

Avtorica: Irena Porekar Kacafura

Vsebina

1. Uvod
2. Splošni del
3. Anatomska zgradba lesa
4. Kemična zgradba lesa
5. Tehnološke lastnosti lesa
6. Napake lesa
7. Lesni škodljivci
8. Opis, lastnosti in uporaba lesa pomembnejših drevesnih vrst
10. Tehnologija predelave in obdelave lesa
11. Zaključek
12. Literatura

1. Uvod

Človek skozi zgodovino uporablja in obdeluje les. Lesnata rastlina je enkratna pojavna oblika drevesne konstitucije, ki je in bo navdih za mnoga izražanja človekovega udejstvovanja. Človek svoje znanje in izkušnje o obdelavi lesa prenaša iz roda v rod in ga vedno dopolnjuje. Da lahko preučujemo in razumemo vse lastnosti lesa, moramo poznati njegovo rast, razvoj, zgradbo, kemične in fizikalne lastnosti, spremembe zaradi zunanjih vplivov, sušenje, skratka njegovo anatomijo in tehnologijo predelave.

2. Splošni del

Z biološkega vidika je gozd združba različnih drevesnih in drugih rastlinskih ter živalskih vrst, ki naseljujejo določen življenjski prostor (biotop) in med katerimi je dinamično biološko ravnovesje. Seveda lahko gozd definiramo tudi z drugačnega vidika: zgodovinskega, gospodarskega, estetskega itd. Sodi med najrazvitejše kopenske ekosisteme.

Gozdovi (**slika 1**) se obnavljajo naravno in umetno. Poznamo čiste gozdove (v 90 % je zastopana ena sama drevesna vrsta), mešane gozdove (zastopane različne drevesne vrste), enodobne (v njih rastejo drevesa približno enake starosti) in prebiralne gozdove

(drevesa različnih starosti, višin in debelin).



Slika 1: Gozd

Drevo

Spada med fanerofite, med katerimi so drevesa in grmi, ki imajo popke vsaj 1 m od tal. Drevo je olesenela trajnica, ki se od grma loči po poudarjenem vrhu (akrotoniji). Drevesa delimo na iglavce, listavce, listopadne in zimzelene vrste, hitro in počasi rastoče, domače in tuje vrste itd. Za vsa drevesa je značilno, da imajo nadzemni (deblo, krošnjo) in podzemni del (korenine).

Korenine imajo fiziološko (črpanje vode in v njej raztopljenih rudninskih snovi) in mehansko nalogo (zasidranje drevesa v zemlji). Pri lesnatih rastlinah se po kalitvi najprej razvije glavna ali srčna korenina. Iz nje izraščajo stranske, ki se delijo na koreninice, na katerih so koreninski lasi, pogosto pa tudi hife simbiotskih gliv. Pri nekaterih drevesnih vrstah se glavna korenina stalno razvija in doseže globino več kot 2 m (črni in

rdeči bor, macesen itd.) ali pa po nekaj desetletjih preneha rasti in se naprej razvijajo močne stranske korenine (dob, graden, domači kostanj itd.). V obeh primerih nastane *globok* koreninski sistem. V drugih primerih (smreka, trepetlika, veliki jesen, črna jelša itd.) glavna korenina kmalu preneha rasti in naprej se razvijajo precej plitko potekajoče stranske korenine, iz njih pa navzdol približno 0,3 do 0,5 m globoko sekundarne korenine s koreninicami – *plitek* koreninski sistem.

Lahko se razvije koreninski sistem z več enakovrednimi koreninami, ki v globini 0,5 do 0,6 m razvijejo gostejši ali redkejši pletež koreninic (bukev, javor, lipa, breza, gaber itd.) – *srednje globok* koreninski sistem.

Koreninski sistem je lahko *kombiniran*, npr. pri robiniji, ki ima 1,5 m globoko srčno korenino, poleg te pa še dolge površinsko razrasle stranske korenine. Mnoge vrste (bor, bukev, duglazija itd.) imajo koreninski sistem *prilagodljivo* skeletnosti in globini tal. Iz plitko potekajočih korenin nekaterih vrst lahko poženejo poganjki, ki omogočajo vegetativno razmnoževanje (robinija, trepetlika, poljski brest, včasih tudi smreka).

Deblo je olesenelo steblo. Njegova osnovna funkcija je, da nosi liste in cvetove, da prevaja vodo in anorganske snovi iz korenin v liste ter pri fotosintezi nastale organske snovi iz listov v druge rastlinske organe. Ločimo drevesne vrste, kjer je deblo izrazito od tal do vrha (tudi v krošnji), za katere je značilna *monopodialna rast* (stranski poganjki so podrejeni glavnemu - monopodij) in je najizrazitejša pri iglavcih (smreka, jelka), ter drevesne vrste, kjer se drevo razraste iz več zaporednih stranskih poganjkov in nima enotnega glavnega poganjka, kar imenujemo *simpodialna razrast*. Za izkoriščanje v tehnične namene

so najprimernejša debela dreves, ki rastejo v strnjem gozdu, saj imajo praviloma največjo višino, majhno krošnjo in dolgo deblo, za katero pravimo, da je polnolesno. Drevesa, ki rastejo na odprtem, imajo malo lesno deblo, kar pomeni krošnjo do tal in izrazito konično deblo.

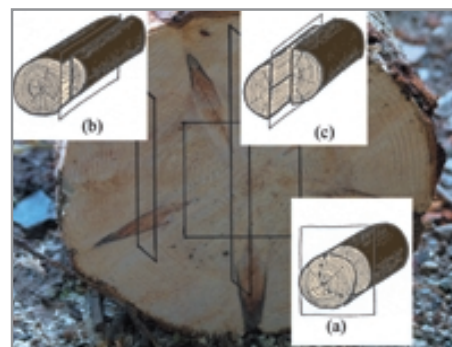
Krošnja prehranjuje drevo in skrbi za razmnoževanje (tvorba semen). Sestavljajo jo veje, vejice, popki in listi, ki so njen bistveni del (fotosintezna in transpiracijska površina), od asimilacijske površine listov pa je v znatni meri odvisen vsakoletni prirastek lesa. Oblika krošnje je značilna za posamezne drevesne vrste in je odvisna od rastišnih razmer, dedne zasnove in socialnega položaja drevesa. Krošnja je lahko stožčasta, jajčasta, valjasta, okroglasta, kopasta (dežnikasta) ali nepravilna, kadar ji ne moremo pripisati ene od prejšnjih oblik.

Med glavne drevesne dele spada še **skorja**. K njej prištevamo vsa tkiva zunaj kambija ter ločimo živi notranji del (ličje) in mrtvi zunanji del (lubje). Lubje varuje notranje dele drevesa pred škodljivimi vplivi žive in nežive narave. Debelina skorje je odvisna od drevesne vrste, starosti in dela drevesa. Značilnosti skorje, po katerih lahko prepoznamo drevesno vrsto, so njena barva, debelina, trdota in oblika površine.

3. Anatomska zgradba lesa

Zaradi značilne rasti v višino in debelino ima les zelo pestro zgradbo, ki jo običajno opazujemo na treh osnovnih prerezih (**slika 2**):

- prečnem prerezu (les prerežemo prečno na vzdolžno os),
- tangencialnem prerezu (les prerežemo vzdolžno, vendar ne po sredini),
- radialnem prerezu (les prerežemo vzdolžno v smeri premera).



Slika 2: Osnovni prerezi lesa: (a) prečni, (b) tangencialni, (c) radialni

Makroskopska zgradba lesa

Rast v višino imenujemo **primarna rast**, rast v debelino pa **sekundarna rast**. Za zelene rastline je značilna le primarna rast, pri lesnatih rastlinah pa se po končani primarni rasti začne še sekundarna. Za proizvodnjo lesa je pomembna predvsem slednja rast. Sekundarno zgradbo lahko predstavimo na prečnem prerezu debela, kjer je v sredini lesni valj, ki ga obdaja sloj kambijskih celic (**skica 1**). Na zunanji strani kambija tvorijo tkiva **skorjo** (ličje in lubje).

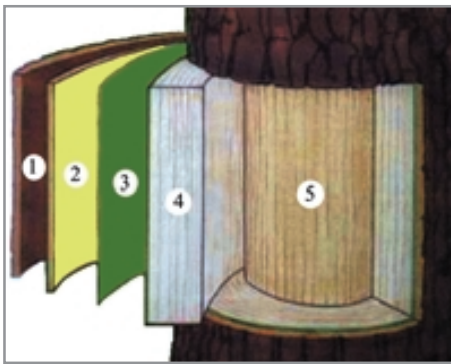
Les (sekundarni ksilem) je glavno mehansko in za vodo prevodno tkivo debel in korenin, za katerega so značilni trahealni elementi. Nastaja v lesnih ali lesnatih rastlinah ali grmih. Vodo in v njej raztopljene rudninske snovi prevaja iz korenin v liste, akumulira in skladišči rezervno hrano ter predstavlja oporni del drevesa. Večina celic v lesu je mrtvih z izjemo parenhimskih celic v beljavi. Prevajanje vode in mehansko funkcijo tako opravljajo mrtve celice, prevajanje in skladiščenje hrane pa žive celice.

Kambij je tvorno tkivo, saj z delitvijo kambijskih celic nastajajo nove celice lesa (navznoter) in ličja (navzven). Te celice se nenehno delijo, zato drevo ves življenjski cikel prirašča v debelino. V naših podnebnih razmerah poteka delitev kambija od pomladi do jeseni (doba vegetacije), od intenzivnosti delitve

pa je odvisen tudi vsakoletni prirastek lesa. Kambij najdemo tik pod skorjo po vsej dolžini debla, vej in korenin. Strogo gledano je kambij sestavljen iz ene plasti celic, ki jih imenujemo začetne – inicialke, ker pa je kambijeve inicialke v praksi težko ločiti od novonastalih celic, imenujemo celoten pas kambijevih inicialk in novih celic tudi kambijeva cona.

Ličje (sekundarni floem) je živi del skorje. Njegova naloga je predvsem prevajanje in akumuliranje organskih snovi (produkti fotosinteze).

Črto, ki loči kasni, gostejši les (les z



Skica 1: Zgradba debla: 1) lubje, 2) ličje, 3) kambij, 4) beljava, 5) jedrovina

ozkimi lumni in debelimi stenami), s katerim se je rast drevesa zaključila v enem letu, in rani, redkejši les (les z razmeroma širokimi celičnimi lumni in tankimi stenami), s katerim se je rast nadaljevala spomladi, imenujemo **letnica**. Med dvema letnicama je polje ranega in kasnega lesa, imenujemo ga **branika**. Enoletni prirastek lesa, ki je nastal v eni vegetacijski dobi, je torej branika (viden v prečnem ali radialnem prerezu). Ne glede na širino branike na splošno velja, da je pri iglavcih širina kasnega lesa bolj ali manj stalna (v ozki braniki je delež kasnega lesa velik, v široki majhen). Kadar so torej branike ozke, je les iglavcev bolj trden (to na splošno velja za npr. smreko, jelko, bor in macesen). V splošnem velja, da je pri venčasto poroznih listavcih (glejte spodnji odstavek) širina ranega lesa bolj ali manj stalna (v ozki

braniki je delež ranega lesa velik, v široki pa majhen). Tako bi lahko rekli, da ima žilav les (npr. jesen in robinija) in tudi hrast boljše mehanske lastnosti, kadar so branike široke. Pri difuzno poroznih listavcih podobne zveze ni mogoče dokazati.

Na prečnem prerezu debla pri dnu drevesa lahko s štetjem branik, od centralnega stržena navzven, ugotovimo dejansko starost drevesa (če prištejemo še 3-4 leta, ki so bila potrebna za rast do višine panja). S pregledom širin, oblik in barv branik lahko sklepamo o dogodkih, ki so vplivali na rast drevesa. Posebno poudarjene branike imata macesen in hrast. Tropske vrste lesa nimajo značilnih enoletnih prirastnih plasti – branik; pri njih variira kambijeva aktivnost v odvisnosti od sušnih in deževnih dob. Na preučevanju branik temelji znanstvena disciplina **dendrokronologija**. Najpogosteje vključuje merjenje širin branik, z namenom datiranja in razlage preteklih dogajanj.

Na prečnem prerezu nekaterih listavcev (npr. hrast, jesen, brest) lahko s prostim očesom vidimo drobne luknjice – **pore**, ki so nanizane ob letnici v obliki venca. Les z dobro vidnimi porami na začetku ranega lesa imenujemo **venčasto porozni les**. Prečni prerez nekaterih listavcev zmernega pasu (npr. bukev, gaber, lipa) je zelo enakomeren – enovit z vidnimi letnicami. Pore v tem lesu so približno enako velike in v braniki enakomerno razporejene, ponavadi pa niso vidne s prostim očesom. To je **difuzno ali raztreseno porozni les**.

V ranem lesu nekaterih listavcev (npr. češnja, oreh) so pore večje ali pa so številnejše kot v kasnem lesu. Tak les imenujemo **polvenčasto porozen**.

Ojedritev

Na zunanji strani debla ali veje, tik pod skorjo, leži **beljava** (skica 1). Poleg oporne ima tudi prevajalno in

skladiščno funkcijo. Prevajalno funkcijo (prevajanje vode z anorganskimi snovmi od korenin do krošnje) pri iglavcih opravljajo traheide, pri listavcih pa traheje. Beljava je fiziološko aktiven del lesa z živimi parenhimijskimi celicami, za katere so značilne zidakaste ali izodiametrične celice s tankimi stenami. V njih poteka presnova, predvsem pa skladiščijo in distribuirajo ogljikove hidrate. Beljava ima visoko vlažnost.

Vse drevesne vrste imajo beljavo, nekatere pa imajo tudi **jedrovino** (skica 1).

Glede na razvoj in barvo jedrovine ločimo drevesne vrste:

- **z obarvano jedrovino**. Običajno je temnejše barve, takrat jo lahko imenujemo **črnjava**. Meja med beljavo in jedrovino običajno poteka po letnici. Delež jedrovine v deblu je genetsko pogojen in značilen za vsako drevesno vrsto. Drevesne vrste z obarvano jedrovino so bor, macesen, tisa, hrast, pravi kostanj, brest, češnja, robinija itd.
 - **z neobarvano jedrovino**. Les v osrednjem delu debla ima vse lastnosti jedrovine, le da ni obarvan. Drevesne vrste z neobarvano jedrovino so smreka, jelka itd.
 - **pri katerih ima les po celotnem prerezu debla lastnosti beljave**. Te drevesne vrste ne razvijejo jedrovine oz. jo razvijejo zelo pozno, pogosto pa tvorijo **diskoloriran les**. Te drevesne vrste so bukev, javor, jesen, gaber, lipa, breza, topol itd.
- Proces **ojedritve** je starostni pojav. Parenhimske celice se v smeri od kambija proti strženu debla starajo in odmirajo. Medtem se začnejo v njihove lumne celice in tudi lumne ter celične stene sosednjih celic traheid, trahej in vlaken odlagati snovi, kot so smole, čreslovine, mineralne snovi itd. (tudi rezervne

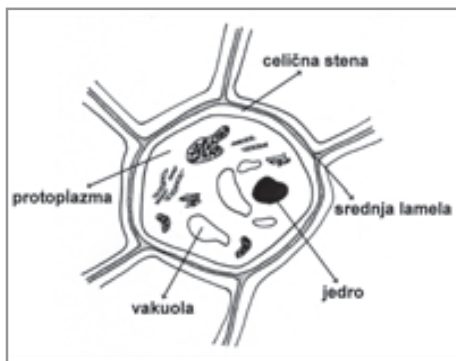
snovi, ki so jih celice vsebovale, se spremenijo v jedrovinske snovi ali pa se od tam odstranijo). Ta proces - postopno odmiranje parenhimskih celic, otiljenje trahej, nastajanje jedrovinskih snovi, ki so povečini strupeni nizkomolekularni polifenoli in njihovo odlaganje v vseh tkivih - nastaja v notranjih plasteh beljave, ki postane tako vse bolj suha in neprevodna.

Diskoloriran les je les, ki nastane kot odziv na izpostavitvev zračnemu kisiku in/ali na infekcijo po poškodovanju. Zastarel izraz je neprava črnjava. Pri posameznih drevesnih vrstah ta les poimenujemo tudi specifično: rdeče srce pri bukvi, rjavo srce pri jesenu in topolu.

Mikroskopska zgradba lesa

Celica

Celica (**skica 2**) je osnovni gradbeni element lesa. Zgrajena je iz živih delov (celično jedro, citoplazma, plastidi, mitohondriji itd.), s skupnim imenom protoplast, in mrtvih delov (celična stena, vakuola). Oblika in velikost celice sta zelo različni in odvisni od naloge, ki jo opravlja. Velikost večine celic je od 0,01 do 0,1 mm. V drevesu je lahko tudi 10.000 milijard celic.



Skica 2: Rastlinska celica

V lesu prevladujejo podolgovate celice lesnih vlaken in trahejnih elementov (opravljajo prevodno in mehansko nalogo). Poleg njih najdemo še parenhimske celice, ki so bolj pravilnih izodiametričnih

oblik in imajo približno enako dolžino, višino in širino (v njih se skladišči in razvršča hrana). Poznamo še ploščate celice (značilne za krovna tkiva in imajo varovalno nalogo). V lesu opravljajo svojo funkcijo žive in mrtve celice.

Skupek več specializiranih celic, ki opravljajo enake naloge, imenujemo **tkivo**. Ločimo embrionalna ali tvorna (meristemi) ter trajna funkcionalna tkiva. Tvorna tkiva ali meristemi imajo trajno sposobnost delitev in rasti. Glede na to, kje se nahajajo, ločimo vršne ali apikalne meristeme in stranske ali lateralne meristeme. Glede na čas delovanja ločimo primarne in sekundarne meristeme. Vršni (apikalni) meristemi skrbijo za rast drevesa v višino ter vej in korenin v dolžino. To rast imenujemo primarna rast. Stranski meristemi, kot sta vaskularni kambij in plutni kambij ali felogen, skrbijo za rast v debelino ali sekundarno rast. Tkiva, ki pri tem nastajajo, so sekundarna tkiva:

- sekundarni ksilem – les, sekundarni floem, oba proizvaja vaskularni kambij,
- felem in feloderm proizvaja plutni kambij ali felogen.

Trajna tkiva nastanejo iz tvornih tkiv. Celice izgubijo sposobnost delitev in se specializirajo za opravljanje določene naloge. Rastlinska tkiva delimo v pet skupin:

1. osnovno tkivo (parenhim),
2. krovna tkiva,
3. izločalna tkiva,
4. oporna ali mehanska tkiva,
5. prevajalna tkiva.

Parenhim je *osnovno tkivo* višjih rastlin. Ksilemski parenhim je v lesu, floemski pa v skorji lesnatih rastlin.

Krovna tkiva so povrhnjica stebela, listov in korenin ter epiderm,

periderm in lubje. Glavni funkciji krovnih tkiv sta zaščita pred izsušitvijo in mehanskimi poškodbami ter regulacija izmenjave snovi (CO_2 , H_2O , O_2).

Izločalna tkiva. V vsakem rastlinskem organizmu nastajajo različni končni produkti presnove, ki jih imenujemo izločki ali metaboliti. To so lahko: terpenški derivati, eterična olja, balzam, kavčuk, čreslovine, alkaloidi, kristali kalcijevega oksalata itd. Tipičen primer izločalnih tkiv so smolni kanali v lesu nekaterih vrst iglavcev. *Smolni kanali* so cevasti intercelularni prostori, ki lahko potekajo aksialno v smeri osi ali radialno v smeri od skorje proti strženu. Na obodu teh kanalov so epitelne celice.

Oporna ali mehanska tkiva so se razvila pri vseh kopenskih rastlinah in jih delimo v dve osnovni skupini: kolenhim in sklerenhim. Kolenhim je sestavljen iz živih celic in ga najdemo v rastočih delih rastlin v listih, pecljih in steblih. Za lesne rastline je značilen sklerenhim, ki je mehansko tkivo in ga sestavljajo vlakna ter sklereide z debelimi stenami. Glede na lego v deblu ločimo lesna (ksilarna) in likova (floemska) vlakna. Lesna vlakna so podolgovate celice z olesenelo celično steno in majhnim lumnom. Razlikujemo več vrst vlaken:

- traheide pri iglavcih so dokaj velike in dolge celice, ki v beljavi poleg oporne opravljajo tudi prevajalno funkcijo. Zanje so značilne obokane piknje, po katerih se prevaja voda z rudninskimi snovmi navzgor;
- vlaknaste traheide in libriformska vlakna pri listavcih. Vlaknaste traheide so običajno debelostenske traheide z ozkim lumnom in zašiljenimi konci, obokani pikenjski pari so že delno reducirani. Libriformsko vlakno je specializirano za

mehansko funkcijo in ima močno reducirane obokane pikenje ter režaste ali lečaste pikenjske odprtine.

Prevajalna tkiva imajo dve funkciji:

- prevajajo vodo in anorganske snovi iz korenin v liste,
- prevajajo pri fotosintezi nastale organske snovi (saharozo, aminokisliline, hormone idr.) iz listov v vse druge dele rastline.

Nastanek in razvoj olesenele celične stene

Sklerenhimatska vlakna so žive celice, dokler se ne oblikuje in oleseni celična stena, potem odmrejo. Ta proces pri vlaknih poteka približno takole:

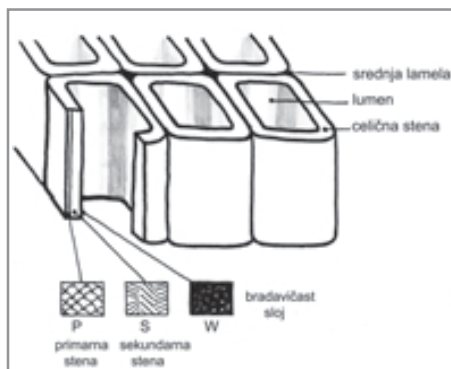
1. delitev celice in oblikovanje celične plošče,
2. oblikovanje nove primarne celične stene,
3. rast celice,
4. debelitev celične stene – formiranje sekundarne celične stene,
5. lignifikacija srednje lamele, primarne in sekundarne celične stene,
6. smrt celice.

Med mrtvimi deli celice je najpomembnejša **celična stena** (skica 3). Ta daje celici oporo in značilno obliko.

Olesenela celična stena je iz več različnih slojev. Gledano od lumna navzven ločimo: sekundarno steno, primarno steno in srednjo lamelo, ki predstavlja plast med celicami.

Lastnosti celične stene so odvisne od kemične zgradbe, mehanskih značilnosti in gostote njenih sestavin.

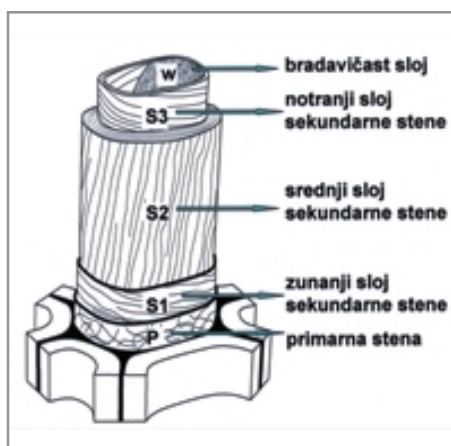
Najprej nastane **primarna stena**, in sicer med delitvijo v kambijevo coni, ko iz kambijeve inicialke nastaneta dve novi celici. Med njima se



Skica 3: Shematski prikaz celične stene

formirajo srednja lamela (izotropen sloj iz pektinskih celic brez celuloze) in dve primarni celični steni. Primarna stena je sestavljena iz mešanice celuloze, hemiceluloz in lignina. Pletež celuloznih fibril je ohlapen. Po nekaterih avtorjih naj bi bila primarna stena iz dveh slojev (P0 in P1), vendar ju je težko razločiti. Na splošno je debela le 0,1 do 0,2 μm . V primarni steni je približno 20 % celuloze.

Ko se konča primarna površinska rast celice, se na primarno celično steno z notranje strani začnejo nalagati elementi **sekundarne celične stene** (skica 4). Ta je iz treh plasti S1, S2 in S3. Vsak sloj ima različno orientirane plasti celuloznih fibril, ki so med seboj prekržane tako kot v vezanem lesu.



Skica 4: Shematski prikaz celične stene tipičnega vlakna

S1 je v splošnem debel le nekaj desetnih μm . Sestavljen je iz več tankih lamel z izmeničnim S- in Z-heliksom. Celulozne fibrile potekajo

pod velikim kotom oz. imajo »položen heliks«.

Heliks pomeni, da celulozne fibrile potekajo spiralno (helikalno, vijačno), pri S-heliks so orientirane v desno, pri Z-heliks pa v levo.

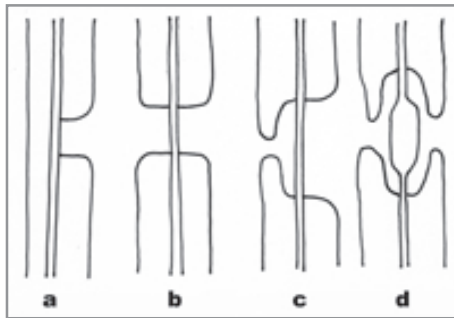
S2 predstavlja največji delež celične stene do (75 %). Debel je od enega do nekaj μm . Celulozne fibrile v sloju S2 potekajo pretežno v Z-heliks. Kot celuloznih fibril je majhen oz. imajo fibrile »strm heliks«, kar pomeni, da celulozne fibrile potekajo skoraj vzporedno z osjo celice. Zaradi velikega deleža ta sloj v veliki meri določa fizikalne lastnosti celične stene in tudi lastnosti lesa (npr. majhno krčenje v smeri osi).

Za sloj S3 je značilen velik fibrilarni kot oz. »položen heliks«. Sloj S3 je debel le približno 0,1 μm . Nekateri avtorji sloj S3 označujejo kot terciarno lamelo (T), drugi kot terciarno steno. Pri vrstah, ki imajo *helikalne (spiralne) odebelitve*, je ta sloj mestoma odebeljen. Helikalne odebelitve so tako sestavni del S3. Domnevno nimajo zaznavnega vpliva na fizikalne in mehanske lastnosti celične stene. Helikalne odebelitve v traheidah iglavcev so pomembne kot diagnostičen znak pri rodovih *Pseudotsuga* (duglazija) in *Taxus* (tisa). Helikalne odebelitve imajo tudi traheje nekaterih listavcev, npr. rodovi *Acer* (javor), *Carpinus* (gaber) in *Tilia* (lipa).

Pri nekaterih vrstah se na notranjem sloju sekundarne stene nahaja še *bradavičasti sloj* (W). Ta sloj sega tudi v pikenjsko votlino in ima pomemben vpliv na difuzijo vode skozi celično steno.

Izmenjava vsebine dveh sosednjih celic ne bi bila mogoča zaradi debelih celičnih sten, zato lahko opazimo vrzeli in membrane, ki celice zapirajo navzven. Te vrzeli imenujemo **pikenje** in jih sestavljata pikenjska votlina in membrana. Večinoma so pikenje dvostranske na

obeh straneh srednje lamele. Nastanejo v fazi diferenciacije celice, na mestu piknje sta srednja lamela in primarna stena tanjši, sekundarna stena pa je prekinjena. Če piknja ni v paru, je slepa piknja, prehod snovi je mogoč le, če nastopata piknji dveh sosednjih celic v paru. Po obliki ločimo enostavne, polobokane in obokane piknje (skica 5).



Skica 5: Oblike pikenjskih parov: a) slepa piknja, b) par enostavnih pikenj, c) enostransko obokan par pikenj, d) par obokanih pikenj

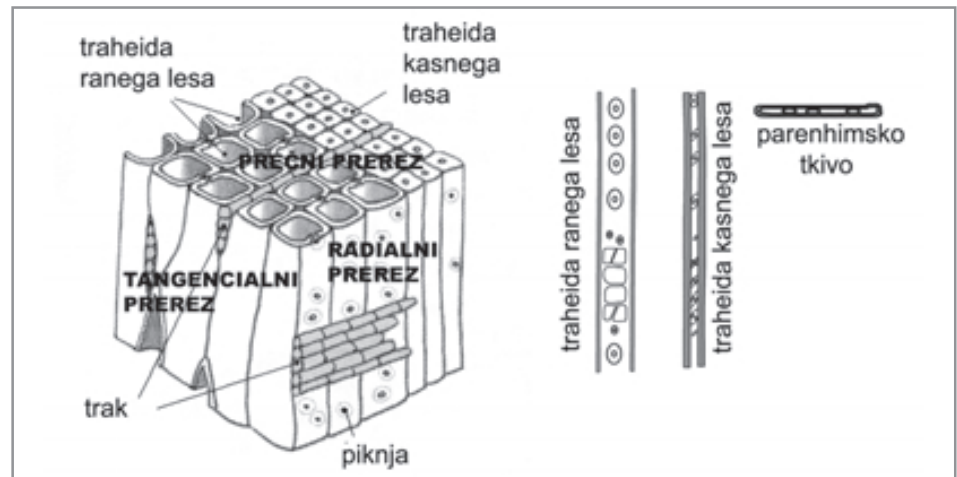
Pari enostavnih pikenj povezujejo parenhimske celice, neparenhimske pa pari obokanih pikenj. Med parenhimijskimi in neparenhimijskimi celicami se formirajo enostransko obokani – polobokani pari pikenj.

Anatomske značilnosti lesa iglavcev

Les je zgrajen iz različnih anatomskih elementov, ki se po funkciji, obliki in zgradbi razlikujejo med seboj.

Les iglavcev (skica 6) je zgrajen iz:

- aksialnih (osnih) traheid (prevodna in mehanska naloga),
- osnega (aksialnega) parenhima (skladišči in transportira rezervno hrano); v večini primerov ga v lesu iglavcev ni,
- trakovnega parenhima (trakovno tkivo - iz parenhimijskih celic in trakovnih traheid, ki ima akumulativno in prevodno nalogo); parenhimske celice predstavljajo največ 6 % tkiva iglavcev.

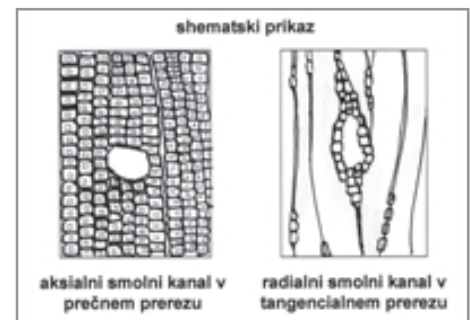


Skica 6: Anatomna zgradba lesa iglavcev

V lesu iglavcev, ki vsebujejo smolo, najdemo tudi smolne kanale (skica 7) z epitelimi celicami. Smolni kanali so lahko normalni ali poškodbeni – ranitveni (naloga izločanja – sekrecija).

Traheide so mrtve neperforirane cevaste celice lesa iglavcev, ki skrbijo za prevajanje vode in hranilnih snovi ter dajejo drevesu mehansko oporo. Z drugimi celicami so povezane z obokanimi piknjami. Ločimo osne (večinski del lesnega tkiva) in trakovne traheide. Slednje lahko opazimo tudi v lesu listavcev. Število in velikost traheid se razlikuje pri ranem (pomladnem) in kasnem (poletnem) lesu. V ranem lesu so traheide večje, tanjših sten in imajo večje lumne (prostor, ki ga obdaja celična stena), v kasnem lesu pa so manjše ter imajo debele in bolj olesenele stene, lumni pa so majhni. Od drevesne vrste in starosti drevesa so odvisni število in dimenzije traheid. Pri naših vrstah iglavcev je odstotek traheid glede na celotno lesno maso med 89 % (macesen) in 95 % (jelka, bor smreka). Odstotek traheid vpliva na tehnološke lastnosti lesa in njegovo uporabnost.

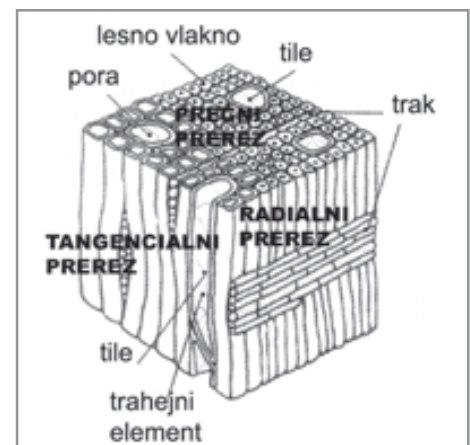
Traheide imajo lahko spiralne ali helikalne odebelitve. Te so značilne za rod *Pseudotsuga* (duglazija) in *Taxus* (tisa). Paziti moramo, da jih ne zamenjamo s helikalnimi razpokami v stenah traheid kompresijskega lesa.



Skica 7: Smolni kanali

Anatomske značilnosti lesa listavcev

Listavci so se v evoluciji pojavili kasneje, zato imajo evolucijsko mlajši in v primerjavi z lesom iglavcev bolj specializiran les.



Skica 8: Anatomna zgradba lesa listavcev

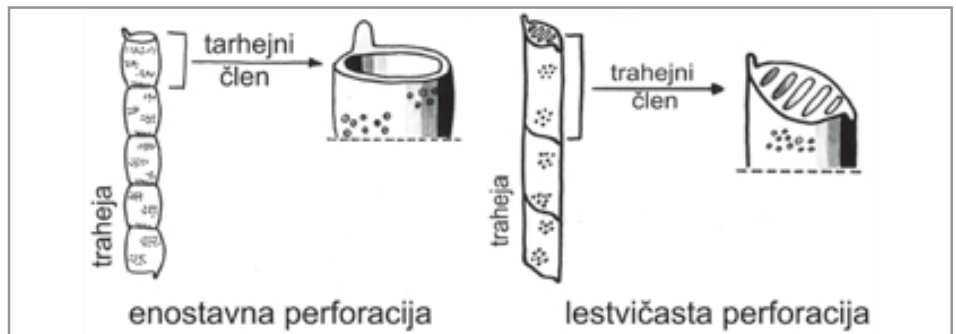
Les listavcev (skica 8) je zgrajen iz trahej (prevodna naloga), vlaken (mehanska naloga) ter osnega in trakovnega parenhima (akumulativna in prevodna naloga).

Traheje so lesne celice sodčaste oblike in so prevodni elementi lesa listavcev. Krajše ko so, višje so razviti listavci. Imajo tanke stene in velike lumne. Traheje se podobno kot traheide povezujejo v cevaste nize iz trahejnih elementov. Posamezna traheja je kot členjena cev nedoločene dolžine. Prečni premer trahej je večinoma od 15 do 350 μm , izjemoma celo do 500 μm (pri tropskih vrstah). Prečno prerezano trahejo imenujemo pora. Listavce lahko delimo v venčasto, polvenčasto in raztreseno (difuzno) porozne vrste, kar je odvisno od števila, velikosti in razporeda trahej (podrobnejši opis je pri makroskopski identifikaciji, poglavje 3.1). Velike traheje lahko zasledimo pri venčasto poroznih vrstah (npr. hrast), pri raztreseno poroznih vrstah (npr. bukev) pa so manjše in številnejše. Zelo velike traheje imata hrast in kostanj, velike brest, jesen in oreh, srednje velike breza in topol, drobne javor, jelša, bukev in gaber ter zelo drobne traheje hruška in jabolana. Trahej je v lesu listavcev manj kot traheid v lesu iglavcev. Največ jih ima bukev (31 %) in najmanj hrast (8 %).

Spomladi, ko drevo potrebuje več vode in hitro oskrbo z njo, to zagotovijo široke traheje ranega lesa. Poleti v veliki suši pa obstaja nevarnost zračne embolije (da se pretrga vodni stolpec, kar pomeni nepovratno spremembo). Takrat omogočijo preskrbo z vodo ožje traheje kasnega lesa. Paratrahealen (ob traheji) osni parenhim zmanjšuje nevarnost embolije, vendar bi pri prevelikih trahejah verjetno tudi ta odpovedal, zato je največji premer trahej le do 500 μm .

Ločimo več vrst trahej (**skica 9**), in sicer glede na obliko perforiranih ploščic (to je odprtina na koncu traheje):

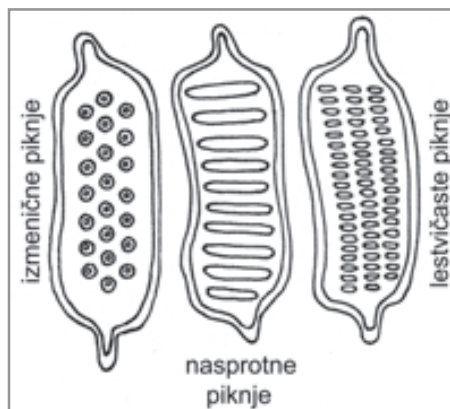
- z enostavnimi perforacijami, kadar imajo eno samo veliko odprtino,



Skica 9: Trahejni členi

- z lestvičastimi perforacijami (skalariformne),
- z mrežastimi perforacijami (retikularne),
- traheje z multiplimi perforacijami (efedroidne).

Traheje se med sabo bočno stikajo. Na stičiščih najdemo številne intervaskularne piknje (obokane piknje med trahejnimi elementi). Pomembne so z diagnostičnega vidika, ker na tak način lažje prepoznamo posamezno drevesno vrsto. Poznamo izmenične piknje, ki so najpogostejše, lahko pa so tudi nasprotno ali lestvičaste (**skica 10**).



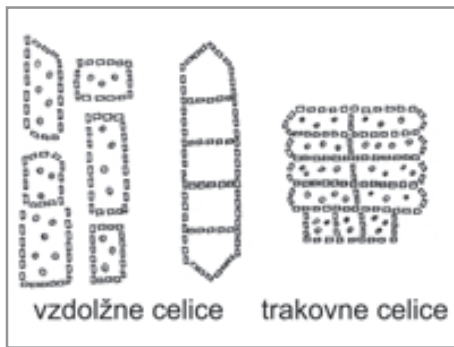
Skica 10: Različno razporejene intervaskularne piknje trahejnega člena

Traheje so na posameznih mestih zapolnjene s **tilami**. To so mehurjasti ali vrečasti vrastki parenhimskih celic v lumen traheje. Tyle lahko delno ali popolnoma blokirajo lumen traheje in s tem prekinejo transport vode. Značilne so za robinijo in hraste, včasih pa se

pojavi tudi pri bukvi. Tyle vplivajo na obdelavo lesa, saj se tak les težje lepi, pari, suši in površinsko obdeluje.

Les listavcev vsebuje **vlakna**. Ta so pri listavcih osnovno tkivo, v katero so vloženi drugi anatomske elementi. Glede na vrsto oz. stopnjo specializacije za mehansko funkcijo ločimo traheide, vlaknaste traheide in libriformska vlakna. Med seboj jih lahko zanesljivo razlikujemo le po stopnji redukcije obokanih pikenj. Vlakna so v prečnem prerezu podobna nepravilnim mnogokotnikom. Stene lesnih vlaken so olesenele, lumni pa so v primerjavi z lumni trahej majhni. Razporeditev lesnih vlaken poteka vzporedno z drevesno osjo. Takšna zgradba omogoča drevesu večjo trdnost. Odstotek vlaken, njihova debelina in dolžina so odvisni od drevesne vrste in starosti drevesa. Pri različnih drevesnih vrstah je odstotek vlaken, glede na celotno lesno maso, zelo različen: 37 % pri bukvi, 62 % pri jesenu in 65 % pri brezi. Kot zanimivost lahko navedemo, da so pri balzi (tropska vrsta lesa – uporabljajo jo modelarji) le 4 % vlaken, s 74 % pa prevladuje aksialni parenhim.

Osni (aksialni) parenhim (skica 11) spada med prehranjevalna tkiva. Ta tvorijo celice, ki so polne protoplasta in ostanejo dolgo časa žive (potek fotosinteze in zbiranje rezervne hrane). V lesu listavcev ga je običajno mnogo več kot v lesu iglavcev. Ločimo apotrahealni (ni v stiku s trahejami) in paratrahealni

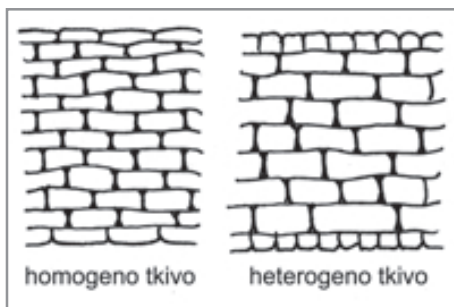


Skica 11: Parenhimske celice

(je v stiku s trahejami) osni parenhim.

Trakovni parenhim (trakovi) prav tako spada med prehranjevalna tkiva (**skica 11**). Bistvena razlika med obema parenhimoma je le v smeri, v katero so celice razporejene. Osni parenhim poteka vzporedno z drevesno osjo, trakovni parenhim pa poteka pravokotno, v radialni smeri na rastno os drevesa. V obeh parenhimih se ob koncu vegetacijskega obdobja kopiči rezervni škrob, ki ga drevo spomladi porablja za razvoj nove listne površine, pozimi pa za dihanje parenhimskih in kambijskih celic.

Parenhimske celice trakovnega tkiva se ločijo po obliki (**skica 12**). Lahko so:



Skica 12: Shematski prikaz trakovnega tkiva

- izključno iz ležečih celic – trakovno tkivo je homogeno,
- iz kvadratastih in ležečih celic – trakovno tkivo je heterogeno.

Te razlike so vidne v tangencialnem in radialnem prerezu.

Trakovi so s trahejami povezani s polobokanimi piknjami. Te so lahko velike in ovalne, velike in režaste ali pa drobne. Skozi velike piknje se velikokrat vraščajo tile.

Trakove delimo na izključno enoredne, 4- do 10-redne, več kot 10-redne in agregirane. Agregirani so takrat, ko so ožji trakovi navidezno združeni v mnogoredne trakove.

Trakovi zmanjšujejo krčenje lesa v radialni smeri, vplivajo na teksturo in sijaj lesa, zmanjšujejo trdoto, trdnost in trajnost lesa, omogočajo prodiranje impregnacijskih sredstev globoko v notranjost lesa, hkrati pa so tudi hrana lesnim insektom in glivam (vsebujejo škrob).

V lesu listavcev najdemo tudi **minerale**, ki so običajno v obliki kristalov. Minerali se lahko nahajajo v celicah trakov, vlaknih, osnem parenhimu ali posebnih celicah (idioblastih). Najpogostejše so soli oksalne kisline (običajno pravilne rombične oblike), ki so lahko raznih oblik, kot so romboidni kristali v idioblastih, rafidi, družice itd. Med minerali v lesu listavcev najdemo tudi agregate silicijevega dioksida; njihov vpliv na obdelavo lesa je zelo pomemben, saj vsi bolj ali manj otežujejo obdelavo lesa.

Reakcijski les

Kjer se je že začela sekundarna rast, je aktivno usmerjevalno tkivo v deblih in vejah dreves **reakcijski les (RL)**. RL nastane, kadar se drevesna os premakne zaradi različnih vplivov: naklona rastišča, premikov tal, vpliva vetra, položaja glede na druga drevesa itd. Nastanek RL uravnavajo rastni hormoni, posredno pa tudi težnost, ki vpliva na razporeditev hormonov. Pri **iglavcih** nastaja na spodnjem delu nagnjenih debel in vej ter se imenuje **kompresijski les**, pri **listavcih** pa se nahaja na zgornjem delu nagnjenih debel in vej ter se imenuje **tenzijski les**.

Kompresijski les (KL) iglavcev je temnejše barve in podoben kasnemu lesu. Ima mrtev videz brez leska v primerjavi z normalnim lesom. Tudi gostota KL je višja kot pri normalnem lesu, vendar je nižja njegova udarna žilavost in natezna trdnost. Aksialni skrček pri sušenju je bistveno večji (6–7 %) kot pri normalnem lesu. KL se zvija in poka, obdelava tega lesa pa je v primerjavi z normalnim lesom težavnejša.

Če razžagamo svež les listavcev, ki vsebuje tenzijski les (TL), navadno dobimo volnato površino. Volnatost se močno zmanjša pri suhem lesu. Če je v normalnem lesu do 10 % TL, ki je enakomerno porazdeljen, to ne vpliva bistveno na kakovost predelave in obdelave. Topolovina je med našimi lesnimi vrstami tista, ki vsebuje največ tenzijskega lesa (do 40 %). Zaradi različnega krčenja TL in normalnega lesa (aksialni skrček TL znaša do 1 %) so deske, ki vsebujejo TL, nagnjene k zvijanju in pokanju pri predelavi in obdelavi.

4. Kemična zgradba lesa

Elementarno les sestavlja 50 % ogljika, 6 % vodika, 43 % kisika, skupna količina dušika in drugih elementov, kot so kalij, kalcij, železo, magnezij itd., pa je manj kot 1 %.

Les je kompleksna snov, ki vsebuje veliko različnih spojin (**diagram 1**): celulozo, polioze, lignin, pektine, tanine, terpenske derivate, kot so eterična olja, smole, alkaloidi, barvila in pepel.

Lesno maso v 80 % predstavljajo olesenele celične stene, zato bomo v nadaljevanju govorili predvsem o kemični sestavi olesenele celične stene. Ta je v grobem zgrajena iz 5 skupin gradnikov lesa:

- celuloza – ogrodna snov, ki nastaja med rastjo celice in tvori skeletno osnovo ali ogrodje celice v lesu,
- polioze, pektini – osnovne snovi, ki

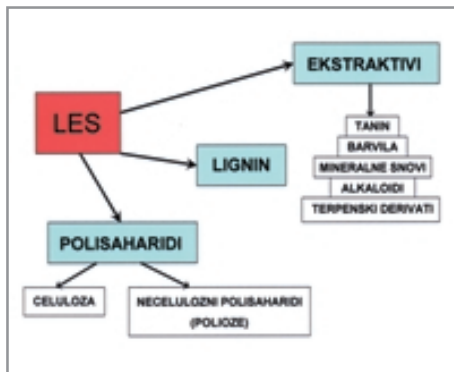
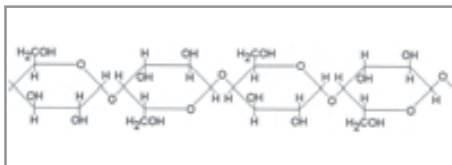


Diagram 1: Kemične spojine v lesu

poleg celuloze že med rastjo celice sodelujejo pri tvorbi ogrodja celice,

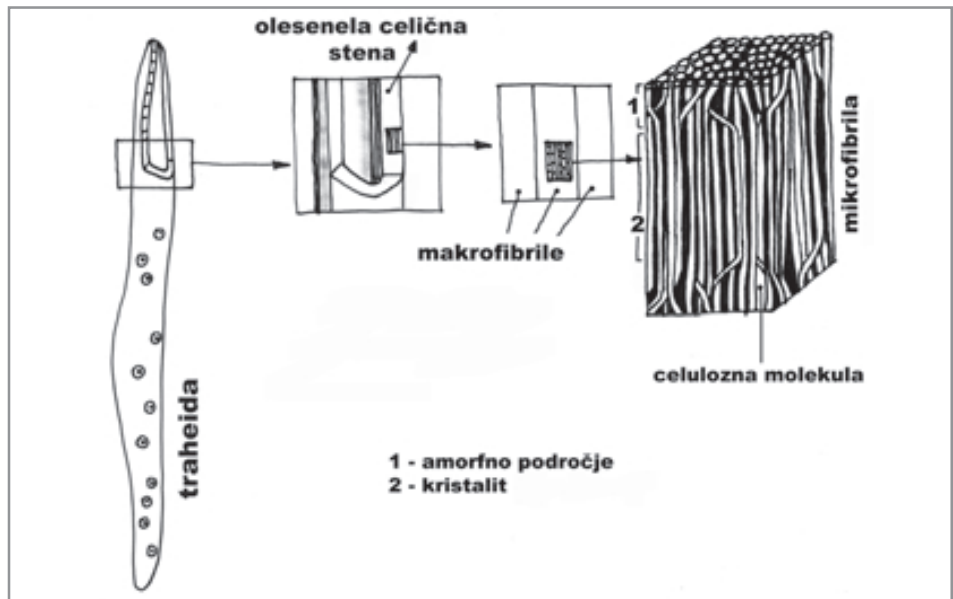
- lignin, jedrovinske snovi in minerali – vključki (inkrusti), ki se vlagajo v celično steno po končani rasti in ji dajejo trdnost, trajnost, barvo,
- ekstraktivne sestavine lesa – olja, voski, masti, smole, sladkor, škrob, čreslovine itd.,
- mineralne snovi – pepel.

Celuloza (skica 13) tvori skelet celične stene. Je homopolisaharid s kemijsko formulo $(C_6H_{10}O_5)_n$.



Skica 13: Perspektivna Haworthova formula celuloze

Celulozo sestavljajo β -D glukopiranozne enote, ki so povezane s C1 do C4 glikozidnimi vezmi. Polimerizacijska stopnja (to je število glukoznih enot v verigi celuloze) je zelo različna. V sekundarni steni je do 10.000 enot (cca 5 μ m), v primarni pa 2000–4000. V normalnem zrelem lesu iglavcev in listavcev je zato 40 do 50 %, po nekaterih avtorjih je odstotek 42 (\pm 2). Celuloza je bela snov, kemično precej neobčutljiva in se ne raztaplja v vodi, ne v večini organskih topil, ne v razredčenih kislinah in lugih. Dobro se raztaplja



Skica 14: Zgradba olesenele celične stene na mikroskopskem in submikroskopskem nivoju

v Schweizerjevem reagentu (amoniakalna raztopina $Cu(OH)_2$, ki ima sestavo $Cu(NH_3)_4(OH)_2$), in v koncentriranih raztopinah raznih soli (npr. $LiCl$, $ZnCl_2$). Prebavila človeka in drugih vretenčarjev nimajo encimov za razkroj celuloze, encimi bakterij, gliv in nekaterih nevretenčarjev pa celulozo hidrolitsko razkrajajo. Te encime imenujemo celulaze. Nekateri glive, npr. siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), s pomočjo svojih celulaz razkrajajo les in povzročajo veliko škodo.

Linearne celulozne molekule močno težijo k tvorbi intra- in intermolekularnih vodikovih vezi, zato se združujejo v mikrofibrile (skica 14), v katerih se menjavajo kristaliti, kjer celulozne molekule potekajo paralelno, z amorfni pasovi. Celulozne mikrofibrile so temeljno ogrodje celične stene. Kristaliti dajejo ogrodju veliko trdnost in odpornost, amorfni pasovi pa potrebno prožnost. Različne stopnje krčenja in nabrekanja lesa v smeri lesnih vlaken, lesnih trakov in letnic so posledica razporeditve ter lastnosti kristalinskih in amorfni območij znotraj mikrofibrile. 15 do 20

mikrofibril je združenih v makrofibrile. Med njimi je interfibrilarni prostor (10 nm), v katerem so neurejene molekule celuloze in polioz. Več mikrofibril skupaj povezuje lignin.

Celuloza ima veliko uporabno vrednost, saj se uporablja za proizvodnjo papirja, umetnih vlaken, lakov, acetilne celuloze, celulozida, razstreliva, cementa, detergentov itd.

Lesne polioze – hemiceluloze so necelulozni polisaharidi. Nasprotno od celuloze jih sestavljajo različne sladkorne enote. Njihove molekularne verige so precej krajše od celuloze in razvejane. Polimerizacijska stopnja polioz je le okoli 200. So topne v vodi in hidrolizirajo v lugih. To so amorfne polisaharidne verige, ki se nalagajo v vmesne prostorčke med celuloznimi mikrofibrilami. Posebno veliko jih je v srednji lameli in primarni celični steni (več kot 50 %). V celotnem lesu listavcev jih je tudi do 20 %, v lesu iglavcev pa do 25 %. Na trajnost lesa vplivajo negativno, saj so odlična hrana za mikroorganizme in insekte.

Pektini so kompleksni močno

razvejani polisaharidi, zgrajeni iz molekul galakturonske kisline, vsebujejo pa še druge monosaharide (L – arabinazo, D – galaktozo, L – raminozo, L – fruktozo), ki so vsi razen raminoze vezani kot stranske verige na osnovno verigo. Največ pektinov najdemo v skorji, srednji lameli in primarni celični steni. V celotni sestavi lesa jih je največ do 4 %. Pektine industrijsko pridobivajo z ekstrakcijo z vodo ali kislinami. Pri ohlajanju se strjujejo, zato jih uporabljamo za zgostitev marmelad, želiranje sadnih sokov in kot emulgatorje pri pripravi zdravil itd.

Lignina je v celični steni listavcev 18–25 %, v normalnem, zrelem lesu večine iglavcev 30 (\pm 4) % ter 25 (\pm 3) % v lesu iglavcev iz zmernege podnebnege pasu, kamor spadamo mi. Olesenitev je vlaganje lignina v celulozni skelet celične stene. Lignin se veže na celulozne molekule z močnimi kovalentnimi vezmi in tako nastaja skupek celuloze, ki ima veliko natezno trdnost, ter lignina z veliko tlačno trdnostjo. Poenostavljeno lahko zapišemo, da je celuloza »armatura« celične stene, lignin pa »beton«. Delež lignina se v celičnih stenah veča s starostjo drevesa. Čiste celulozne stene bi prepuščale vodo in v njej raztopljene snovi. Olesenitev, to je vlaganje lignina v celulozno strukturo celične stene, pa zmanjša njeno prepustnost in povečuje trdnost ter togost.

Kemična zgradba ligninov ni natančno znana, ker nimajo enotne strukture, niti določljive relativne molekulske mase. Lignini nastanejo s polimerizacijo treh osnovnih gradnikov p – kumarilalkohola, koniferilalkohola in sinapilalkohola. Pri listavcih se pojavlja »Gvajacilno-siringilni lignin«, ki je kopolimer koniferilnega in sinapilnega alkohola v razmerju 4 : 1 do 1 : 2. Pri skoraj vseh iglavcih pa se pojavlja »Gvajacilni lignin«, ki je kopolimer koniferilnega alkohola.

Lignin je odporen proti kemični, glivni in bakterijski razgradnji v pogojih brez kisika (anaerobnih razmerah). V aerobnih razmerah ob prisotnosti kisika pa ga lahko razgradijo določene glive (povzročiteljice bele trohnobe). Lignin je delno topen v alkoholu in v določenih organskih kislinah.

Ekstraktivne sestavine (ekstrahirati pomeni izločiti snov iz zmesi, ne da bi se kemično spremenila) so v stenah ali lumnih v lesu. Vrsta in količina teh snovi je odvisna od vrste lesa, letnega časa, geografskega položaja, mesta, kjer odvezujemo vzorec (deblo, veje, korenine). Prispevajo k značilnemu vonju lesa, povečujejo njegovo odpornost proti glivam in insektom ter vplivajo na gostoto, trdoto in trdnost lesa.

Najpomembnejše so škrob, polifenoli (sem spadajo tanini, antocianini, flavoni itd.), terpenski derivati (balzami, smole, eterična olja, kavčuk). Pogosto se pojavljajo tudi alkaloidi, barvila, maščobe, voski, maščobne kisline in hlapljivi ogljikovodiki.

Zaradi velikega števila ekstraktivnih snovi bomo podrobneje obdelali le nekatere.

Škrob je polisaharid v živih celicah beljave (v osnem in trakovnem parenhimu). V drevesu je rezervna hrana. Spomladi se škrob spreminja v topni sladkor, ki ga drevo porabi za tvorbo listov in cvetov. Tudi rastlinskim in živalskim lesnim škodljivcem je škrob odlična hrana, zato njegova vsebnost vpliva negativno na trajnost lesa.

Tanini ali čreslovine so spojine, ki imajo skupno lastnost, da strojijo živalsko kožo. Na les vplivajo tako, da mu povečujejo trajnost in dajejo značilno barvo. Tanine najdemo v vseh delih drevesa v koreninah, deblu, plodovih in listih. Največ taninov vsebuje pri nas kostanjeva in hrastova črnjava, njihova skorja ter skorja smreke.

Smole so zmesi trdnih smolnih kislin, eteričnih olj in drugih primesi. Iz poškodb na borovi skorji se začne izločati borov balzam oz. terpentinska smola. Iz nje z destilacijo pridobijo terpentinsko olje in nehlapljivo kolofonijo. Terpentinsko olje se uporablja v proizvodnji lakov in barv, tekstilni industriji, kolofonija pa je pomembna surovina pri izdelavi lakov, papirja, izolacijskih materialov itd. Smola je za drevesa zelo pomembna, saj zaliva mehanske poškodbe ter s tem preprečuje izsušitev in vdor mikroorganizmov v globlja tkiva drevesa, hkrati pa vpliva tudi na tehnološke lastnosti lesa (povečuje trajnost, trdoto). Smola je tudi nezaželen pri mehanski predelavi lesa, saj lepi rezilna orodja, povečuje trenje, otežuje površinsko obdelavo lesa (lepljenje, prodiranje laka ali lepila v les itd.).

Čreslovine so strojila rastlinskega izvora, ki jih uporabljajo za strojenje usnja. Najdemo jih v vseh delih drevesa, največ pa v črnjavi, ki ji dajejo značilno rjavo barvo. Med našimi drevesnimi vrstami imajo največ čreslovin kostanjev in hrastov les (tanin) ter smrekova skorja. Les z več čreslovinami je trajnejši kot les, v katerem jih je malo.

Mineralne snovi, ki ostanejo po popolnem sežigu lesa, imenujemo **pepel**. Običajno je teh snovi 0,1–0,5 %. Listavci vsebujejo več pepela kot iglavci. Tropske vrste pa vsebujejo več pepela kot naše, tudi do 8 %. Poleg kalija, kalcija, magnezija, fosforja, natrija, silicija in železa vsebuje pepel še nekatere elemente v sledovih (barij, svinec, baker itd.). Vsi ti elementi so pomembni za normalno rast in razvoj drevesa. Mnoge tropske vrste vsebujejo tudi znatne količine silicijevega dioksida (do 4 % in več), ki je abraziven in pospešuje krhanje rezil.

BARVA	DREVESNA VRSTA
belkasto rumen les	smreka, jelka, lipa
rumenkasto bel les	jesen, javor, beli gaber
rumenkasto rjav les	jedrovina pri hrastu
rdečkasto bel les	bukev
rdečkasto rumen les	jelša, jedrovina pri boru
rdečkasto rjav les	jedrovina pri macesnu
sivorjav les	jedrovina pri orehu

Tabela 1: Poenostavljena razporeditev domačih drevesnih vrst po barvi lesa

FINOST LESA	DREVESNA VRSTA
zelo fin les	mahagoni, tisa
fin les	črni gaber, oreh
srednje fin les	breza, bukev
grob les	domači kostanj, hrast

Tabela 2: Razporeditev domačih drevesnih vrst po finosti lesa

5. Tehnološke lastnosti lesa

Estetske lastnosti lesa

Estetske lastnosti lesa zaznavamo s čutili na obdelani površini lesa. Z razvojem kulture se je večal tudi pomen estetskih oziroma lepotnih lastnosti lesa (na primer pri pohištvu).

Kadar je površina lesa obdelana, opazimo, da ima vsak les določeno **barvo** oziroma **barvni ton** (tabela 1). Naše drevesne vrste nimajo izrazitih barv, močnejše razlike opazimo le v barvi črnjave in beljave. Na barvo lesa vplivajo različni dejavniki: anatomska zgradba lesa (kasni, gostejši les je temnejši), kemična zgradba (sestava črnjave), del drevesa, iz katerega je obdelan kos lesa (temne grče), vlaga (moker les je temnejši), stopnja obdelanosti lesa (finejše obdelan les ima izrazitejšo barvo), atmosferilije (rumenenje, sivenje in črnenje zaradi vpliva ultravijoličnih žarkov, delovanja toplote, vlage, kisika itd.) in mikroorganizmi (glive).

Zunanji videz anatomske zgradbe lesa imenujemo **tekstura** (slika 3). S prostim očesom jo opazimo na obdelani površini lesa (tekstura prečnega, radialnega ali tangencialnega prereza).



Slika 3: Tekstura prečnega, radialnega in tangencialnega prereza

nepravilna se pojavlja pri listavcih (javor, jesen, oreh). Po teksturi lahko razpoznamo drevesno vrsto, presojamo tehnološke lastnosti (cepljivost, elastičnost), jo upoštevamo pri obdelavi lesa, krivljenju, lepljenju, oblikovanju raznih vezi itd., hkrati pa ima tekstura tudi velik lepotni pomen v proizvodnji pohištva in furnirjev.

Slika 3: Tekstura prečnega, radialnega in tangencialnega prereza

Lastnost, da gladko obdelane ploskve lesa odbijajo svetlobo, imenujemo **sijaj lesa**. V primerjavi z našimi lesnimi vrstami imajo velik sijaj predvsem tropski lesovi (na primer mahagoni). Sijaj lesa je največji v radialnem prerezu, saj je takrat površina trakov največja (trakovni parenhim), in pri gladko obdelani površini. Ima predvsem estetski in modni pomen.

Finost lesa (tabela 2) ima veliko tehnično in estetsko vrednost. Les, ki je zgrajen iz velikih anatomskih elementov, je še vedno fin, če v njihovih dimenzijah ni prevelikih razlik. Fin les se lažje obdeluje, površine pa so gladkejše in lepše. Tudi mehanske lastnosti finega lesa so boljše, zato je njegova uporabnost večja. Finejši ko je les, višja je njegova cena.

Fizikalne lastnosti lesa

Med fizikalne lastnosti, ki so posledica anatomske, kemične zgradbe lesa in delovanja zunanjih

sil na les, prištevamo: poroznost, vodo v lesu, gostoto, krčenje in nabrekanje ter prevodnostne lastnosti lesa.

Les je porozen ali luknjičav.

Luknjice v lesu so celični lumni, medcelični in medkristaltni prostori, ki opravljajo pomembne življenjske naloge v drevesu, dokler je to še živo. Kasneje so ti prostori pomembni tudi pri obdelavi in uporabi lesa, saj poroznost vpliva na številne tehnološke lastnosti lesa. Količina poroznosti znaša pri naših drevesnih vrstah od 55 do 75 %, pri tropskih lesovih pa od 25 do 85 %. Trdi lesovi z veliko gostoto (hrast, bukev) imajo približno 55 % poroznost, mehki listavci (lipa, jelša) in iglavci (razen bora in macesna) pa okoli 75 %. Poroznost je odvisna od vrste dejavnikov: različne anatomske zgradbe posameznih drevesnih vrst, razlike v strukturi celične stene itd. Velike razlike obstajajo predvsem med poroznostjo ranega in kasnega lesa. Poroznost tako vpliva na krčenje in nabrekanje lesa, gostoto, higroskopičnost, vpojnost, pomembna je pri sušenju in parjenju, lepljenju ter površinski obdelavi lesa.

Voda opravlja transport rudninskih in organskih snovi ter se giblje predvsem v aksialni smeri od korenin proti krošnji drevesa. Vodo v lesu delimo na prosto in vezano. Prosta ali kapilarna voda, ki se nahaja v celičnih lumnih, ni vezana na sam les kot snov in se po njem prosto pretaka. Spreminjanje vsebnosti te vode v lesu ne vpliva na njegove lastnosti, niti na

dimenzije, vpliva le na gostoto. Vezana ali higroskopska voda se nahaja v celičnih stenah (interkristaltni prostori). Ta voda je na lesno snov vezana in ostane v lesu še potem, ko les izgubi že vso prosto vodo. Stanje, pri katerem so celične stene še nasičene s higroskopsko (vezano) vodo, lumni pa so že izpraznjeni, imenujemo točka nasičenosti celičnih sten. Enaka je ravnovesni vlažnosti, kot se vzpostavi v klimi s 100% relativno zračno vlažnostjo. Pri tej točki vsebuje les v povprečju še 30 % vode. Ko pade vsebnost vode pod to točko, se začnejo spreminjati dimenzije in lastnosti lesa (les se krči, viša se gostota, spreminjajo se mehanske lastnosti). Poznamo štiri stopnje vlažnosti lesa:

- vlažnost svežega lesa,
- vlažnost polsvežega lesa,
- vlažnost zračno suhega lesa,
- vlažnost tehnično posušenega lesa,
- absolutno suh les.

Vlažnost svežega lesa določimo takoj po poseku drevesa (vsebuje še vso prosto vezano vodo). Vlažnost polsvežega (gozdno suhega) lesa nastopi takrat, ko je les po sečnji določen čas ležal v gozdu in oddal že dobršen del vode (delež vode v lesu znaša od 20 do 40 %). Zračno suh les je tisti, pri katerem je vlažnost od 12 do 15 %, vsebnost vode v njem pa je odvisna od vlažnosti ozračja (relativne zračne vlage, RH). Takšno vlažnost ima les, ki je dalj časa sušen v odprtih skladiščih (velja za naše podnebne razmere). Naravno osušen les moramo glede na kasnejšo uporabo dodatno sušiti še v sušilnicah. Stopnja vlažnosti tehnično posušenega lesa je odvisna od namembnosti izdelka, površinske obdelave lesa in uporabe lepil (les za pohištvo, ki bo v centralno ogrevanih prostorih, mora imeti 6-8 % vlažnost). Absolutno suh les, to je

les z 0 % vode, lahko posušimo le v sušilnici. To pa težko dosežemo, saj tak les zelo veže vodo nase (vodo iz zraka).

Zračno in tehnično posušen les je **higroskopen**, saj je v tem primeru vlažnost lesa pod točko nasičenosti celičnih sten (pod 30 %). Les je higroskopen le toliko časa, dokler se ne vzpostavi ravnotežje med vlažnostjo lesa in relativno zračno vlažnostjo (higroskopsko ravnovesje, **tabela 3**). Higroskopsko ravnovesje traja samo toliko časa, dokler se relativna zračna vlažnost ne spremeni (višanje relativne vlažnosti zraka – les vlago vpija, nižanje relativne vlažnosti zraka – les vlago oddaja). Da obdržimo ustrezno ravnovesno vlažnost lesa, moramo lesene izdelke uporabljati v bolj ali manj podobnih klimatskih razmerah (na primer les za reparature moramo pred uporabo prilagoditi na klimatske pogoje izdelka). Optimalna vlažnost lesa za lepljenje je od 6 do 16 % (odvisno od vrste lepila), za površinsko obdelavo pa 8-12 %. Prevelik vpliv relativne zračne vlažnosti na les preprečimo tudi z barvanjem, lakiranjem, premazovanjem lesene površine s firnežem, voski itd. Vlažnost lesa ugotavljamo na več načinov, najpomembnejši pa sta gravimetrijska metoda in metoda merjenja električnih lastnosti lesa (uporovni in dielektrični vlagomer).

RH (5)	VLAŽNOST LESA (%)
90	ca. 21-22
70	ca. 13-14
50	ca. 9-10
30	ca. 6-7
10	ca. 3-4

Tabela 3: Vpliv RH na vlažnost lesa

Pri sušenju izhlapeva voda iz lesa in les se **krči**, kadar pa les vodo vpija, **nabreka**. V obeh primerih se lesu spreminjajo dimenzije, volumen in gostota. Krčenje in nabrekanje lesa pa ni v vseh smereh enakomerno. Najizrazitejše je v tangencialni smeri (v smeri letnic od 6 do 10 %



Slika 4: Anizotropija krčenja

in najmanjše v vzdolžni smeri (smeri osi od 0,3 do 0,5 %). Razmerje med vzdolžnim, radialnim in tangencialnim krčenjem je 1 : 10 : 20 (**slika 4**).

Na krčenje in nabrekanje lesa vplivajo različni notranji in zunanji dejavniki: *anatomska zgradba lesa* (trakovi zmanjšujejo krčenje lesa v radialni smeri, kasni les v braniki se bolj krči, kot rani, krčenje je odvisno od kota mikrofibril, debeline srednje lamele in kemične zgradbe, npr. vsebnosti lignina; več ga je, manj se krči, beljave in jedrovine - beljava se močnejše krči), *gostota* (gostejši les se bolj krči), *drevesna vrsta*, *vlažnost okolja*, *razlika v vlažnosti lesa pred sušenjem in po njem* itd. Za uporabnost lesa je pomembna tudi pravilnost krčenja, saj se les s pravilno anatomsko zgradbo krči manj in brez deformacij. Pri nepravilnem krčenju (zaradi grč, zvite rasti, nepravilnih prečnih prerezov) prihaja do deformacij, to je do krivljenja in mehanskih poškodb – pokanja lesa. Kadar les ni osušen na ustrezno ravnovesno vlažnost oziroma če ga uporabljamo v drugačnih klimatskih razmerah, kot smo jih predvideli pri sušenju, prav tako opažamo negativne posledice krčenja. Najznačilnejše deformacije, ki so posledica razlik v velikosti radialnega in tangencialnega krčenja, se kažejo na prečnem prerezu lesa (**skica 15**). Deske s tangencialno teksturo se krivijo »od srca«, sredinska deska pa se deformira po debelini. Tudi kvadratni in okrogli obdelovanci spreminjajo obliko in



Skica 15: Značilne deformacije zaradi krčenja

dobijo rombični oziroma eliptični prerez. Tudi nabrekanje lesa ima številne negativne posledice, saj prihaja do notranjih napetosti in povečanja volumna lesa. Negativne posledice »delovanja lesa« danes zmanjšajo na minimum s proizvodnjo in uporabo vezanega lesa (vezanih in mizarskih plošč).

Gostota lesa je pomembna v ekonomskem in tehnološkem pomenu. Lesovi z visoko gostoto se obdelujejo lepše in bolje kot tisti z nizko gostoto. Gostota vpliva na trdnost in trajnost lesa, z gostoto pa raste tudi njegova kakovost pri isti drevesni vrsti. Tako kot poznamo štiri stopnje vlažnosti lesa, lahko govorimo tudi o štirih gostotah lesa: gostoti svežega lesa, polsvežega (gozdno suhega), zračno suhega in tehnično posušenega lesa (**tabela 4**).

Gostoto, ki jo ima les, če je dalj časa potopljen v vodi, imenujemo gostota napojenega lesa. Gostota takšnega lesa je višja od gostote vode in običajno znaša od 1100 do 1200 kg/m³ (takšen les v vodi ne plava).

Med fizikalnimi lastnostmi lesa lahko omenimo še njegove **prevodnostne** lastnosti. Po lesu se zvok širi 10- do 15-krat hitreje kot po zraku (za naše drevesne vrste je hitrost zvoka od 3500 do 5000 m/s v vzdolžni smeri). Kadar je les v neposredni zvezi z izvorom zvoka, se po njem širi zvočno valovanje, ki

DREVESNA VRSTA	POVPREČNA GOSTOTA SVEŽEGA LESA (kg/m ³)	GOSTOTA ZRAČNO SUHEGA LESA (kg/m ³)
Jelka	1000	410–440
Smreka	510 (jedrovina)–960 (beljava)	410–440
Topol	900	460–500
Lipa	730	540–580
Macesen	600 (jedrovina)–950 (beljava)	570–600
Črni bor	1000	570–610
Breza	940	570–610
Javor	970	610–650
Brest	850	630–670
Jesen	800	690–740
Hrast	1110	700–740
Bukev	1070	710–740
Gaber	970	780–820

Tabela 4: Gostota lesa nekaterih drevesnih vrst

se jača in prenaša v zrak (les z več ranega lesa pravilne zgradbe, 6 % vlažnosti uporabljajo za izdelavo glasbil). Les vpija zvok (nizke in srednje tone) in povečuje akustičnost prostorov, je slab prevodnik toplote (toplotni izolator) in elektrike. Sončna svetloba prodira v les do 1 mm globoko (sprememba barve lesa). S sestavljeno svetlobo (naravno ali umetno) odkrivajo notranje napake plošč (grče, razpoke, slabo zlepljenost furnirjev itd.). Les prepušča rentgenske žarke do globine 45 cm (prepustnost je odvisna od npr. vsebnosti vode v lesu, zdravstvenega stanja lesa), kar izkoriščajo predvsem za ugotavljanje napak v lesu. Kadar les obsevajo z UV-žarki, prihaja do luminiscence lesa. To lastnost izkoriščajo za določanje intenzivnosti in globine prodiranja impregnacijskega sredstva v les. Sposobnost lesa, da vpija toplotno energijo IR-svetlobe, izkoriščajo danes za sušenje nanesenega materiala na površino lesa in pri sušenju furnirjev.

Mehanske lastnosti lesa

Trdota lesa je odpor, ki ga nudi le-ta proti vdiranju drugega, tršega telesa vanj. Za meritev trdote lesa uporabljamo večinoma Brinellovo (vtiskanje jeklene kroglice) in Jankovo metodo (vtiskanje jeklene polkroglice). Trdota je zaželen lastnost, kadar uporabljamo les pod

TRDOTA (N/cm ²)	DREVESNA VRSTA
pod 3500 (zelo mehek les)	Smreka, bor, jelka, lipa
3500–5000 (mehek les)	Macesen, jelša, breza
5000–6500 (srednje trd les)	Brest
6500–10000 (trd les)	Gaber, javor, hrast, bukev, oreh
10000–15000 (zelo trd les)	Dren

Tabela 5: Trdota nekaterih vrst lesa (po Jankovi metodi)

tlakom (piloti, talne obloge), kadar želimo dobiti čim bolj gladke površine in kadar je les izpostavljen površinski obrabi (**tabela 5**).

Trdnost lesa je pomembna predvsem pri raznih gradbenih konstrukcijah, kjer nastopajo različne obremenitve, saj ima les pomembno mesto med gradbenimi materiali (pri sorazmerno majhni gostoti ima zelo veliko trdnost). Trdnost lesa narašča z gostoto, vlažnost pa jo zmanjšuje. Lignin v lesu povečuje tlačno trdnost lesa, celulozna vlakna pa natezno trdnost. Rastne napake in bolezni (npr. glive) zmanjšujejo trdnost lesa. Ta je močno odvisna od smeri obremenjevanja, kar je posledica zgradbene anizotropije lesa (različne lastnosti v različnih smereh). Tlačna trdnost (gradbene konstrukcije, noge pri stolih in mizah) in natezna trdnost (predalčne gradbene konstrukcije) sta največji v aksialni smeri. Upogibna trdnost je pri lesu manjša od natezne in večja od tlačne trdnosti. Nanjo vpliva tudi način obdelave lesa: večja je pri cepljenem kot tesanem in najmanjša pri žaganem lesu. Strižna trdnost je pri lesu znatno manjša od drugih trdnosti.

Obrabljenost lesa je odvisna od vrste dejavnikov, najmanj pa se les

obrablja v prečnem, nato tangencialnem in najbolj v radialnem prerezu. Obrabljivost se z vlažnostjo lesa večja, večja gostota in trdota pa jo zmanjšujeta. Z loščenjem in impregnacijo obrabljivost zmanjšamo (zmanjšamo trenje).

Pomembna lastnost anizotropnih materialov je **cepljivost**. Ta je zaželen, kadar izdelujemo polizdelke ali izdelke majhne debeline in velike trdnosti, nezaželen pa v mizarstvu in rezbarstvu. Smer obdelave lesa mora biti ustrezna (pod določenim kotom glede na os anatomskih elementov), da se izognemo poškodbam, ki nastanejo zaradi cepljenja lesa.

Če pod vplivom zunanjih sil les spremeni svoje dimenzije in se po prenehanju delovanja teh sil vrača v prvotne dimenzije, rečemo, da je les **elastičen**. Elastičnost je tem večja, čim pravilnejša je zgradba lesa, nižja je vlažnost, višja je gostota, in čim bolj je les zdrav. Največja je v aksialni smeri. Med domačini drevesnimi vrstami imajo elastičen les oreh, lipa, breza in jelša, srednje elastičen les hrast, bukev, jesen, javor in smreka ter slabo elastičen les bor in topol.

Kadar se les pod vplivom zunanjih sil trajno deformira, govorimo o **plastičnosti** lesa. Bukov in jesen imata najbolj plastičen les. Plastičnost je največja pri koreninah, srednje velika pri deblovini in najmanjša pri vejevini. Plastičnost lesa lahko povečamo s segrevanjem (parjenjem ali kuhanjem), kar je še posebno pomembno pri izdelavi ukrivljenega pohištva.

Fizikalno-kemične lastnosti lesa
O teh lastnostih govorimo takrat, kadar zunanje ali notranje sile, ki delujejo na les, spremenijo njegovo zgradbo, tehnološke in kemične lastnosti.

Naravna trajnost lesa (tabela 6) je njegova sposobnost, da zadrži svoje naravne lastnosti krajši ali daljši čas

TRAJNOST LESA	DREVESNA VRSTA
Trajen les	Jedrovina hrasta, domačega kostanja, macesna
Srednje trajen les	Bor, jelka, smreka
Slabo trajen les	Bukev, javor, gaber, breza, jelša, lipa, topol, vrba

Tabela 6: Trajnost nekaterih vrst lesa

nespremenjene. Trajnost je odvisna predvsem od lesne vrste (npr. črnjava je zaradi vsebnosti tanina trajnejša, konzervirana), vsebnosti vlage (les z vlažnostjo več kot 20 % daje optimalne razmere za razvoj gliv, napojen les pa učinkuje izrazito varovalno), njegove odpornosti proti delovanju insektov in gliv, proti delovanju atmosferilij in mehanskim poškodbam. Uporabna vrednost lesa se s trajnostjo večja. Odpornost lahko povečamo s pravilnim sušenjem lesa, vzdrževanjem ustrezne klime, zaščitnimi sredstvi v obliki impregnacije ali premazov itd. Z uporabo zaščitnih sredstev povečujemo vrednost lesenih izdelkov.

6. Napake lesa

Napaka lesa je označba, ki jo je postavil človek glede na stopnjo uporabnosti lesa. Med rastjo drevesa ali pa kot posledica nepravilne predelave in uporabe lesa nastajajo napake. Pri tehnični izrabi lesa je napaka tudi tisti pojav, ki je v naravnem smislu povsem normalen (npr. grče).

Napake v zgradbi lesa

Napake, ki nastanejo v zgradbi lesa, ko je drevo še živo, v znatni meri zmanjšujejo uporabnost lesa in njegov izkoristek pri nadaljnji obdelavi.

Kadar je zgradba debla simetrična, je drevesna os ravna črta. V vsakem drugem primeru govorimo o **krivosti debla**. Možnost uporabe takšne krive hlodovine je omejena (npr. ni uporabna za proizvodnjo luščenega furnirja), manjši je izkoristek, tudi mehanske lastnosti takšnega lesa so slabše.

Določene drevesne vrste imajo skoraj vedno pravilen prečni prerez, ki je zelo podoben geometrijskemu krogu (npr. jelka, smreka), druge pa največkrat nepravilen (npr. beli gaber). **Nepravilen prečni prerez** je lahko povsem nepravilen, eliptičen ali užlebljen (glede na to se spreminja tudi položaj stržena). Takšen les je tehnično manj vreden, saj hlodovina pri sušenju poka in se krivi, mehanske lastnosti pa so slabše kot pri hlodovini s pravilnim prečnim prerezom.

Pri prečnem prerezu debla včasih opazimo, da letnice ne potekajo v pravih koncentričnih krogih, temveč so valovite linije (to velja predvsem za starejša drevesa). V proizvodnji rezanega furnirja je **valovitost letnic** pri hlodovini zaželen pojav (estetska vrednost), drugače pa je napaka.

Kadar se dve ali več debel zraste med seboj, govorimo o **dvojnem ali večkratnem srcu** (na prečnem prerezu opazimo dvoje ali več strženov). Takšen les je nehomogen, poka, se krivi in močno krči.

Pri nekaterih drevesnih vrstah (divjem kostanju, orehu, hrastu, belem gabru, javoru, lipi, boru) lahko potekajo anatomske elementi spiralno z drevesno osjo. Takšno rast imenujemo **zavita rast ali zavitost**. Uporabnost takšnega lesa je omejena, saj se izdelki iz zavitega lesa krivijo, les se močno krči in ima slabše mehanske lastnosti.

Ostanki vej na deblu so **grče**. Lahko so vrasle (prekrite z lesnim tkivom in jih na površini debla ne vidimo), nevrastle (del veje še gleda iz debla), zrasle (zraščene z okoliškim lesnim tkivom) ali izpadajoče (niso zraščene z okoliškim lesnim

tkivom). Po obliki ločimo okrogle in ovalne, po velikosti pa od najmanjših (iglavci do 6 mm, listavci do 10 mm) do največjih grč (iglavci nad 40 mm, listavci nad 40 mm). Grče negativno vplivajo predvsem na mehanske lastnosti. Grčav les se težje obdeluje, kakovost obdelanih površin pa je slabša. V estetskem smislu so lahko grče tudi zaželeni.

Smolne vrečke (smolike) so votlinice, napolnjene s smolo. Smolike negativno vplivajo na tehnološke lastnosti, predvsem pa zmanjšujejo estetsko vrednost lesa.

Mehanske napake

Mehanske napake nastajajo na živem drevesu ali posekanem lesu zaradi delovanja naravnih sil.

Notranje razpoke se pojavljajo v notranjosti debla in so lahko različnih oblik. Najpogosteje jih srečamo pri hrastu, jelki in macesnu. Običajno se pojavljajo v visoki starosti drevesa in zmanjšujejo delež tehničnega lesa. Potekajo od stržena, kjer so najširše, in se širijo radialno proti obodu.

Kadar med dvema branikama odstopi les po letnici, govorimo o **kolesivosti** (okrožljivosti). Do tega pojava pride zaradi rasti napetosti med dvema branikama. Do njega prihaja pogosteje pri starejšem drevju, opazimo pa ga lahko pri jelki, hrastu, domačem kostanju, jesenu in topolu. Takšen les tehnično ni uporaben.

Deblo lahko zaradi hudega mraza počasi v radialni smeri. Govorimo o **mraznih razpokah ali zimavosti** (razpoke se spomladi na zunanji strani debla zarastejo). Najpogosteje jih opazimo pri hrastu, brestu, javoru itd. Takšen les je mehansko poškodovan, hkrati pa je tudi žarišče okužb z glivami in bakterijami.

Razpoke zaradi sušenja nastajajo že na hlodovini, predvsem pa v skladiščih žaganega lesa. Izguba

lesa je znatno manjša, če potekajo razpoke v isti smeri in le na površini lesa. Razpoke so predvsem žarišča okužb z glivami in insekti.

Posledica nepravilnega krčenja in nabrekanja lesa je **krivljenje** (običajno zaradi nepravilne zgradbe lesa). Pojavlja se pri žaganem, cepljenem in tesanem lesu. Napako zmanjšamo tako, da les obtežimo ter ga čim počasneje in enakomerneje sušimo.

Napake v barvi lesa

Napake v barvi lesa so vse spremembe naravne barve lesa, ki je značilna za določeno drevesno vrsto. Povzročajo jih različni dejavniki žive in nežive narave. Med napake štejemo strženove madeže (rovi ličink, ki so zapolnjeni s parenhimskim tkivom), dvojno beljavo (na čelu hloda vidimo dva kolobarja beljave zaradi prekinitev ojedritvenega procesa), rdeče srce (diskoloriran les, reakcija na ranitev), modrivost (napako povzročajo glive modrivke v beljavi) in spremembe barve lesa, ki jih povzročajo glive – plesni (površinsko in globinsko obarvanje).

7. Lesni škodljivci

Razkrojevalci lesa so nujno potrebni za življenje v naravi, kadar pa uničujejo uporaben les, jih imenujemo **škodljivci**. Razkrojevalne procese običajno ustavljamo z naravnimi postopki ali s kemikalijami.

Razkrojevalne procese povzročajo številni abiotični in biotični dejavniki. Abiotični dejavniki so atmosferilije (dež, sneg, temperatura, vlažnost, UV-svetloba), kemikalije, ogenj itd., biotični pa glive (trohnenje), bakterije (gnitje vlažnega lesa), insekti, ki napadajo les na prostem in vgrajen les, morski škodljivci ter človek.

Glive

Glive so nižje razvite rastline, ki se prehranjujejo z organskimi substancami drugih organizmov. Glede na vrsto njihovega prehranjevanja lahko glive razdelimo v tri večje skupine: simbiotske glive (nahajajo se v koreninah dreves in z drevesom živijo v sožitju), saprofitske glive (prehranjujejo se z odmrliimi organizmi, npr. vgrajenim lesom) in parazitske glive (napadejo živa drevesa).

Glive sestavljata dva dela: micelij (prehranjevalni del ali podgobje) in goba (razmnoževalni del). Pri nitastih glivah sestavljajo micelij nitaste tvorbe, ki jih imenujemo hife. Celice hif proizvajajo encime, s katerimi glive razkrajajo sestavine lesa, gliva z njimi črpa razkrojke iz lesa, dovaja vodo in se širi iz okuženega v zdrav les. V glavnem pa se glive razmnožujejo s trosi ali sporami. Iz podgobja zraste v ugodnih razmerah goba (trosnjak), ki v času dozoritve sprošča trose v okolico. Na takšen način se razmnožujejo prostotrosnice, ki v lesu razkrajajo celulozo in lignin, zato so eni najhujših lesnih škodljivcev. Zaprtotrosnice, kjer nastajajo trosi v zaprtih mešičkih, v večini ne razkrajajo sestavin celične stene lesa in les le obarvajo (glive modrivke).

Za razvoj (kalivost trosov), rast in življenje gliv je pomembna vrsta dejavnikov. Optimalni pogoji za razvoj gliv so pri lesni vlažnosti od 35 do 60 %, zračni relativni vlažnosti nad 85 % in temperaturi od 20 do 35 °C. Sušenje lesa je učinkovit postopek za uničevanje gliv (s segrevanjem nad 58 °C podgobje zanesljivo uničimo, trosi pa prenesejo tudi kratkotrajne temperature nad 100 °C). Ker glive za dihanje in razkroj lignina potrebujejo kisik, ne morejo živeti v beljavi rastočega in sveže posekanega drevesa, ki je nasičena z vodo (z izpostavljanjem gliv CO₂ ustavimo njihovo rast). Tudi

neposredna sončna svetloba glivam škoduje (z UV-svetilkami lahko uničimo podgobje gliv).

Zaradi razkrojevalnega delovanja gliv se razkrajajo olesenele celične stene lesa, masa lesa, trdnost in elastičnost se zmanjšujejo, spremenita se barva ter vonj lesa.

Glive razkrojevalke, ki napadajo živ les, delimo v skupino gliv, ki povzročajo rjavo trohnobo, in skupino, ki povzročajo belo trohnobo. Povzročiteljice **rjave trohnobe** (bela in siva hišna goba, kletna goba, tramovka, hrastova labirintnica in luskasta nazobčanka) razkrajajo v lesu celulozo. Les se temno obarva in med sušenjem razpada. Rjava trohnoba je značilna za iglavce, v manjši meri se pojavlja tudi pri listavcih. **Bela trohnoba** (štorovka, kresilna goba, jelov koreničnik) je značilnejša za listavce. Povzroča nižanje gostote lesa, njegova trdnost se hitro zmanjšuje, povečuje pa se mu vpojnost. Posebna oblika bele trohnobe je piravost, kjer pride do neenakomernega razkroja lesa (tik ob strohnelem je zdrav les).



Slika 5: Rjava prizmatična trohnoba, posledica delovanja sive hišne gobe

Tudi vgrajen les je izpostavljen najnevarnejšim razkrojevalkam, hišnim gobam (siva in bela hišna goba (slika 5), kletna goba in tramovke). Pojavljajo se v starih ali novih stavbah predvsem tam, kjer je les izpostavljen nabiranju kondenzne vlage oziroma kjer nastopajo za njih ugodne razmere

VRSTA GLIVE	NAHAJALIŠČE	VRSTA LESA, KI GA NAPADA	POGOJI ZA USPEVANJE (temperatura, vlažnost lesa)	NAČIN RAZKROJA
SIVA HIŠNA GOBA	V notranjosti stavb z vlažnim lesom	Predvsem les iglavcev, tudi listavcev	3–26 °C, 30–40 %	Kemično razgradi celulozo
BELA HIŠNA GOBA	Les v stavbah in na prostem	Vlažen les iglavcev, redko listavcev	3–36 °C, 40 %	Kemično razgradi celulozo
KLETNA GOBA	Stavbni les, les na prostem	Les iglavcev in listavcev	3–35 °C, 34–46 %	Kemično razgradi celulozo
TRAMOVKA	Vgrajen ali skladiščen les na prostem	Les iglavcev (predvsem smreke in jelke)	5–36 °C, 40 %	Kemično razkroja pretežno celulozo

Tabela 7: Primerjava hišnih gob

VRSTA LESA, KI GA NAPADA	HIŠNI KOZLIČEK	NAVADNI TRDOGLAV
RAZVOJNI CIKLUS	3–4 leta	2–3 leta
IZLETNE ODPRTINE	6–10 mm (ovalne oblike)	Do 1,5 mm (okrogle oblike)
POGOJI ZA USPEVANJE	Visoka RH in vlažnost lesa okoli 30 %	Nižja T, višja RH, vlažnost lesa okoli 30 %
NAČIN RAZKROJA	Razgradi celulozo, beljakovine	Razgradi celulozo

Tabela 8: Primerjava terciarnih insektov

(zadostna vlaga v lesu, ustrezna temperatura in relativna zračna vlažnost, tabela 7).

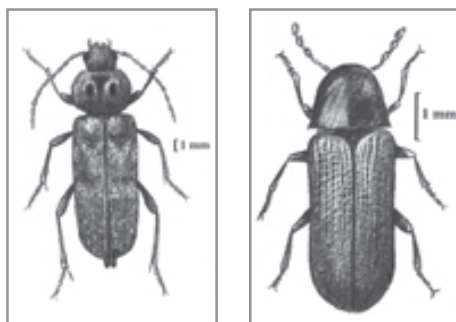
Lesni ali ksilofagni insekti

Lesni insekti (škodljivci) so živali, ki živijo v skupinah. Za večino (razen za termite) je značilno, da poteka njihov razvoj v štirih stopnjah: **jajčece, ličinka, buba in spolno zrel osebek** (imago). Razvoj od prve do zadnje faze lahko traja od nekaj ur do nekaj let, odvisno od vrste insekta in razmer, v katerih se nahajajo. Največ škode na lesu povzročajo ličinke, ki se zavrtajo v les in v njem dolbejo rove. Hranijo se z zdravim lesom ali lesom, okuženim z glivami (npr. glive razgradijo celulozo do stopnje, ko jo lahko zaužijejo ličinke). Na hitrost razvoja ličinke vplivajo vsebnost hranilnih snovi v lesu (celuloza, škrob, beljakovine, hemiceluloze, sladkorji), vlažnost lesa in temperatura okolja.

Lesne insekte razvrščamo v štiri stopnje v odvisnosti od kakovosti in

vlažnosti lesa, v katerem se razvijajo posamezne vrste. **Primarni insekti** se razvijajo in živijo v živem lesu in vanj ne prodirajo globoko (npr. hrastov in topolov kozliček). Nekateri **sekundarni insekti** se prehranjujejo z beljakovinami in škrobom iz ličja, zato živijo pod skorjo, drugi živijo v sožitju z glivami in propadejo, ko les posušimo (progasti lestvičar in hrastov strženar). Pri teh insektih odrasli osebki praviloma zapuščajo posušen les in iščejo sveže posekanega. Ob tem prenašajo v zdrav les tudi glive, ki se razraščajo v njihovih rovih. **Terciarni insekti** so prilagojeni slabim življenjskim razmeram in napadajo les, ki ima zelo nizko vlažnost. So najpogostejši uničevalci suhega vgrajenega lesa pri nas. Terciarni insekti zapustijo les šele takrat, ko ga povsem uničijo. Predstavniki so npr. hišni kozliček (slika 6 a), parketar in navadni trdoglav (tabela 8).

Trdoglavi (slika 6 b) so najpogostejši uničevalci predmetov



(a) (b)

Slika 6: Hišni kozliček (a) in navadni trdoglav (b)

kulturne dediščine. Najraje napadajo les v zatohlih in zaprtih prostorih (kleteh, pritličjih), še posebno od gliv načet les.

Tudi les v vodi napadajo organizmi iz rodu rakov in mehkužcev. Njihovemu delovanju so najbolj izpostavljeni piloti, stopnice, lesene mostne konstrukcije, leseni privezi, ladje itd. Od mehkužcev je najbolj znana ladijska svedrovka, ki temeljito uniči les. Le nekatere tropske vrste lesa so do neke mere zaščitene pred njenim napadom, ker vsebujejo strupene jedrovinske snovi.

8. Opis, lastnosti in uporaba lesa pomembnejših drevesnih vrst

V gozdovih rastejo številne drevesne vrste, od katerih so nekatere bolj, druge manj pomembne v konservatorstvu-restavratorstvu, odvisno od tega, iz lesa katerih drevesnih vrst so izdelani naši predmeti kulturne dediščine. Posamezne lastnosti lesa so lahko celo pri določeni drevesni vrsti zelo različne, zato se opisi posamezne vrste pri različnih avtorjih večkrat razlikujejo. Za konservatorja-restavratorja je poznavanje drevesnih vrst – vsaj tistih, katerih lesove so v zgodovini najpogosteje uporabljali za izdelavo predmetov – zelo pomembno.

Iglavci (slika 7)

a) Iglavci brez obarvane jedrovine (jedrovina se barvno ne loči od beljave)

Smreka

Smrekovina je rumenkasto bele do rdečkasto bele barve, svilnatega sijaja. Branike so izrazite. Les je lahek, trden, elastičen, srednje gost in lahko cepljiv. Ob stiku z vodo, bazami, kisljinami, alkoholom, olji, maščobami, bakrom ali medenino ne pride do obarvanja. Smrekovina se obarva sivkasto ob stiku z železom, železo pa ne korodira. Les se dobro in hitro suši, redko poka in se zvija. Po končanem sušenju je smrekovina dimenzijsko stabilna. Mehansko se dobro obdeluje (tudi struži), izdelamo lahko zelo gladke površine. Težave povzročajo le več smole (smolnice in grče po potrebi »krapamo«). Zmerno dobro se lepi, luži in lakira ter težje impregnira. Resonančna smrekovina je zelo cenjena za izdelavo glasbil.

Jelka

Les jelovine je rumenkasto bele barve, brez sijaja. Branike so izrazite, nima pa smolnih kanalov (nasprotno od smrekovine). Les je lahek, trden, srednje gost, dobro cepljiv, se hitro in dobro suši ter je po končanem sušenju dobro dimenzijsko obstojen. Lahko se predeluje, žeblija in vijači, lepi in površinsko obdeluje. Lažje kot smrekov les se lepi in impregnira. Dobro je odporen proti bazam in kisljinam.

b) Iglavci z obarvano jedrovino (beljava in jedrovina se barvno ločita); **prisotni so smolni kanali; kasni in rani les v braniki se jasno ločita**

Rdeči bor

Borovina ima obarvano jedrovino, ki je rjavordeča, beljava pa je različno široka in rumenkasto bele barve. Meja med branikami je ostra, smolni kanali so številni in jasno vidni. Les je srednje gost, zmerno trd in trden ter se dobro cepi. Sorazmerno hitro se suši, a je nekoliko nagnjen k pokanju. Po sušenju je dimenzijska stabilnost

lesa dobra. Je zmerno odporen proti atmosferilijam (jedrovina trajna, beljava netrajna, a se enostavno impregnira). Les se dobro obdeluje, vrta, skoblja, žeblija in brusi. Luženje, lakiranje in impregniranje lahko otežuje iztekajoča smola (»zamaže« orodja in brusni papir).

Macesen

Beljava macesnovega lesa je rumenkasto bela do rdečkasto bela, jedrovina rdečerjava (na zraku potemni). Branike so izrazite. Macesnovina je srednje gosta, mehka, srednje trdna, elastična in cepljiva. Po končanem sušenju je les zmerno dimenzijsko stabilen (nekoliko nagnjen k pokanju in zvijanju). Precej odporen je proti atmosferilijam in kisljinam ter glivam. Zelo trajen je tudi v vodi. Les se težko žaga, dobro obdeluje, vijači in lepi. Pred luženjem obdelamo površine s sredstvi, ki raztapljajo smolo, ker lahko povzročajo težave. Brusni prah draži sluznico.

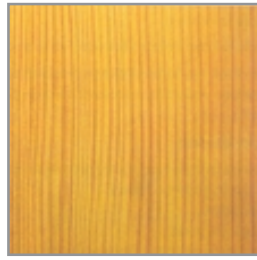
c) Iglavci z obarvano jedrovino (beljava in jedrovina se barvno ločita); **smolni kanali manjkajo**

Tisa

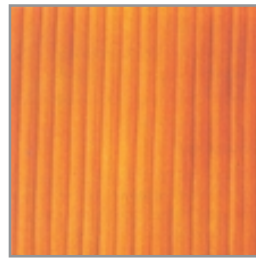
Les tise ima rumenkasto belo beljavo in rumeno- do zlato rjavo jedrovino. Meja med letnicami je razločna, tekstura zelo lepa (letnice so pogosto valovite). Tisovina je eden naših najtrših in najgostejših iglavcev. Dobro in hitro se suši, redkokdaj se krivi in razpoka. Les je odporen proti atmosferilijam in naravno trajen. Mehansko se dobro obdeluje, tudi struži, dobro se lepi in površinsko obdeluje. Lesni prah lahko povzroči dermatitis in vnetje sluznice. Včasih so tisovino uporabljali za intarzije, stružene in rezbarjene izdelke, kot nadomestek za ebenovino (črna lužena), največ pa za loke in samostrele.



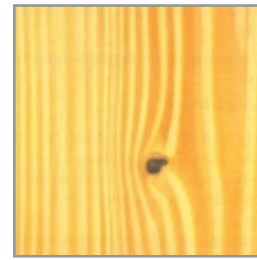
TISA



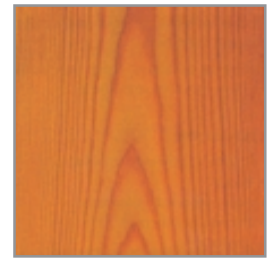
SMREKA



MACESEN



JELKA



RDEČI BOR

Slika 7: Vrste lesa iglavcev

Listavci (slika 8)

Difuznoporozni listavci

a) Vrste z majhnimi, difuzno razporejenimi trahejami in zelo širokimi trakovi, ki v vseh prerezih bistveno vplivajo na videz lesa

Bukev

Bukev ima trd, gost in težak les z različnimi branikami in širokimi trakovi. Les je rdečkasto rjave barve (pri mladem drevesu je les skoraj bel). Rad se krivi in poka (počasno sušenje), a je odporen proti obrabi, cepljiv in zelo plastičen, parjen se dobro upogiba (izdelava ukrivljenega pohišstva). Skobljane površine so motne, se ne svetijo. Bukovina se dobro površinsko obdeluje, lahko reže v furnir, struži, lepi, žeblija in vijači ter obdeluje z raznimi premazi. Med obdelavo bukovine moramo odsesavati lesni prah, saj obstaja utemeljen sum, da povzroča rakava obolenja, bronhialno astmo in vnetja kože.

Jelša

Jelševina nima obarvane jedrovine, ima fino zgradbo in moten lesk, branike niso izrazite. Svež les jelše je oranžkast, na zraku in svetlobi postane rumenkasto rdeč. Les je mehek, srednje gost, srednje trd in trden ter se zmerno krči. Pravilno sušene deske jelševine se malo krivijo, rade pa drobno razpokajo. Les ni odporen proti atmosferilijam, v vodi pa je zelo trajen. Mehansko in površinsko se jelševina dobro obdeluje (lahko jo režemo v furnir, stružimo, rezbarimo), posebno lepo se luži. Lesni prah lahko povzroča dermatitis.

Beli gaber

Les belega gabra je srednje fin, s komaj razločnimi in značilno valovitimi branikami, svetlo sive do rumenkasto bele barve, ki sčasoma porumeni. Les je zelo gost, trd in trden, žilav, odporen proti obrabi, cepljiv in parjen se dobro upogiba. Sušenje gabrovine je težavno in počasno, nagnjena je k pokanju in zvijanju. Les je neodporen proti atmosferilijam, odporen proti razredčenim kislinam in bazam (10 %). Mehansko se težko obdeluje, vendar se dobro struži. Dobro se krivi, lepi in površinsko obdeluje. Skobljane površine se rahlo svetijo.

Javor

Les javora nima obarvane jedrovine, je skoraj bele ali rumenkasto bele barve, ki na zraku in svetlobi kmalu porumeni. Javorovina je fina, ima svilnat lesk in dokaj opazne branike. Je srednje gosta in trda, trdna, žilava in elastična. Les se dobro suši, zmerno krči, nagnjen pa je k pokanju in zvijanju. Les je cenjen zaradi dekorativne teksture. Mehansko in površinsko se dobro obdeluje (lahko se impregnira, beli, luži in lakira), struži in rezbari, dobro se lepi.

b) Vrste z ozkimi do zelo ozkimi trakovi (komaj zaznavnimi s prostim očesom)

Lipa

Na lastnosti lipovine zelo vplivata podnebje in sestava tal (barva in sestava lesa). Branike niso izrazite, les je fin, svilnato sijajen, belkast ali rumenkast. Ima srednjo gostoto, je mehek, srednje trd, precej žilav in

cepljiv, močno se krči. Les počasi oddaja vodo, zato moramo deske počasi sušiti. Dobro se površinsko obdeluje, lepo struži in rezbari, lahko lepi, žeblija in vijači, reže in zgladi se lahko v vseh smereh. Dobro prenaša klimatske spremembe v okolju, le če so prehitre, lahko razpoka.

Topol

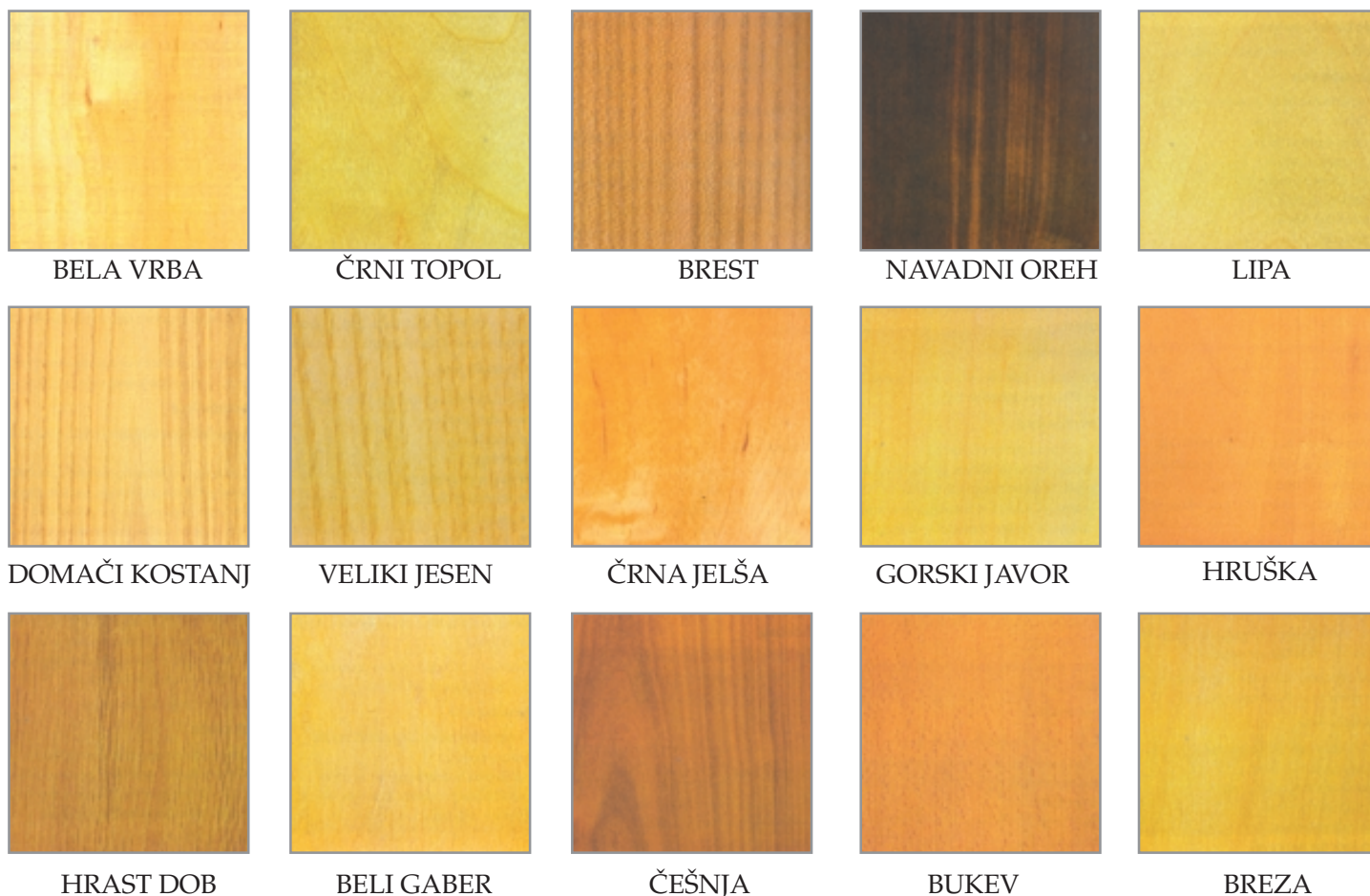
Topolovina je blede sive do rumenkasto bele barve, brez obarvane jedrovine (les na zraku in svetlobi sčasoma porumeni). Tekstura je neizrazita. Les ima nizko gostoto, malo se krči, je mehak, ni trden in ni elastičen. Les je homogen, zato se lahko obdeluje, dobro suši, pogosto pa se krivi. Težje ga gladko obdelamo, saj ostaja površina volnata (zaradi reakcijskega lesa), vendar se dobro luži in lepi.

Breza

Brezovina je bela do rdečkasto bela in z leti močno potemni. Les je fin, s svilnatim sijajem in različnimi branikami, pogosto ima temne lise. Brezovino moramo sušiti počasi, saj je zaradi izmenično zavite rasti nagnjena k pokanju in krivljenju. Ni odporna proti atmosferilijam. Les je trajen pod vodo, je srednje gost, trd in trden ter težko cepljiv. Mehansko in površinsko se dobro obdeluje, struži, krivi, žeblija in lepi.

Hruška

Hruška ima blede siv do rdečkast les, pri starejših drevesih pa se lahko pojavi rjav, tudi vijoličast diskoloriran les. Zaradi temnejšega kasnega lesa so vidne meje med



Slika 8: Vrste lesa listavcev

branikami. Hruškovina je gosta, trda in trdna, žilava in elastična. Po končanem sušenju dobro ohranja obliko v spreminjajoči se klimi. Les se mehansko dobro obdeluje, tudi krivi in rezbari (za lesoreze je hruškovina med najuporabnejšimi), dobro lepi, luži in lakira.

Polvenčastoporozni listavci

Češnja

Jedrovina češnjevega lesa je rdečkasto rjava do rumenordeča. Beljava je ozka in nekoliko svetlejša. Traheje majhne, posamezne brez lupe nerazločne. Les na zraku močno potemni. Letnice so razločne. Češnjevine se dobro in hitro suši, a je nagnjena k pokanju in zvijanju. Po sušenju ima zadovoljivo dimenzijsko stabilnost. Ima srednjo gostoto, trdoto in trdnost. Dobro se mehansko in površinsko obdeluje (luži, lakira,

polira), tudi struži, rezbari in krivi. Ob stiku z bazami rahlo potemni, v stiku s kovinami pa pride do obarvanja.

Oreh

Les oreha ima obarvano jedrovino. Beljava je široka in sivorjava, barva črnjave pa je odvisna od starosti drevesa in rastišča (sivo do temno rjava, pogosto s skoraj črnimi progami in motnim sijajem). Branike niso izrazite. Traheje velike, dobro vidne brez lupe. Orehovina je srednje gosta, trda in trdna, plastična in upogljiva. Po končanem sušenju je dimenzijsko stabilna in dobro ohranja obliko v spreminjajoči se klimi. Mehansko se dobro obdeluje, struži, rezbari in krivi. Lepo se lepi, luži in polira na visok sijaj. Alkalije v lepilih lahko povzročijo lise (reakcija s čreslovinami v lesu).

Venčastoporozni listavci

a) Z obarvano jedrovino

Hrast (dob, graden)

Hrastovina se razlikuje po barvi. Beljava je ozka in rumenkasto bela ter se ostro loči od rumenkasto rjave jedrovine. Na svetlobi potemni do svetlo oz. temno rjave barve. Letnice so izrazite. Les je zelo gost, trden in trd, zelo elastičen in cepljiv. Jedrovina, ki vsebuje veliko čreslovine, je zelo odporna in trajna. Les je dobro odporen tudi proti lesnim škodljivcem. Pri sušenju se hrastovina različno krči (pojavljajo se ukrivljanja in razpoke), zato kakovost desk močno izboljšamo z dolgotrajnim, počasnim sušenjem. Hrastovina se dobro obdeluje z različnimi premazi (luži, lakira), dobro lepi (pri uporabi alkalnih lepil se občasno pojavljajo madeži), skoblja in rezka. Med obdelavo hrastovine moramo odsesavati lesni

prah, saj obstaja utemeljen sum, da povzroča rakava obolenja, astmo in dermatitis.

Domači kostanj

Les domačega kostanja ima obarvano jedrovino. Beljava je ozka in rumenkasto bele barve, črnjava pa je rumenkasto rjava in na zraku in svetlobi potemni (les je podoben hrastovini, vendar se loči po zelo ozkih trakovih). Branike so izrazite. Les je srednje gost, trd in trden. Kostanjevino sušimo počasi, saj se zelo rada krivi in poka. Mehansko se dobro obdeluje, posebno dobro se cepi, struži in rezbari, dobro se lepi in površinsko obdeluje, žeblija in vijachi, slabo se upogiba. Ob stiku s kovino lahko pride do obarvanja. Lesni prah lahko povzroča dermatitis.

Brest

Les bresta ima obarvano jedrovino in moten sijaj. Branike so razločne, na radialnem prerezu so vidne temne »lise« (svetleča, svetlo rjava mesta na svetlejši podlagi), ki so vzdolžno prerezani trakovi. Brestovina je srednje gosta, srednje trda in trdna, elastična in težko cepljiva. Ima značilen vonj. Sušimo jo počasi, ker je nagnjena k pokanju, hitro pa reagira tudi na zelo majhno spremembo relativne vlažnosti zraka in temperature. Les se dobro obdeluje, struži in rezbari, lepi, luži in lakira; parjen se lahko krivi. Dobro se obdeluje z voski in olji ter dobro polira. Težje se žaga, žeblija in vijachi.

b) Z diskoloriranim lesom

Jesen

Les jesena ima obarvano jedrovino. Beljava je široka in rumenkasto bela, črnjava svetlo rjava. Les ima izrazite branike, pore ranega lesa so velike in vidne, včasih se pojavlja valovita tekstura in ima naravno bleščečo barvo. Jesenovina je gosta, se zmerno krči, je trda, trdna in težko cepljiva. Po končanem počasnem sušenju je les dimenzijsko



MAHAGONI



PALISANDER



TIK



EBEN

Slika 9: Tuje drevesne vrste

stabilen. Dobro se mehansko in površinsko obdeluje, struži in rezbari, parjen se lahko krivi, dobro luži in lepi.

8.3 Tuje drevesne vrste (slika 9)

Mahagoni

Les pravega mahagonija (tropski gozdovi Srednje in Južne Amerike) ima belkasto do svetlo rumeno beljavo in svetlo rdečo ali rdečerjavo jedrovino. Na zraku in svetlobi hitro potemni. Branike niso izrazite, tekstura je lepa in sijajna. Les je srednje gost, se malo krči, je srednje trd, trden in zelo trajen. Mehansko in površinsko se dobro obdeluje, žeblija in vijachi. Alkalna lepila lahko povzročajo na površini madeže.

Palisander

Palisandrovina (brazilska) ima svetlo rumeno beljavo in vijoličasto ali čokoladno rjavo jedrovino. Branike niso izrazite, tekstura je črtasta in fina. Les diši po vrtnicah, zato ga pogosto imenujejo tudi rožnati les. Les je gost in trd, trden in cepljiv, minimalno se krči in nabreka ter ima veliko trajnost. Lepo se obdeluje, brusi, struži in lakira.

Tik

Beljava tikovine je belkasta ali rumenkasto rjava, jedrovina zlato rumena, ki na zraku potemni in postane temno rjava ali celo črna. Pogosto ima nepravilno teksturo, branike so izrazite. Na radialnem prerezu ima les sijaj. Tikovina je srednje gosti les, srednje trd in trden, se malo krči in slabo cepi, je zelo trajen. Dobro se mehansko obdeluje, reže, lušči in struži. Slabše

se lepi, saj vsebuje veliko količino mastnih olj. Tikovina je po lastnostih podobna naši hrastovini, zato jo včasih imenujejo indijski hrast.

Eben

Domovina prave ebenovine so Indija, Cejlon in Sumatra. Ločimo rjavo in črno ebenovino. Njena beljava je sivkasta, jedrovina pa smolnato črne barve. Tekstura ni izrazita, traheje pa so v vzdolžnem prerezu vidne kot nežne svetle proge. Les ebenovine je trd, trden in gost, se malo krči, je cepljiv in trajen. Težko se mehansko obdeluje.

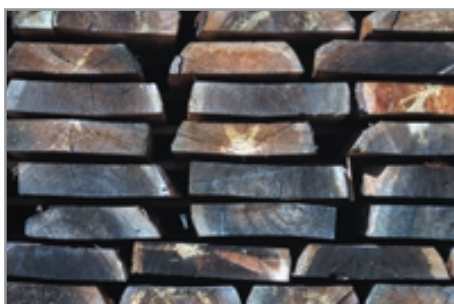
Seveda je lesove različnih drevesnih vrst težko spoznati samo po opisu in sliki, saj je kar precej lesov, ki so si zelo podobni. Najenostavneje je, da si počasi sami ustvarjamo lastno **ksiloteko** masivnega lesa. Drobne ploščice z oznakami lesa so nujen pripomoček knjig, saj ni dovolj, da les le vidimo, moramo ga tudi otipati in včasih poduhati.

9. Tehnologija predelave in obdelave lesa

Les kot surovino predelujemo in obdelujemo s številnimi postopki in načini v različne polizdelke ter končne izdelke. Predelujemo in obdelujemo ga lahko ročno, z ročnimi strojčki ali strojno.

Predelava lesa

Razžagovanje hlodovine je prva osnovna mehanska obdelava lesa, opravljamo pa jo v žagarskih obratih (pogosto govorimo o primarni predelavi lesa). Z izrazom »**žagan les**« označujemo različne polizdelke (izdelke), ki jih dobimo z razžagovanjem hlodovine različnih



Slika 10: Skladovnica desk

drevesnih vrst (slika 10). Način žaganja določajo dimenzije in kakovost hlodov ter vrsta izdelkov, ki jih želimo dobiti. Žagarske proizvode razvrščamo v skupine za različne namene (deske, plohe, tramove, letve itd.), ločimo pa jih tudi po teksturi, legi srca in kakovosti žaganih izdelkov.

Pri žaganju je zelo pomembno, da vemo, kako se bo les krčil med procesom sušenja. Sušenje bo povzročalo spremembe v obliki žaganic (glejte skico 15). Približno, a zelo uporabno pravilo pravi, da se mora les pred nadaljnji postopki obdelave sušiti za vsaka 2 cm debeline pri iglavcih 1 leto in pri listavcih 2 leti.

Hlodovino namenjamo tudi za izdelavo **furnirja** (slika 11). Za rezan furnir uporabljamo hlodovino, pri kateri izkoriščamo lepote lastnosti lesa (predvsem barvo in teksturo), za luščen furnir pa hlodovino, pri kateri izkoriščamo zlasti mehanske lastnosti lesa (furnir za izdelavo različnih vezanih plošč). Glavna razlika med obema vrstama je v tem, da hlodovina za luščenje sme imeti določene napake v srcu, hlodovina za rezanje pa ne. Les lahko režemo ali luščimo v tanke liste le, če je dovolj plastičen. Zadostno plastičnost dosežemo s hidrotermično obdelavo lesa (ga segrevamo, parimo in kuhamo). Debelina furnirja je odvisna od drevesne vrste, tehnike izdelave in načina uporabe. Najpogosteje se giblje v mejah od 0,5 do 8 mm.



Slika 11: Furnirji

Plemenite furnirje (za furniranje lesnih plošč, izdelavo intarzij itd.) proizvajamo v debelinah od 0,5 do 1,0 mm, furnir za plošče pa običajno luščimo v debelinah od 1,0 do 4,0 mm. Plemeniti (rezan) furnir sušimo na končno vlago 8 do 12 %, slepi (luščen) pa na 6 do 8 %. Furnirji mnogih drevesnih vrst med sušenjem postanejo valoviti, zato jih zlagamo v pakete in obtežimo. Posameznim listom furnirja se tako izenači vlažnost, napetosti popustijo in listi se zravnavajo. Furnir skladiščimo v zatemnjenih prostorih, v katerih lahko uravnavamo temperaturo in vlago zraka. Le tako ne bo spremenil barve, hkrati pa bo vlažnost furnirnih plošč uravnana na vlažnost lesne plošče ali predmeta, ki ga želimo furnirati.

Marsikaterega področja človekove dejavnosti si ne moremo zamisliti brez najrazličnejših **lesnih plošč**. Njihovo izdelavo je omogočil razvoj kakovostnih lepil, najprej naravnih (živalskega izvora), pozneje sintetičnih. Postopoma so na tržišče prihajale plošče z izboljšanimi mehanskimi lastnostmi, plošče, pri katerih je krčenje in nabrekanje zanemarljivo majhno, ter vsestransko uporabne plošče, ki jih proizvajamo iz lesnih ostankov in manj kakovostnega lesa. Na odpornost plošč proti vlagi vpliva vrsta uporabljenega lepila, zato jih lahko proizvajamo kot navadne ali odporne proti vlagi. Lesne plošče lahko razdelimo v štiri osnovne skupine: **vezane plošče** (furnirne,

mizarske plošče, plošče iz masivnega lesa, opažne, sataste in posebne plošče), **slojnat les** (furnirni les, lepljeni profili za stavbno pohištvo, lepljeni nosilci iz masivnega lesa), **vlaknene plošče** (različnih gostot) in **iverne plošče**. Furnirne plošče imajo izenačeno trdnost v prečni in vzdolžni smeri, delovanje lesa je zanemarljivo, pri vijachenju in žebljanju ob robovih ne pokajo, dobro se obdelujejo in krivijo. Mizarske plošče so dimenzijsko stabilne in imajo dobre mehanske lastnosti (visoka upogibna trdnost). Lepo se obdelujejo, lepijo in površinsko jih lahko oplemenitimo z različnimi materiali. Plošče iz masivnega lesa uporabljamo za različne mizarske izdelke. Proizvajamo jih iz lesa iglavcev in listavcev kot enoslojne, troslojne in petslojne plošče. Enostavno se obdelujejo, zagotavljajo dimenzijsko stabilnost izdelkov, površinsko jih lahko oplemenitimo na različne načine. Furniran slojnat les praviloma proizvajamo iz bukovih furnirjev debeline 0,5 do 1,5 mm. Ima izredno dobre mehanske lastnosti, uporabljamo pa ga predvsem za izdelavo upognjenega sedežnega pohištva.

Mehanska obdelava lesa

Osnovni postopek obdelave je **odrezovanje lesa**, s katerim spreminjamo obliko obdelovanca. Rezalno orodje, ki ima obliko klina, prodira v material in od začetnega kosa odstrani posamezne delce tako, da dobimo zeleno obliko,



Slika 12: Žage (vbodna, vibracijska, tračna)

dimenzije in gladkost površine obdelovanca.

Les obdelujemo z različnimi postopki: **žaganje, skobljanje, rezanje, vrтанje, dolbenje, struženje in brušenje**. Ob naštetih poznamo še mnoge druge (ali podobne) načine obdelave lesa in lesarskih (pol)proizvodov. Zaradi nenehnega tehnološkega razvoja rezalnih orodij in postopkov zahteva obdelava lesa vedno nove pristope k izdelavi polizdelkov in izdelkov iz lesa.

Za prerezovanje lesa, zarezovanje, rogljičenje, grebenjenje, izrezovanje itd. uporabljamo **žage** (slika 12) različnih konstrukcij in oblik. Po konstrukciji delimo ročne žage v: proste žage (lisičji rep in žaga luknjarica), napete žage (mizarska žaga za vzdolžni in prečni rez, obrezovalka, izrezovalka) in ojačene žage (žaga grebenica, mali in srednje veliki lisičji rep ter žaga za razrez furnirja). Z električno ročno krožno žago žagamo deske, letve in razrezujemo vse vrste plošč. Pri razrezovanju plošč si pomagamo tudi z vodili. Ploščo žage lahko predstavljamo do nagiba 45°, ponekod celo do 60°, prav tako pa je nastavljiva tudi globina reza. Pri našem delu uporabljamo za oblikovno žaganje tudi tračne žage.

S **skobljiči** odvezamo tanke plasti lesa, s čimer les poravnavamo, zgladimo in oblikujemo. Za različna skobljanja uporabljamo primerne skobljiče (na primer za poravnavanje uporabljamo



spahalnik). Poznamo več vrst ročnih skobljičev: kosmač, spahalnik, dvoreznik, venčenjak, utornik itd. Strojno skobljamo les na različnih strojih. Električni ročni skobljič je primeren za skobljanje ožjih površin (robov, brazd). Nadomešča lahko tudi mali poravnalni skobeljni stroj, če ga vpnemo v delovno (kombinirano) mizo. Les skobljamo tudi na stroju za poravnavanje ali poravnalniku (les enostransko poravnamo) in na debelinskem skobeljnem stroju ali debelinki (les odkobljamo po debelini in širini).

Tako brazde, utore ter razne druge profile kakor tudi zarezovanje in čepljenje lahko opravljamo na miznem **rezkalnem stroju**. Rezkamo lahko ravne (vzdolžno ob vodilnem prislonu in čelno s sanmi) in tudi zaokrožene obdelovance (s šablono). Pri miznem rezkalnem stroju se njegova gred, ki je vertikalno vstavljena v sredini mizne plošče, lahko dviga, spušča in nagiba. V delovno vreteno so vstavljeni rezkalni trni, ki so lahko različnih oblik. Na nadmiznem rezkalnem stroju lahko v les izdelujemo utore, izrezujemo izdolbitve vseh oblik in poglobitve za okovja. Tudi z ročnim rezkalnim strojem lahko utorimo, izrezujemo, profiliramo in opravimo še druga rezkanja lesa ali plošč.

Ročna globinska obdelava lesa je **vrтанje in dolbenje**. Vrtamo in dolbemo lahko z ročnimi ali električnim vrtalnikom. Pri tem uporabljamo namenske svadre za les. Pri ročnem delu uporabljamo za



dolbenje še dleta, dolbila in žlebila (slika 13).

Kadar obdelava lesa s skobljičem ni več primerna (je pregroba, oblika obdelovanca ima drugačne zahteve), na lesni površini opravljamo **brusilne postopke**. Pomagamo si z ročnim brusilnim orodjem (strgalnik, strgulja, rašple ali pile za les) in brusnim papirjem ali z ročnimi električnimi brusilniki (tračni, vibracijski ali kotni brusilnik).

Predvsem pri ročni obdelavi lesa potrebujemo pri delu še vrsto različnega orodja in pripomočkov, kot so mizarske mize, merilni pripomočki (metri, ravnila, kotniki), svore, kladiva, klešče, čopiče, lopatice itd.

Toplotna obdelava lesa

K toplotnim obdelavam lesa štejemo tehnično sušenje lesa (v sušilnicah različnih konstrukcij) ter parjenje in krivljenje lesa. Za naše delo sta pomembni predvsem zadnji dve omenjeni toplotni obdelavi.

Parjenje lesa opravljamo z različnimi nameni, predvsem da dosežemo barvne spremembe,



Slika 13: Dleta in leseno kladivo

opravimo sterilizacijo in povečamo plastičnost lesa. Barvni ton lesa določamo s parjenjem le-tega z nasičeno paro pri temperaturi 100 °C. Pri tem se les kemično spreminja (dosežemo barvno spremembo lignina). Najpogosteje parimo bukov žagan les, da izenačimo barvo rdečega srca (po šesturnem parjenju postane bukovina rdečkasta, po celodnevem pa rdeča). Da uničimo glive, jajčeca in ličinke insektov, les steriliziramo, vendar so rezultati odvisni od drevesne vrste in vrste škodljivcev. Nekaterne spore gliv namreč prenesejo zelo visoke temperature. Najpogosteje les parimo zato, da ga omehčamo. Pri obdelavi lesa z nasičeno paro pri povišani temperaturi pride do večjega padca tlačne trdnosti in elastičnosti, večja pa se plastičnost lesa. To lastnost izkoriščamo v proizvodnji furnirja in pri krivljenju lesa.

Krivljenje lesa spada med najzahtevnejše tehnološke obdelave lesa, zahteva dobro poznavanje zgradbe in mehanskih lastnosti lesa ter veliko praktičnega znanja. Za krivljenje ne moremo uporabljati lesa vseh drevesnih vrst, saj nimajo ustreznih lastnosti. Najpogosteje uporabljamo bukov, hrastov, jesenov in javorov les. Krivljenje lesa je odvisno od dopustnih tlačnih in nateznih napetosti, ki jih les lahko prenese, krivino pa po prenehanju delovanja zunanje sile trajno obdrži. Suh les lahko preoblikujemo v manjši meri kot parjen les (ta prenese do 10-krat večje tlačne deformacije). Način

krivljenja lesa je odvisen od oblike ukrivljenca in uporabljene opreme, osnovni princip pa je vedno enak: omehčan les ovijamo okoli ustrezne šablone (kalupa). Pri tem je zelo pomembna zgornja meja vlažnosti lesa, ki ne sme biti višja od 30 %. Pri višji vlažnosti je namreč potrebna večja sila za krivljenje, podaljšuje se čas sušenja in s tem tudi možnost nastanka različnih napak. Že Mihael Thonet (1796–1871) je ugotovil, da lom lesa preprečimo tako, da parjen les vpnemo med dva naslona v jekleni trak, ki se po vsej dolžini tesno prilega lesnemu obdelovancu. Natezne trdnosti prevzame jekleni trak, naslona pa preprečujeta raztezanje lesa prek 2 %. Krivljenec bo novo obliko obdržal le, če ga v prisiljeni legi posušimo na končno vlažnost, običajno na 6 do 8 % vlažnost lesa.

10. Zaključek

Obdelava lesa, predvsem v konservatorsko-restavratorski stroki, je zanimivo, prijetno in hkrati zelo zahtevno delo. Zgolj teoretično znanje ni dovolj, potrebna je obilica praktičnega znanja in izkušenj, predvsem iz obdelave z ročnim orodjem in obdelave na strojih, poznavanja materialov, lesnih in tistih za obdelavo lesa. Ker je v tem razdelku praktično nemogoče podrobneje predstaviti vse postopke obdelave lesa in za to potrebnega orodja in strojev (materiali so predstavljeni v petem poglavju priročnika), lahko opise posameznih metod dela in za to potrebnih pripomočkov in strojev najdete v navedeni literaturi na koncu poglavja.

11. Literatura

1. Daniel Alcouffe, *Möbel*. Berlin, 1977.
2. Kevin Jan Bonner, *Furniture restoration*. East Sussex, 1998.
3. Metka Čermak, *Tehnologija lesa 1*.

Moravče, 1998.

4. Metka Čermak, *Furnirji in plošče*. Ljubljana, 2001.
5. Katarina Čufar, *Anatomija lesa, nerecenzirano študijsko gradivo za leto 2002-2003*. Ljubljana, 2002.
6. Katarina Čufar, *Opisi lesnih vrst*. Ljubljana, 2001.
7. Mirko Geršak, Vincenc Velušček, *Sušenje lesa*. Ljubljana 2003.
8. Željko Gorišek, Mirko Geršak, Vinko Velušček, Tomislav Čop, Ciril Mrak, *Sušenje lesa, Priročnik za pouk in delo*. Ljubljana, 1994.
9. Andrej Grošel, Bojan Kovačič, Metka Čermak, Mirko Geršak, *Tehnologija lesa 2*. Ljubljana, 2001.
10. Andrej Grošel, *Tehnologija delovnih procesov 1*. Ljubljana 1994.
11. Stana Hočevar, *Hišne gobe*. Ljubljana 1975.
12. Bojan Kovačič, Metka Čermak, *Tehnologija lesa 3*. Ljubljana, 2001.
13. Herman Kühn, *Erhaltung und Pflege von Kunstwerken*. München, 2001.
14. Anton Likavec, *Tehnologija obdelave v lesarstvu*. Ljubljana 1993.
15. Jože Mlakar, *Dendrologija, Drevesa in grmi Slovenije*. Ljubljana, 1985.
16. Eva Pascual Miro, Mireia Patiò Coll, Ana Ruiz de Conejo Vilorio, *Furniture restoration and renovation*. Barcelona, 2001.
17. David Pinniger, *Insect pests in museums*. London, 1994.
18. Jožica Polanc, Irena Leban, *Les – zgradba in lastnosti*. Ljubljana, 2004.
19. Shayne Rivers, Nick Umney, *Conservation of furniture*. Oxford, 2003.

20. Mitja Tavčar, *Les in njegovi sopotniki*. Ljubljana, 1967.

21. Niko Torelli, *Les in skorja, Slovar strokovnih izrazov*. Ljubljana, 1990.

22. Rudi Wagenführ, *Anatomie des Holzes*. Leipzig, 1988.

Viri in avtorji fotografij in skic

Fotografije 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13: Irena Porekar Kacafura

Fotografija 5: iz knjige Stana Hočevar; *Hišne gobe*, Ljubljana 1975

Fotografija 6: iz knjige Davig Pinniger; *Insect pests in museums*, London 1994

Skici 1, 15: izrisala Irena Porekar Kacafura po predlogi iz internetne strani <http://ro.zrsss.si/čpuncer/les/les1.htm>

Skice 2, 5, 14: izrisal Bojan Nedok po predlogi iz knjige Jožica Polanc, Irena Leban; *Les – zgradba in lastnosti*, Ljubljana 2004

Skice 3, 6, 8, 9, 13: izrisala Irena Porekar Kacafura po predlogi iz knjige Jožica Polanc, Irena Leban; *Les – zgradba in lastnosti*, Ljubljana 2004

Skica 4: izrisala Irena Porekar Kacafura po predlogi iz knjige Željko Gorišek, Mirko Geršak, Vinko Velušček, Tomislav Čop, Ciril

Mrak; *Sušenje lesa, Priročnik za pouk in delo*, Ljubljana 1994

Skica 7: izrisal Bojan Nedok po predlogi iz knjige Katarina Čufar; *Anatomija lesa*, nerecenzirano študijsko gradivo za leto 2002 – 2003, Ljubljana 2002

Skice 10, 11, 12: izrisala Irena Porekar Kacafura po predlogi iz knjige Katarina Čufar; *Anatomija lesa*, nerecenzirano študijsko gradivo za leto 2002 – 2003, Ljubljana 2002