

Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa

RDEČI BOR (*Pinus sylvestris* L.) in ČRNI BOR (*Pinus nigra* Arnold.)

dr. Jožica Gričar (jozica.gricar@gozdis.si), dr. Peter Prislan (peter.prislan@gozdis.si)
Gozdarski inštitut Slovenije

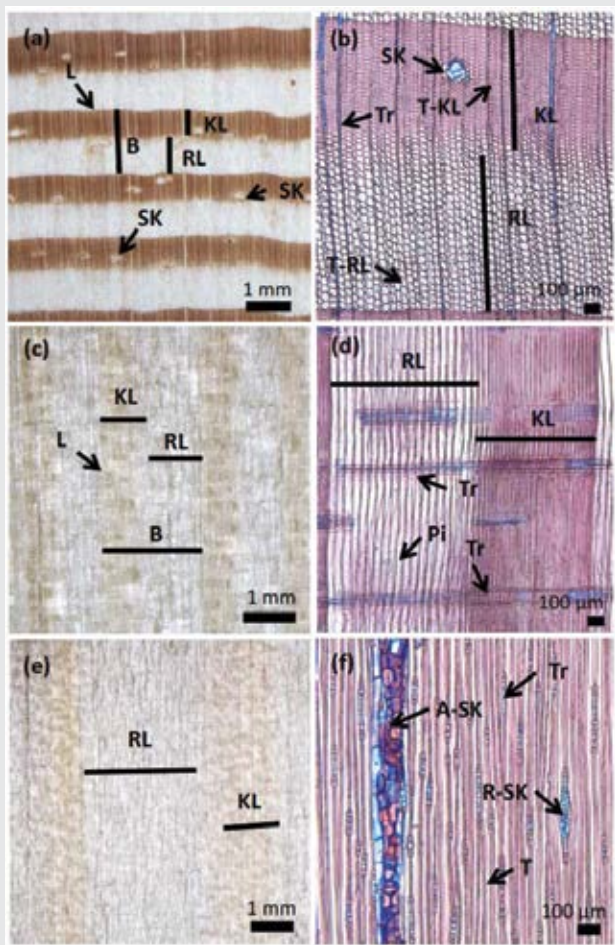
Bori predstavljajo okoli 5,5 % slovenske lesne zaloge. V Sloveniji sta najpogostejši in gospodarsko najpomembnejši vrsti rdeči (*Pinus sylvestris* L.) in črni bor (*Pinus nigra* Arnold.), prisotni pa so še: rušje ali ruševje (*Pinus mugo* Turra), munika ali bosanski bor (*Pinus heldreichii* Christ, sin. *P. leucodermis* Ant.) in sredozemski bori: alepski bor (*P. halepensis* Mill.), pinijski (*P. pinea* L.) in obmorski bor (*P. pinaster* Ait.). Poleg naštetih v Sloveniji rastejo petigličasti bori: cemprin (*P. cembra* L.), molika (*P. peuce* Griseb.) in zeleni bor (*P. strobus* L.). Ker se gostota in posledično mehanske lastnosti pri borih precej razlikujejo, jih nekateri avtorji delijo v dve skupini: trdi bori z značilnimi predstavniki: *P. taeda*, *P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliotii* in *P. caribaea* (gostota absolutno suhega lesa $r_0 = 520\text{--}700\text{ kg/m}^3$) ter mehki bori z značilnimi predstavniki: *P. cembra*, *P. strobus*, *P. lambertiana*, *P. monticola* in *P. sibirica* ($r_0 = 350\text{--}500\text{ kg/m}^3$). Gostota rdečega in črnega bora je v povprečju med obema omenjenima skupinama, $r_0 = 500\text{--}550\text{ kg/m}^3$, zato ju bomo v prispevku obravnavali skupaj. Od naših vrst sta gospodarsko zanimivi še zeleni bor in cemprin, ki spadata v skupino mehkih borov, zato ju bomo skupaj predstavili v enem od naslednjih prispevkov.

Rdeči bor je pionirska vrsta, ki se brez težav obnavlja po večjih naravnih ali antropogenih motnjah, če sta le tekmovalna moč plevela in objedanje zanemarljiva. Uspeva tudi v podnebju, ki ni optimalno za njegovo rast in razvoj. Predvsem raste na revnih, peščenih tleh, razkritih skalah, šotiščih ali v bližini gozdne meje. Na rodovitnih tleh ga prehitijo druge drevesne vrste. V Sloveniji je v letu 2018 rdeči bor zavzemal 3,9 % ($13\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$) lesne zaloge. Večina podvrst črnega bora (*Pinus nigra* Arnold.) raste v mediteranskem podnebju, razen *P. nigra* subsp. *nigra*, ki raste v bolj zmernem podnebju. V Sloveniji je črni bor naravno razširjen le na nekoliko bolj ali manj apnenčastih, skalovitih, težko dostopnih in ponekod prepadnih toplih rastiščih, kjer raste skupaj z nekaterimi termofilnimi ilirsko-mediteranskimi vrstami. V submediteranskem območju (Slovensko Primorje, Kras), kjer ga je največ, ni samonikel, temveč so površine pogozdili v drugi polovici 19. in začetku 20. stoletja. Kljub veliki požarni ogroženosti

nasadov in slabemu priraščanju se je izkazal kot zelo primerna vrsta za melioracijo kraških goličav, saj zmanjšuje učinke burje in z odpadlimi iglicami bogati tla. V letu 2018 je bila lesna zaloga črnega bora $1,6\%$ ($5,2\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$).

Bori so izpostavljeni številnim škodljivcem in boleznim; najpogostejši vzrok za posek je bela trohnoba korenin. Na črnih borih v zadnjih letih beležimo pojav borove penarice (*Haematoloma dorsata*), male borove zapredkarice (*Acantholyda hieroglyphica*) na sadikah črnega bora in rdeča pegavost borovih iglic (*Dothistroma septosporum* in *D. pini*) na črnem boru. Posledica so lahko sanitarni poseki sušičih se oz. oslabelih dreves.

Les rdečega bora in črnega bora je zmerno trd in srednje gostote. Krčenje in nabrekanje sta zmerna, vendar večja kot pri smrekovini, les je manj nagnjen k zvijanju. Primeren je za žaganje, skobljanje, vrtnanje in brušenje. Les z ožjim prehodom med ranim in kasnim lesom je nekoliko težje obdelovati; obilna smola se lahko lepi na orodja in dele strojev. Pri sušenju je treba upoštevati prisotnost smole (sušenje pri nižjih temperaturah), ravno tako pri površinski obdelavi, kjer jo je treba pred lakiranjem ali luženjem odstraniti. Trdnost se precej spreminja z gostoto. Je zmerno odporen proti vremenskim vplivom. Jedrovina je dokaj trajna, beljava pa netrajna, vendar ga je mogoče z lahkoto impregnirati. Po standardu SIST EN 350-2 je les borov uvrščen v 3. ali 4. trajnostni razred. Beljava je nagnjena k okužbi z glivami modrivkama. Pomodrel les je bolj higroskopičen od normalnega, kar povečuje nevarnost nadaljnje okužbe. Vlaga izpostavljen les je treba zaščititi s fungicidi. Borovina je naprodaj predvsem kot žagan les, občasno tudi kot luščen in rezan furnir. Borovino uporabljamo za pohištvo, notranjo opremo, pode, parket, stenske in stropne obloge, embalažo, na prostem pa predvsem za stenske obloge, balkone, ograje, okna in vrata. Poleg tega je pomemben surovinski vir za številne lesne kompozite (npr. vezan les, vlaknene in iverne plošče), za kemično predelavo in v papirni industriji. Skorja in iglice so vir terpentina in eteričnih olj. V preteklosti so obe vrsti uporabljali za smolarjenje – tj. pridobivanje smole iz debel dreves v času rastne sezone.



Slika 1: Makroskopska (a, c, e) in mikroskopska (b, d, f) zgradba lesa rdečega bora: (a) prečni prerez z različnimi letnimi prirastnimi plastmi ali branikami (B). Letnice (L) so različne. Prehod iz ranega (RL) v kasni les (KL) je oster. Smolni kanali (SK) so veliki in vidni s prostim očesom. (b) Pod mikroskopom so opazne traheide ranega (T-RL) in kasnega lesa (T-KL) ter enoredni trak (Tr). Smolni kanal (SK) obdajajo tankostene epitelne celice. (c) Radialni prerez z menjajočimi plastmi svetlejšega ranega lesa in temnejšega kasnega. (d) Pod mikroskopom lahko na radialnem prerezu opazimo heterocelularni trak, ki je sestavljen iz trakovnih parenhimskih celic in trakovnih traheid. (e) Na tangencialnem prerezu so vidni pasovi ranega in kasnega lesa. (f) Pod mikroskopom so dobro vidna vretena enorednega heterocelularnega traku (Tr) in aksialni (A-SK) ter radialni smolni kanal (R-SK) (Foto: G. Skoberne, P. Prisan).

MAKROSKOPSKI OPIS LESA

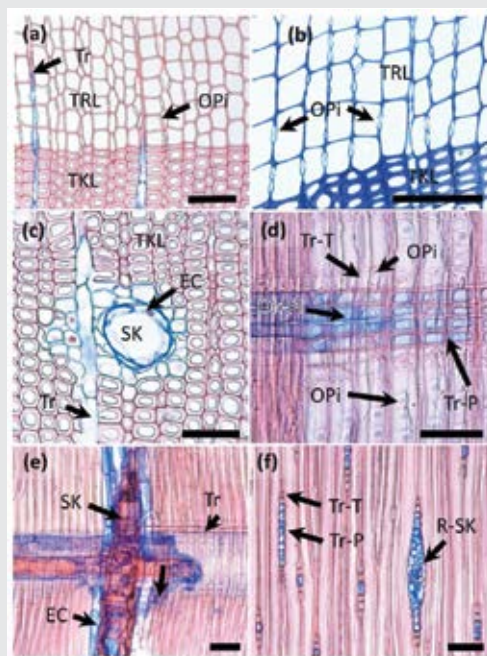
Za rdeči in črni bor je značilna obarvana jedrovina, ki je sveža rdečkasto rumene barve, pozneje pa potemni do rjavkaste oziroma rdečerjave barve. Beljava je navadno široka (od 5 do 10 cm) in rumenkastobelega do rdečkastobelega barve. Sveža beljava je nagnjena k okužbi z glivami modrivkami; takrat postane modrikaste oziroma sivkaste barve. Letnice med branikami so različne, kasni les je temno obarvan. Prehod iz ranega v kasni les je bodisi postopen ali oster. Smolni kanali so številni in različni, vidni tudi s prostim očesom. Svež les je prijetnega vonja.

MIKROSKOPSKI OPIS LESA

Za les rdečega in črnega bora so značilne različne branike z jasnim prehodom iz ranega v kasni les. Večino lesnega tkiva predstavljajo aksialne traheide, ki opravljajo svojo funkcijo (tj. prevajanje

vode in mehanska opora) kot mrtve celice. V lesu so normalni aksialni in radialni smolni kanali s tankostenimi epitelnimi celicami, ki so skupaj tvorijo omrežje. Celične stene traheid nimajo helikalnih ali spiralnih odebelitev. Obokane piknje, ki povezujejo sosednje traheide med seboj, so praviloma v enojnih nizih (radialni prerez). Trakovno tkivo je heterocelularno, tj. sestavljeno iz parenhimskih celic, ki jih na zunanji strani obdajajo trakovne traheide. Posamezni pasovi trakovnih traheid se lahko pojavijo tudi med pasovi parenhimskih celic. V križnih poljih, ki povezujejo aksialne traheide in parenhimske celice, so 1–3 velike oknaste piknje. Trakovne traheide so redno prisotne in nazobljene. Horizontalne (prečne) stene trakovnih parenhimskih celic so tanke in brez pikenj. Indenture so prisotne. Indentura je značilna za iglavce; to so ozki utori v prečni steni trakovne parenhimske celice vzdolž stika s tangencialno (končno) steno. V radialnem prerezu je indentura videti kot vgreznina v prečni steni, kjer se začne tangencialna stena.



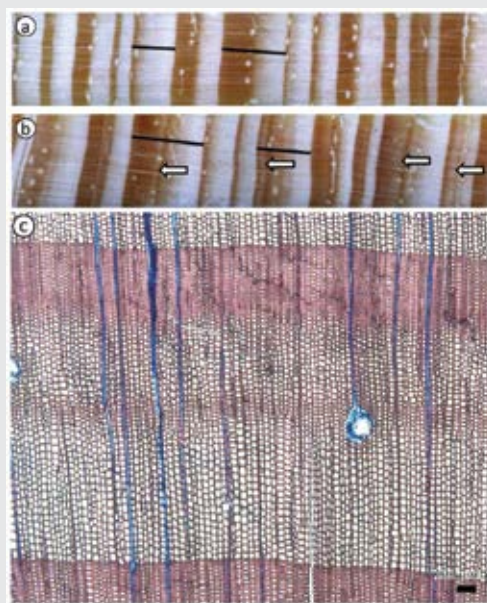


Slika 2: Mikroskopska zgradba lesa rdečega in črnega bora. Rdeči in črni bor se mikroskopsko ne razlikujeta. (a) Na prečnem prerezu viden trak (Tr) ter traheide kasnega (TKL) in ranega (TRL) lesa. (b) V radialnih stenah traheid ranega lesa so dobro vidne obokane piknje (OPi) s pikenjsko odprtino (porusom) in kamrico, v kateri je lečasto odebeljen torus. (c) Prečni prerez: aksialni smolni kanal (SK) v kasnem lesu branike, ki ga obdajajo tankostene epitelne celice (EC). (d) Radialni prerez: heterocelularen trak, sestavljen iz trakovnih parenhimskih celic (Tr-P) in trakovnih traheid (Tr-T), ki so nazobljene. V križnem polju, kjer se stikajo radialno in aksialno usmerjene celice, lahko med trakovnimi parenhimskimi celicami in aksialnimi traheidami opazimo oknaste piknje. Med trakovnimi in aksialnimi traheidami se nekoliko manjše obokane piknje (OPi). (e) Radialni prerez: aksialni smolni kanal, ki ga obdajajo modro obarvane epitelne celice (EC). (f) Tangencialni prerez: trakovi (Tr) srednje višine, sestavljeni s šestimi do šestnajstimi celicami. Vretena sestavljajo modro obarvane trakovne parenhimske celice (Tr-P) in rožnato obarvane trakovne traheide (Tr-T). Na tangencialnem prerezu so dobro vidni radialni smolni kanali (R-SK), ki skupaj z aksialnimi smolnimi kanali tvorijo omrežje. Daljica predstavlja 100 µm (Foto: G. Skoberne, P. Prislan).

LOČEVANJE MED LESOM ČRNEGA IN RDEČEGA BORA

Les črnega bora, rdečega bora in rušja po strukturi ni mogoče zanesljivo ločiti. Okoljske razmere lahko vplivajo na strukturo lesa glede velikosti traheid in porazdelitve smolnih kanalov, zato ti znaki niso značilni za določeno drevesno vrsto. Za sušna okolja, kot so npr. slovensko sredozemsko območje

in obsredozemske pokrajine, je značilna velika medletna variabilnost v širini in strukturi (gostoti) branik črnega bora, kar vpliva tudi na lastnosti in kakovost lesa. Podoben pojav je mogoče zaslediti tudi pri rdečem boru na nižje ležečih rastiščih.

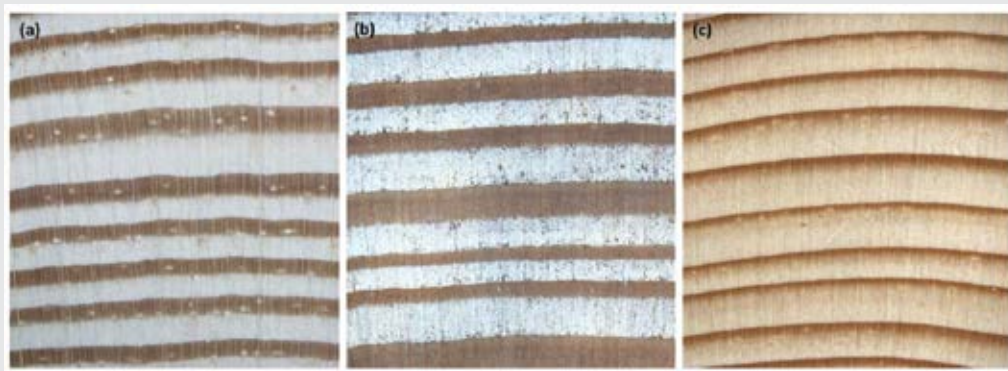


Slika 3: Makroskopska (a,b) in mikroskopska slika (b,d) gostotnih fluktuacij pri črnem boru. (a) Velika variabilnost v širini branik (črne črte); (b) pogoste so gostotne fluktuacije znotraj branike (bele puščice). (c) Na mikroskopski sliki je razvidno, da so v kasnem delu branike nastale traheide, podobne ranim (z večjimi lumni in tanjšimi celičnimi stenami), kar bi lahko pripisali nenadni spremembi vremenskih razmer v drugi polovici rastne sezone.

LOČEVANJE BOROVINE OD DRUGIH VRST IGLAVCEV

Makroskopsko je borovina po barvi podobna lesu macesna in duglazije. V primerjavi z macesnom ima bor znatno širšo beljavo. Poleg tega so pri boru normalni smolni kanali številčnejši in večji ter opazni s prostim očesom, medtem ko jih pri macesnu vidimo le s pomočjo lupe. Za duglazijin les je značilen velik delež kasnega lesa, ki lahko zavzema več kot polovico branike.

Na makroskopski ravni je rdeči in črni bori dokaj enostavno ločiti od lahkih borov (zeleni bor in cemprin), saj je črnjava prvih dveh vrst rdečerjava, pri drugi skupini pa je navadno nekoliko svetlejšerjave barve. Pri lahkih borih je kasni les ozek in manj izrazit. Poleg tega so branike široke, prehod med ranim in kasnim lesom je postopen, gostota je majhna. Na mikroskopski ravni so trakovne traheide pri rdečem in črnem boru nazobljene (radialni prerez), pri lahkih borih pa so stene trakovnih traheid gladke, zato je tudi v tem primeru enostavno ločevanje med obema skupinama borov.



Slika 4: Makroskopska zgradba (a) bora, (b) macesna in (c) smreke. (a) Za bor je značilen oster prehod iz ranega v kasni les ter izraziti, s prostim očesom vidni, smolnimi kanali. (b) Podobno kot pri boru je pri macesnu prehod iz ranega v kasni les oster, smolni kanali pa so dobro vidni le z lupe. (c) Pri smreki je prehod iz ranega v kasni les postopen, smolni kanali so razločni le z lupe.

Viri

- Brus, R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem, 1. izdaja. Založba Mladinska knjiga, Ljubljana, Slovenia.
- Čufar, K. 2006. Anatomija lesa. Univerzitetni učbenik. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana.
- Grosser, D. 1977. Die Hölzer Mitteleuropas – Ein mikrophotographischer Lehratlas. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- IAWA Committee, 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. IAWA Journal, 25: 1-70.
- Isajev, V., B. Fady, H., Semerci in V. Andonovski. 2010. Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: Črni bor (*Pinus nigra*). Prevod: Westergren, M. Zveza gozdarskih društev Slovenije in Silva Slovenica. Ljubljana, Slovenija, 6 str.
- Mrak, T., Gričar, J. 2016. Atlas of woody plant roots. Morphology and anatomy with special emphasis on fine roots. 1st edition. The Silva Slovenica Publishing Centre, Ljubljana
- Mátyás, C., L. Ackzell, C.J.A. Samuel. 2010. Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: rdeči bor (*Pinus sylvestris*). Prevod: Westergren, M. Zveza gozdarskih društev Slovenije in Silva Slovenica. Ljubljana, Slovenija, 6 str.
- Richter, H.G., Oelker, M., Koch, G. 2018. macroHOLZdata: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English and German. Version: 07-2018. delta-intkey.com.
- Schweingruber, F.H. 1990. Microscopic wood anatomy, Mikroskopische Holzanatomie. Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.
- Skudnik, M. et al. 2021. Stanje in spremembe slovenskih gozdov med letoma 2000 in 2018. Rezultati velikoprostorskega monitoringa gozdov in gozdnih ekosistemov. Založba Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana.
- Torelli, N. 1990. Les in skorja. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana.
- Torelli, N. 1991. Makroskopska in mikroskopska identifikacija lesa (ključi). Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana.
- Wagenführ, R. 1996. Holzatlas. 4. neuarbeitete Auflage. Fachbuchverlag Leipzig, Carl Hanser Verlag, München Wien: 688 str.
- Westergren, M., Zupančič, M., Kraigher, H. 2010. Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: Rdeči bor, ruševje in munika (*Pinus sylvestris*, *Pinus mugo*, *Pinus heldreichii*) Slovenija. Zveza gozdarskih društev Slovenije in Silva Slovenica, Ljubljana, Slovenija, 8 str.
- Zavod za gozdove Slovenije. 2020. Poročilo zavoda za gozdove slovenije o gozdovih za leto 2019. Ljubljana: 121 str.
- Zupančič, M., Westergren, M., Kotnik, A., Božič, G. 2011. Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: Črni bor, sredozemski bori: alepski bor, pinija in obmorski bor, ter petigličasti bori: cemprin, molika, zeleni bor (*Pinus nigra*, *P. halepensis*, *P. pinea*, *P. pinaster*, *P. cembra*, *P. peuce*, *P. strobus*) Slovenija. Zveza gozdarskih društev Slovenije in Silva Slovenica, Ljubljana, Slovenija, 8 str.
- Yaman, B. 2007. Comparative wood anatomy of *Pinus sylvestris* and its var. *compacta* in the West Black Sea Region of Turkey. IAWA Journal, 28: 75–81.

Zahvala

Preparati so bili pripravljeni v Laboratoriju za lesno anatomijo na Gozdarskem inštitutu Slovenije. Za podporo v laboratoriju se zahvaljujemo Gregorju Skobernetu, Luki Krajncu in Poloni Hafner. Pripravo prispevka so omogočili Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS), raziskovalni program P4-0430 in projekti: V4-2017, V4-2016, J4-2541 in J4-9297.

