosti iz zraka, eterična su ulja podložna kemijskim promjenama pa se zato čuvaju u zatvorenim tamnim bocama na hladnome. Upotrebljavaju se kao mirisi u proizvodnji parfema, mirisa i sapuna te u medicini i prehrambenoj industriji.



Uređaj za proizvodnju eteričnih ulja:

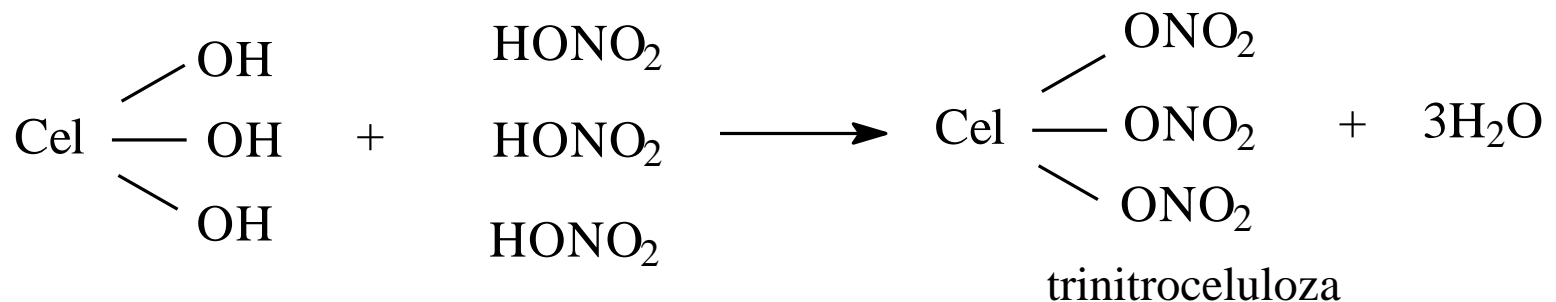
1. parni kotao,
2. kotao za destilaciju vodenom parom,
3. hladnjak,
4. florentinska boca (separacija uljne i vodene faze)

# Celulozni derivati

## Celulozni nitrat

Esteri celuloze s dušičnom kiselinom zauzimaju prvo mjesto među celuloznim esterima. To je tzv. nitroceluloza, koja se primjenjuje za izradu eksploziva, plastičnih masa tipa celuloid te za nitrolakove.

Reakcija esterifikacije može se prikazati formulom:



Sastav i svojstva nitroceluloze ovise o uvjetima dobivanja tj. ovise o sastavu smjese za nitriranje, vremenu nitriranja, temperaturi te o samoj sirovini, tj. o vrsti celuloze.

Plastificirana nitroceluloza bila je prva sintetska plastična masa, a proizvodi se i prerađuje već oko sto godina. Za njenu proizvodnju uzima se vrlo čista nitroceluloza. Celuloid ima dobra svojstva: žilavost, čvrstoću na lom, te otpornost prema djelovanju vode, ali je zapaljiv.

## *Celulozni acetat*

To je zapravo celulozni triacetat koji se koristi kao acetatno vlakno, za filmove i lakove.

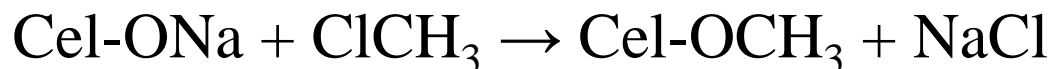
## *Celulozni eteri*

Može ih se podijeliti u vodotopljive i netopljive u vodi.

U prvu se skupinu ubrajaju metilceluloza,, karboksimetilceluloza i karboksietilceluloza.

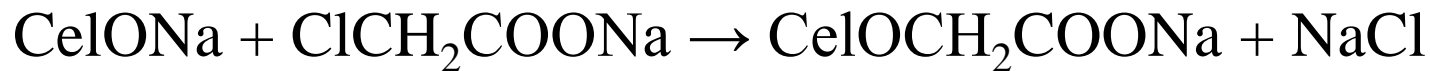
U vodi netopljive su etilceluloza i cijanoetilceluloza.

## *Primjer*



U vodi topljivi celulozni eteri upotrebljavaju se kao ljepila te kao pomoćna sredstva u tekstilnoj industriji.

Karboksimetilceluloza proizvodi se iz alkoholne celuloze i kloroctene kiseline odnosno njene Na-soli:

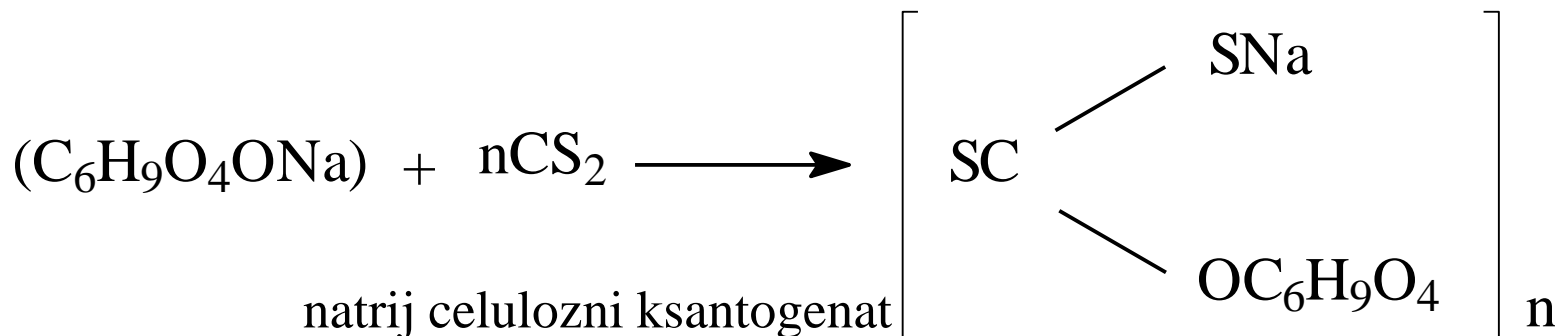
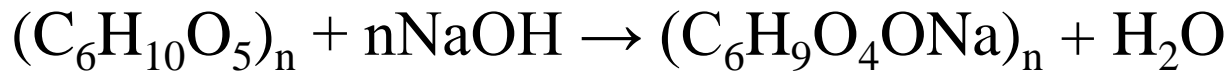


Dolazi pod nazivom CMC i upotrebljava se sama ili u smjesi s kukuruznim škrobom kao dodatak papirnoj masi kojoj poboljšava čvrstoću.

## Viskoza, regenerirana celuloza

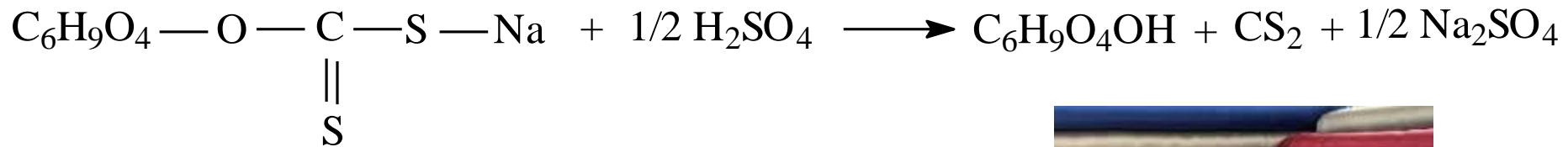
Viskoza je polusintetičko tekstilno vlakno (zamjena za svilu, puno je niže cijene). Komercijalna imena, tj. tipovi: *Rayon*, *Modal*, *Lyocell*. Prozračan je materijal dobrog sjaja, ugodan za nošenje i vlakna su dobrih mehaničkih svojstava, ali je podložan gužvanju i skupljanju, osjetljiv je na sušenje na izravnoj Sunčevoj svjetlosti.

Celuloza se obrađuje 17,5 %-tnom otopinom NaOH i dobije se alkalna (natron) celuloza



Otopina ksantogenata u lužini: masa stajanjem u kotlovima postaje manje viskozna i onda ide na kemijsko ispredanje. Viskoza se pomoću zupčastih pumpi potiskuje kroz fine otvore u kiselu kupku pa dolazi do gotovo momentalne regeneracije celuloze u obliku dugačkih niti (viskozni „rajon”). Dobivene se niti peru, suše i sijeku.

Dakle, u kiseloj se kupki ksantogenat razlaže uz regeneraciju celuloze:





# Hvala na pažnji



**alepski bor** (*Pinus halepensis*)

„Kamen Brela”

Brela, snimljeno 2019.