

Gorenje lesa



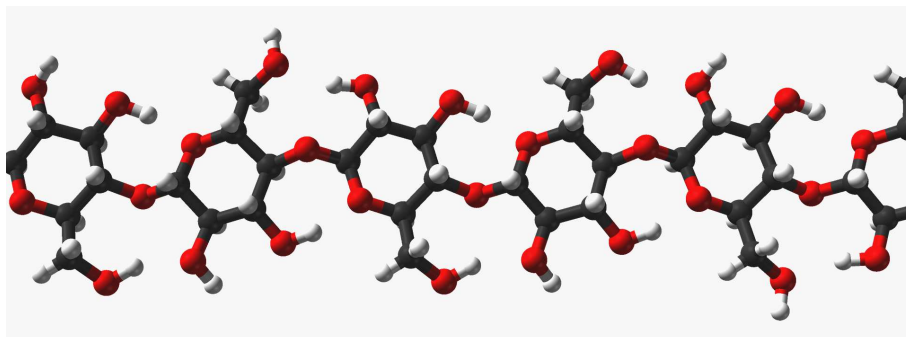
JOŽE RAKOVEC

→ Les večinoma gori z rumenim plamenom in z njim pogosto v pečeh dosežemo do 600 °C; če pa je plamen zgolj oranžen, pa okrog 400 °C, (startworkingnow.com/how-hot-does-wood-burn/).

Les se vžge pri 230 °C, dobro začne goreti pri 260 °C, pri temperaturi nad 400 °C pa gorijo predvsem plini, ki izhajajo iz razgretega lesa. Seveda je vse to odvisno tudi od vrste drv: breza npr. gori pri nižji temperaturi, bukev pa pri višji, suh les gori bolje, vlažen les slabše. Bolj je plamen svetel, višja je temperatura in manj saj ter dima nastaja – za slednje je potrebno, da je na razpolago dovolj zraka. Kadar v peči zares dobro gori, recimo, s svetlo rumenim plamenom pri 600 °C, sploh ne vidimo, da bi se iz dimnika kadilo, ker »vse zgori« v nevidne pline. Tako je treba kuriti, brez dima in saj, saj tak način najmanj onesnažuje zrak – nič sivega dima, nič saj, pa še izkoristek je višji.

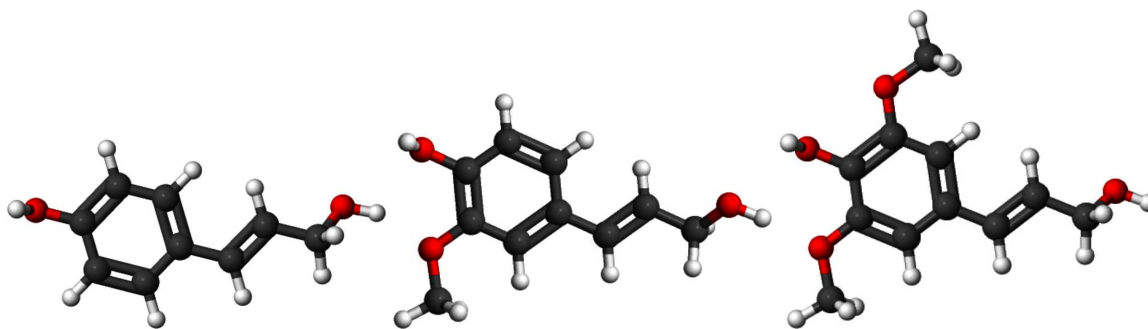
Če les močno segrejemo, začnejo iz njega izhajati plini. Lesni plini so bili med prvimi, ki so jih uporabljali za svečavo in za ogrevanje. Iz www.energetika-lj.si/o-druzbi/zgodovina-2 izvemo, da se je v življenju ljubljanskih meščanov plin prvič pojavil 19. novembra 1861 v obliki prižganih cestnih svetilk, ki so razsvetlile mračne ulice. Najprej so »mestni plin« pridobivali s suho destilacijo lesa, po letu 1903 iz premoga, po letu 1961 iz naftnega plina, leta 1979 pa Ljubljana prvič dobi zemeljski plin. Pridobivanju plina iz trdnih snovi pri visoki temperaturi in pri omejeni količini zraka, kjer torej plini ne zgorijo, ampak se jih lahko shrani in uporabi kasneje, rečemo piroliza (npr. Preskar 2016, dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=5706). To je fizikalni in kemijski proces, pri katerem se dolge in v polimere povezane molekule razcepljajo v krajše in na koncu v molekule posameznih plinov. Pri kurjenju lesa pa seveda plini sproti gorijo in s tem sproti zagotavljajo dovolj visoko temperaturo za uplinjanje.

V lesu so glavne sestavine celuloza (40 do 50 %), hemiceluloza (20 do 50 %) in lignin (15 do 35 %), pa še škrob, eterična olja, smole ... cpi.si/wp-content/uploads/2020/08/3-LES_ZGRADBA.pdf.



SLIKA 1.

Shema verige celuloze, pri kateri so prostorske razporeditve atomov prikazane s krogličnim modelom: ogljike predstavljajo črne kroglice, kisike rdeče in vodike manjše, svetlosive kroglice. Prirejeno po Ben Mills iz commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6611880, brez omejitev.



SLIKA 2.

Trije alkoholi, glavni gradniki lignina. Na prvi sliki je p-kumaril, na drugi koniferil in na tretji sliki sinapil. Črne kroglice predstavljajo atome ogljika, rdeče atome kisika in svetlosive atome vodika. Obroči so aromatski, par ogljikovih atomov v stranski verigi (na slikah desno) je povezan z dvojno vezjo (dve palčki). Slika so prirejene po Yikrazul iz en.wikipedia.org/wiki/Paracoumaryl_alcohol#/media/File:P-Coumaryl_alcohol.svg, po Jynto iz commons.wikimedia.org/wiki/File:Coniferyl_alcohol_3D_ball.png, avtor je Jynto, in po DFlyerz iz commons.wikimedia.org/wiki/File:Sinapyl_alcohol-3D-balls.png.

Celulozo ($C_5H_{10}O_5$)_n gradijo molekule glukoze, povezane preko kisikovih atomov. Molekulo glukoze predstavlja šestčlenski obroč iz petih ogljikovih in enega kisikovega atoma. Na ta obroč sta vezani hidroksilni skupini (-OH) in hidroksimetilna skupina (-CH₂OH). Glukoza se uvršča med sladkorje oziroma ogljikove hidrate. Dodatno sosednje molekule glukoze v polimerni verigi povezujejo še vodikove vezi. V verigi je lahko povezanih zelo veliko števil molekul glukoze: *n* je pri bombažu 13 tisoč (zelo dolga vlakna, odlična za niti, tkanine in pletenine), pri lanu tri tisoč, pri drevju pa le od 300 do 1700. V hemicelulozi so verige krajše, od 50 do 3000 obročev, ki pa so stransko nekaj bolj razvejene, manj podolgovate kot v celulozi. V njih so poleg glukoze še drugi sladkorji, npr. galaktoza, manoza.

V ligninu pa osnovni gradniki niso sladkorji, ampak aromatski alkoholi p-kumaril, koniferil in sinapil. Njihove zgradbe so prikazane na sliki 2. Vsi trije so pri običajni temperaturi v trdnem agregatnem stanju. Aromatski alkoholi so v ligninu povezani preko vezi C-C ali C-O-C. Ker so v ligninu deleži aromatskih alkoholov različni, pa tudi povezave so dokaj zapletene, si kemijsko sestavo lignina lahko predstavljamo kot nekakšno mešanico raznih povezav. Če vas zanima, kako izgleda lignin, pobrskajte po spletu, npr. na sl.wikipedia.org/wiki/Lignin! Če pobrskate še naprej, pa ne boste našli samo ene, ampak mnogo različnih struktur lignina.

Da iz lesa izhajajo molekule plinov, se morajo po-

rušiti povezave med osnovnimi gradniki, sladkorji ali alkoholi, nato pa še vezi znotraj teh gradnikov. To se zgodi ob dodajanju energije ob dovolj visoki temperaturi.

Pri pirolizi (brez kisika) iz lesa nastaja oglje, nekaj tekočih produktov, od plinov pa »sintetični« plin, v katerem je največ CO, nekateri plinasti ogljikovodiki C_xH_y in še nekaj H₂. Nastaja tudi do konca oksidirani CO₂ pa še kaj (glej npr. www.sciencedirect.com/topics/engineering/wood-pyrolysis in dk.um.si/Iskanje.php?type=napredno&lang=slv&stl0=Avtor&niz0=Maja+Preskar). Pri gorenju v peči, kjer z zrakom dovajamo tudi kisik, pa gorljivi plini sproti gorijo v vodno paro H₂O in ogljikov dioksid CO₂.

Bolj porozne vrste lesa gorijo hitro in dajejo nižje temperature (razne vrste borov le krog 350 °C), bolj goste pa višje (macesen nekaj nad 800 °C, hrast 900 °C). Večina ljudi pri nas, prisega na bukova drva (do 950 °C). Vse to seveda pri optimalnem gorenju (glej npr. startwoodworkingnow.com/how-hot-does-wood-burn/). To se lepo vidi tudi po barvi plamenov: svetlo rumeni plameni so najbolj vroči, oranžni pa manj vroči. Kar nekaj podatkov o barvi plamena in temperaturi je na sl.wikipedia.org/wiki/Ogenj.

Kaj so torej plameni? To so žareči plini, ki se sproščajo iz drv, gorijo nad poleni in zaradi visoke temperature žarijo, svetijo. Svetijo zato, ker oddajajo sevanje, elektromagnetno valovanje. Od dodane energije,

