

Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa

ZELENI BOR (*Pinus strobus* L.) in CEMPRIN (*Pinus cembra* L.)

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

Bori obsegajo okoli 5,5 % slovenske lesne zaloge. V Sloveniji sta najpogostejši in gospodarsko najpomembnejši vrsti borov rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.) in črni bor (*Pinus nigra* Arnold.), prisotni pa so še naslednji dvo- in trigličasti bori: rušje ali ruševje (*Pinus mugo* Turra), munika ali bosanski bor (*Pinus heldreichii* Christ, sin. *P. leucodermis* Ant.) ter sredozemski bori: alepski bor (*P. halepensis* Mill.), pinijski (*P. pinea* L.) in obmorski bor (*P. pinaster* Ait.). Poleg naštetih v Sloveniji rastejo tudi petigličasti bori: cemprin (*P. cembra* L.), molika (*P. peuce* Griseb.) in zeleni bor (*P. strobus* L.). Ker se pri borih gostota in posledično mehanske lastnosti precej razlikujejo, jih nekateri avtorji delijo v dve skupini: (a) trdi bori z gostoto absolutno suhega lesa $r_0 = 520\text{--}700\text{ kg/m}^3$ in značilnimi predstavniki: *P. taeda*, *P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliotii* in *P. caribaea*, ter (b) mehki bori z $r_0 = 350\text{--}500\text{ kg/m}^3$ in značilnimi predstavniki: *P. cembra*, *P. strobus*, *P. lambertiana*, *P. monticola* in *P. sibirica*. V enem od prejšnjih prispevkov smo podrobneje predstavili les rdečega in črnega bora, ki sta predstavnika trdih borov. V tokratnem prispevku predstavljamo še les zelenega bora in cemprina, ki spadata v skupino mehkih borov in sta tudi gospodarsko zanimivi drevesni vrsti.

Zeleni bor je poleg ameriške duglazije najbolj razširjen tujerodni iglavec pri nas, izvira pa iz Severne Amerike. Njegov areal se razteza od Nove Fundlandije, prek jugovzhodne Kanade in Velikih jezer do severne Georgije v ZDA. Zeleni bor je hitrorastoča drevesna vrsta in po debelinski rasti prekaša rdeči bor in smreko. Je polsenčna vrsta; uspeva na različnih, zlasti hladnih in precej vlažnih rastiščih. Glede tal je ena najskromnejših drevesnih vrst, saj raste tudi na precej izpranih in kislih tleh. Slabše uspeva na apnencu in zelo vlažnih glinastih tleh. Zelo dobro prenaša zimski mraz, nekoliko slabše pa sušo. Zeleni bor pogosto najdemo v parkih, vendar slabo prenaša onesnažen zrak.

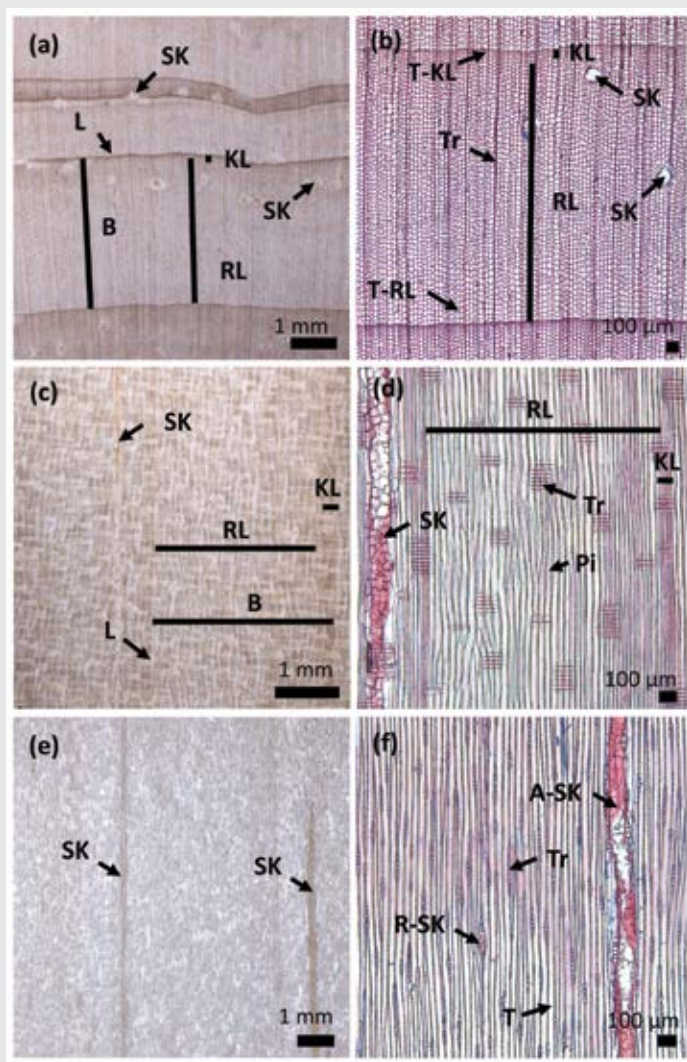
Cemprin raste v višjih predelih, in sicer na nadmorski višini od 1200 m do 2000 m (lahko tudi višje). Glede ekoloških lastnosti je podoben moliki. Potrebuje vlažno ozračje in sveža tla na

neapnenčasti podlagi. Raste skupaj s smreko, macesnom in v višjih legah z rušjem. Cemprin je pomemben predstavnik varovalnih gozdov na strmih pobočjih. Pri nas uspeva samo umetno posajen na Pohorju na nadmorski višini od 1300 do 1400 m, pa tudi nižje. Sloveniji najbližja naravna rastišča so na avstrijski strani Pece. Za cemprin je značilna počasna rast. V nižjih legah je skoraj senčna vrsta, z višino pa se večajo njegove potrebe po svetlobi.

Bori so izpostavljeni številnim škodljivcem in boleznim. Pri borih so najpogostejši vzroki za posek: bela trohnoba korenin, sušica najmlajših borovih poganjkov (*Diplodia pinea*), rdeča trohnoba ter pri zelenem boru tudi mehurjevka zelenega bora (ribezova rja, *Cronartium ribicola*).

Les zelenega bora je mehak in lahek. Gostota absolutno suhega lesa te vrste je nekoliko manjša od gostote cemprina in znaša $r_0 = 310\text{--}370\text{--}470\text{ kg/m}^3$. Gostota absolutno suhega cemprinovega lesa znaša $r_0 = 370\text{--}450\text{--}560\text{ kg/m}^3$, zato je les definiran kot mehak in srednje gost. Les se dobro obdeluje, dobro cepi in drobi, žeblja ter vijači. Lahko se tudi struži. Sušenje poteka hitro. Pri tehničnem sušenju sta v začetni fazi priporočljivi manjša vlažnost (potencialne okužbe) in nižja temperatura (zaradi smole). Lepljenje je dobro. Lakiranje je težavno, luščenje pa je mogoče. Dimenzijska stabilnost lesa je dobra. Je zmerno odporen proti vremenskim vplivom. Jedrovina je dokaj trajna, beljava pa netrajna. Po standardu SIST EN 350-2 je les zelenega bora uvrščen v četrti trajnostni razred. Za hlode so značilne naslednje rastne posebnosti: malolesnost, krivost, spiralen potek aksialnih elementov, neenakomerno priraščanje, razpokanost, grčavost, modrenje, trohnoba, rovi insektov, kompresijski les, obilen juvenilni les. Naprodaj je predvsem kot žagan les, občasno tudi kot luščen in rezan furnir. Les zelenega bora in cemprina je v rabi za manj obremenjene notranje konstrukcije, za okvirje stavbnega pohištva (okna, vrata), opaže, vezan les (sredice), svinčnike, lesno volno, vžigalice, embalažo, modele. Les je primeren tudi za kemično predelavo.





Slika 1: Makroskopska (a, c, e) in mikroskopska (b, d, f) zgradba lesa zelenega bora: (a) prečni prerez z različnimi letnimi prirastnimi plastmi ali branikami (B), ki so pogosto valovite. Letnice (L) so različne. Prehod iz ranega (RL) v kasni les (KL) je postopen. Kasni les je ozek in manj izrazit. 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 manj očitnimi razlikami med ranim in kasnim lesom. Dobro so vidni vzdolžni ali aksialni smolni kanali. (d) Pod mikroskopom lahko na radialnem prerezu opazimo heterocelularen trak, 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 traka (Tr), aksialni (A-SK) in radialni smolni kanal (R-SK) (foto: G. Skoberne, P. Prisan).

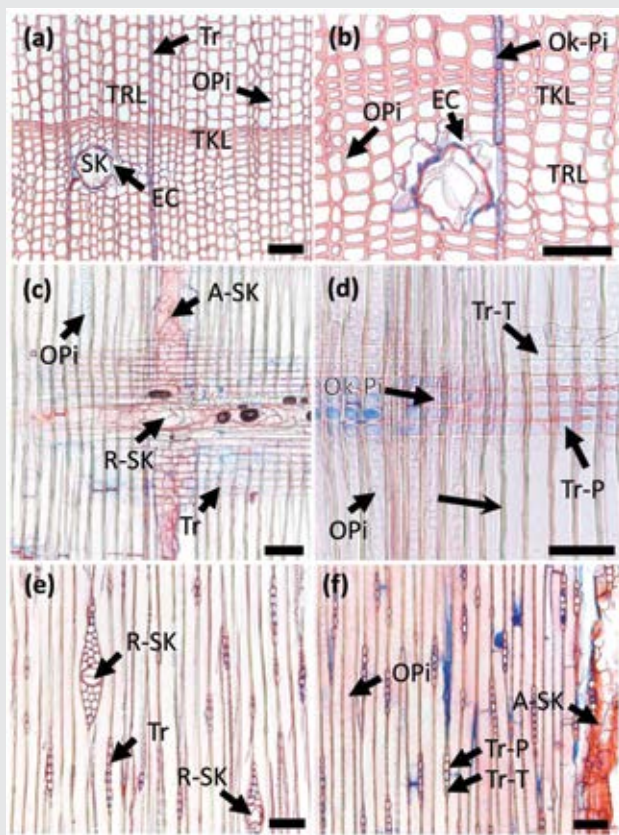
MAKROSKOPSKI OPIS LESA

Za zeleni bor in cemprin je značilna obarvana jedrovina, ki je v svežem stanju rumeno-rdeče barve, sčasoma postane svetlo rdečkastorjava. Pri obeh vrstah je beljava rumenkasto bele barve, pri čemer je pri cemprinu ozka, kot so ozke tudi branike (letne prirastne plasti). Pri zelenem boru je beljava široka, praviloma so široke tudi branike, ki so pogosto valovite, zlasti ob smolnih kanalih v kasnem lesu. Smolni kanali so veliki in dobro vidni s prostim očesom. Zato ima les značilen vonj po smoli. Prehod iz ranega v kasni les je postopen. Kasni les je zelo ozek in manj razločen.

MIKROSKOPSKI OPIS LESA

Za les zelenega bora in cemprina je značilno, da je kasnega lesa malo in je manj izrazit. Večina lesnega tkiva so aksialne traheide, ki prevajajo vodo in nudijo mehansko oporo. Na celičnih stenah traheid ni helikalnih ali spiralnih odebelitev. Traheide kasnega lesa imajo tanke celične stene. Obokane piknje, ki povezujejo sosednje traheide med seboj, so v enojnih nizih (radialni prerez). V lesu so normalni aksialni in radialni smolni kanali, ki so med seboj povezani in tvorijo omrežje. Medcelični prostori so obdani z epitelnimi celicami, ki so tankostene, brez pikenj in nelignificirane. Nelignificirano epitelno tkivo normalnih smolnih kanalov lahko proizvaja tilozoidi. To je vrsta til, ki blokirajo smolne kanale. Pojav spremlja ojedritev ali pa je rezultat ranitve drevesa. Poleg normalnih smolnih kanalov se lahko





Slika 2: Mikroskopska zgradba zelenega bora in cemprina. Zeleni bor in cemprina se anatomsko ne razlikujeta. (a) Prehod iz ranega v kasni les je postopen, kasni les je pogosto zelo ozek. Vidni so enoredni trak (Tr), traheide kasnega (TKL) in ranega (TRL) lesa ter aksialni smolni kanal, ki ga obdajajo tankostene epitelne celice (EC). (b) V radialnih stenah ranih traheid so dobro vidne obokane piknje (OPI). Med traheidami in trakovnimi parenhimskimi celicami so na prečnem prerezu tudi dobro vidne oknaste piknje (Ok-Pi). (c, d) Radialni prerez, kjer so dobro vidni radialni smolni kanali (R-SK), ki skupaj z aksialnimi smolnimi kanali (A-SK) tvorijo omrežje. Trak je heterocelularen in ga sestavljajo trakovne parenhimske celice (Tr-P) ter trakovne traheide (Tr-T) z gladkimi celičnimi stenami. V križnem polju, kjer se stikajo trakovne in aksialne celice, lahko med trakovnimi parenhimskimi celicami in aksialnimi (vzdolžnimi) traheidami opazimo oknaste piknje (Ok-Pi). Med trakovnimi in aksialnimi traheidami so nekoliko manjše obokane piknje (OPI). (e, f) Tangencialni prerez: trakovi (Tr) so srednje višine, od 5 do 15 celic. Vretena sestavljajo trakovne parenhimske celice (Tr-P) in trakovne traheide (Tr-T). Slednje so po navadi na skrajnih koncih vretena, lahko pa tudi v osrednjem delu. Na tangencialnem prerezu so dobro vidni radialni in aksialni smolni kanali. Daljica predstavlja 100 μ m (foto: G. Skoberne, P. Prislan).

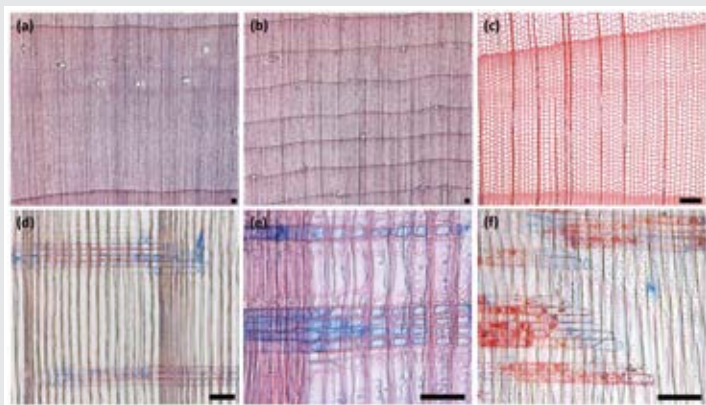
zaradi mehanske poškodbe kambijevega območja pojavijo še travmatski smolni kanali, ki se značilno pojavljajo v tangencialno usmerjenih nizih.

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 zunanjih straneh obdajajo trakovne traheide (radialni prerez). Posamezni pasovi trakovnih traheid se lahko pojavijo tudi med pasovi parenhimskih celic. Piknje v križnih poljih, ki povezujejo aksialne traheide in parenhimske celice, 1–2 (3), so velike in ovalne (oknaste ali fenestriformne) in so v ranem lesu. Trakovne traheide so redno prisotne in imajo gladke stene. Horizontalne (prečne) stene trakovnih parenhimskih celic so tanke in brez pikenj. Prisotne so indenture; indentura je značilna za iglavce in predstavlja ozke uture 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. Tangencialne (končne) stene parenhimskih celic so vozlate (nodularne). Stene so piknave, zato so v radialnem prerezu videti kot niz biserov. Trakovi so v povprečju visoki 5 do 15 celic (tangencialni prerez).

Les zelenega bora in cemprina anatomsko ne moremo zanesljivo razlikovati med seboj. Glavna razlika med njima je širina branik, ki je pri zelenem boru široka, pri cemprinu pa praviloma ozka.

LOČEVANJE LESA MEHKIH BOROV OD DRUGIH VRST IGLAVCEV

Na makroskopski ravni je zeleni bor in cemprina dokaj enostavno razlikovati od trdih borov (npr. rdeči in črni bori), saj je jedrovina prvih dveh vrst svetlejša rjave barve, medtem ko je pri drugi skupini navadno rdečerjava. Za mehke bore je poleg tega značilen postopen prehod iz ranega v kasni les in ozek ter neizrazit kasni les. Za rdeči in črni bor sta značilna oster prehod iz ranega v kasni les in relativno širok kasni del branike. Pri obeh skupinah so smolni kanali veliki in vidni s prostim očesom. Postopen prehod iz ranega v kasni les je značilen tudi za smreko (*Picea abies* (L.) Karst.) in jelko (*Abies alba* Mill.) ter navadni brin (*Juniperus communis* L.). Tako kot jelka tudi brin nima smolnih kanalov in ju po tem razlikujemo od zelenega bora in cemprina. Za smreko so značilni majhni smolni kanali, s premerom 30 do 150 μ m, ki so vidni le z lupo.



Slika 3: Anatomsko se zeleni bor (a) in cemprin (b) ne razlikujeta. Ponavadi pa ima zeleni bor širše letne prirastne plasti kot cemprin. Postopen prehod iz ranega v kasni les in relativno ozek kasni del branike lahko opazimo tudi pri navadnem brinu (*Juniperus communis* L.) (c). Za zeleni bor in cemprin so značilni heterogeni trak in oknaste piknje v križnem polju (d). Podobno lahko zasledimo tudi pri rdečem boru (*Pinus sylvestris* L.), kjer pa imajo radialne traheide nazobčene celične stene. Pri navadnem brinu je trak homogen, sestavljen izključno iz trakovnih parenhimskih celic (f).



Slika 4: Prečna (a, d), tangencialna (b, e) in radialna (c, f) tekstura pri cemprinu (a, b, c) in zelenem boru (d, e, f)

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 Holz Anatomie. 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.

Ulber, M., F. Gugerli and G. Bozic. 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Swiss stone pine (*Pinus cembra*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages.

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. 2023. Poročilo zavoda za gozdove slovenije o gozdovih za leto 2022. Ljubljana: 76 str.

Zupančič M., Westergren M., Kotnik A., Božič G. 2011. Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: Črni bor, sredozemski bori: alepski bor, pinja 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.

Zahvala

Preparati so bili pripravljeni v Laboratoriju za lesno anatomijo na Gozdarskem inštitutu Slovenije. Za podporo v laboratoriju se zahvaljujemo Gregorju Skobernetu, Poloni Hafner in Luki Krajncu. Pripravo prispevka so omogočili Javna agencija za znanstvenoraziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARIS), raziskovalni program P4-0430 in projekti: V4-2222, J4-4541 in J4-50130 ter projekt REWINNUSE (Norveški finančni mehanizem in Finančni mehanizem EGP).

