

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože SMOLE

**BARVA IN ODPORNOST LESA EVROPSKEGA IN AMERIŠKEGA OREHA
PROTI GLIVAM**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**COLOUR AND RESISTANCE
OF EUROPEAN AND AMERICAN WALNUT WOOD TO FUNGI**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Delo je bilo opravljeno na Katedri za tehnologijo lesa in na Katedri za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomske naloge imenoval prof. dr. Katarino Čufar, za recenzenta pa prof. dr. Franca Pohlevna.

Mentorica: prof. dr. Katarina Čufar

Recenzent: prof. dr. Franc Pohleven

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega naloga v polnem tekstu na spletni strani digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal identična tiskani verziji.

Jože SMOLE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*814.1
KG evropski oreh/ameriški oreh/naravna odpornost/glive
AV SMOLE, Jože
SA ČUFAR, Katarina (mentorica)/POHLEVEN, Franc (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2010
IN BARVA IN ODPORNOST LESA EVROPSKEGA IN AMERIŠKEGA OREHA
PROTI GLIVAM
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP VIII, 58 str., 5 pregl., 31 sl., 17 vir.
IJ sl
JI sl/an
AI Na vzorcih lesa evropskega in ameriškega oreha (*Juglans regia* L. in *Juglans nigra* L.) smo opravili meritve barve s sistemom CIEL*a*b. Z laboratorijskim testom naravne odpornosti in mikroskopsko smo ovrednotili posledice razkroja z glivami: pisano ploskocevko (*Trametes versicolor*), rjavo tramovko (*Gloeophyllum trabeum*) in belo hišno gobo (*Poria vaillantii*). Rezultati kažejo, da pri evropskem in ameriškem orehu lahko z meritvami svetlosti ločimo beljavo od jedrovine. Z meritvami barve razlikovanje med lesnima vrstama ni mogoče, lahko pa vrsti ločimo lesno anatomsko. Ameriški oreh v lesu vsebuje romboidne kristale in ima heterogeno trakovno tkivo, evropski pa nima kristalov in ima homogene trakove. Testi naravne odpornosti so pokazali, da je evropski oreh manj odporen na delovanje pisane ploskocevke in da sta predela beljave in stržena manj odporna v primerjavi z jedrovino in predelom prog. Pri izpostavitvi rjavi tramovki so rezultati testa primerljivi. Pri izpostavitvi beli hišni gobi se je ameriški oreh izkazal za bolj odpornega od evropskega. Beljava in stržen obeh drevesnih vrst sta manj odporna od jedrovine. Izkazalo se je, da sta predela prog in jedrovine obeh drevesnih vrst bolj odporna kot beljava in stržen, ter da prihaja do razlik v stopnji razkroja pri delovanju različnih gliv. Pod mikroskopom smo na mikroskopskih preparatih lesa prikazali posledice razkroja celičnih sten zaradi delovanja različnih gliv.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*814.1
CX European walnut/American walnut/natural resistance/fungi
AU SMOLE, Jože
AA ČUFAR, Katarina (supervisor)/POHLEVEN, Franc (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2010
TI COLOUR AND RESISTANCE OF EUROPEAN AND AMERICAN WALNUT WOOD TO FUNGI
DT Graduation thesis/(Higher professional studies)
NO VIII, 58 p., 5 tab., 31 fig., 17 ref
LA sl
AL sl/en
AB Measurements of wood colour were performed on wood specimens of the European and American walnut (*Juglans regia* L. and *Juglans nigra* L.) using the system CIEL*a*b. A laboratory test of natural durability was carried out and the effects of fungal decay of wood were demonstrated microscopically. The fungi used in the experiment were white rot fungi *Trametes versicolor* and brown rot fungi *Gloeophyllum trabeum* and *Poria vaillantii*. The results show that it is possible to distinguish sapwood from heartwood of the European and American walnut through brightness measurements. The 2 species cannot be distinguished using measurements of wood colour; however, it is possible to distinguish them anatomically. American walnut wood contains rhomboid crystals and has heterogeneous ray tissue; European walnut wood does not contain crystals and has homogeneous rays. Tests of natural durability show that the European walnut is less resistant to *Trametes versicolor* activity and that sapwood and pith are less resistant than heartwood and streaks. At exposure to *Gloeophyllum trabeum*, the test results for the 2 species were equivalent; moreover, the sapwood and pith areas turned out to be less resistant. At exposure to *Poria vaillantii*, the American walnut proved to be more resistant than the European walnut. The sapwood and pith of both species are less resistant than heartwood. The results show that the streak area and the heartwood of both species are more resistant than sapwood and pith, and that individual fungi cause different stages of decay. The effects of decay of cell walls due to activity of different fungi were presented with microscopic images.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic.....	VI
Kazalo slik.....	VII

1	UVOD IN CILJI.....	1
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	OPIS DREVESA IN LESA EVROPSKEGA OREHA	3
2.2	OPIS DREVESA IN LESA AMERIŠKEGA OREHA	4
2.3	BELJAVA, JEDROVINA IN DISKOLORIRAN LES	5
2.4	NARAVNA ODPORNOST LESA	7
2.5	VARIABILNOST LASTNOSTI LESA	9
2.6	BARVA	10
3	MATERIAL IN METODE.....	13
3.1	IZBOR IN IZDELAVA VZORCEV	13
3.2	MERJENJE BARVE	18
3.3	NARAVNA ODPORNOST LESA	19
3.4	IZDELAVA MIKROSKOPSKIH PREPARATOV	23
4	REZULTATI IN DISKUSIJA	24
4.1	MIKROSKOPSKA ZGRADBA EVROPSKEGA IN AMERIŠKEGA OREHA	24
4.1.1	Evropski oreh	24
4.1.2	Ameriški oreh	26
4.1.3	Razlikovalni znaki med evropskim in ameriškim orehom	28
4.2	BARVA	29
4.2.1	Evropski oreh	30
4.2.2	Ameriški oreh	33
4.3	NARAVNA ODPORNOST	37
4.4	ANATOMSKE SPREMEMBE CELIČNE STENE	46
5	SKLEPI	53
6	POVZETEK.....	55
7	VIRI.....	57

ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Vzorci ameriškega oreha za merjenje barve, test naravne trajnosti in anatomske preiskave lesa pri izpostavljenosti glivam pisane ploskocevke, rjave tramovke in bele hišne gobe	14
Preglednica 2: Vzorci ameriškega oreha za merjenje barve, test naravne trajnosti in anatomske preiskave lesa pri izpostavljenosti glivam pisane ploskocevke, rjave tramovke in bele hišne gobe	15
Preglednica 3: Vzorci evropskega oreha za merjenje barve in test naravne trajnosti in anatomske preiskave lesa pri izpostavljenosti glivam pisane ploskocevke, rjave tramovke in bele hišne gobe	16
Preglednica 4: Vzorci evropskega oreha za merjenje barve in test naravne trajnosti in anatomske preiskave lesa pri izpostavljenosti glivam pisane ploskocevke, rjave tramovke in bele hišne gobe	17
Preglednica 5: Rezultati ocenjevanja razkroja za vse vzorce.....	44

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Valovne dolžine in frekvence elektromagnetnega spektra (Strnad, 2004)	10
Slika 2: Frekvenčno območje in valovne dolžine osnovnih barv v vidnem delu spektra	11
Slika 3: Skica izžigovanja vzorcev za ameriški oreh (a) in evropski oreh (b)	13
Slika 4: Sistem CIE L*a*b* (Golob in Golob, 2001)	18
Slika 5: Razkuževanje mrežic v etanolu	19
Slika 6: Laminarij in avtoklav	20
Slika 7: Zunanost in notranost rastne komore	21
Slika 8: Elektronska tehtnica SARTORIUS	22
Slika 9: Prerez lesa evropskega oreha - (a,b) prečni, (c) radialni in (d) tangencialni	25
Slika 10: Prerez lesa ameriškega oreha - (a,b) prečni, (c) radialni in (d) tangencialni	27
Slika 11: Ameriški oreh: romboidni kristali v aksialnem parenhimu	28
Slika 12: Ameriški oreh: romboidni kristali - prečni prerez	28
Slika 13: Les evropskega oreha: svetlost (L) od stržena do beljave za 6 dreves (I-N)	30
Slika 14: Les evropskega oreha: rdeča komponenta (a) od stržena do beljave za 6 dreves (I-N)	31
Slika 15: Les evropskega oreha: rumena komponenta (b) od stržena do beljave za 6 dreves (I-N)	32
Slika 16: Les ameriškega oreha: svetlost (L) od stržena do beljave za 6 dreves (A-F)	33
Slika 17: Les ameriškega oreha: rdeča komponenta (a) od stržena do beljave za 6 dreves (A-F)	34
Slika 18: Les ameriškega oreha: rumena komponenta (b) od stržena do beljave za 6 dreves (A-F)	35
Slika 19: Razkroj s pisano ploskocevko – (a) evropski oreh, predel stržena in (b) ameriški oreh, predel stržena	38
Slika 20: Razkrojeni vzorci s pisano ploskocevko - (a) evropski oreh in (b) ameriški oreh	39
Slika 21: Prizmatičen razkroj rjave tramovke – (a) evropski oreh, predel jedrovine in (b) ameriški oreh, predel stržena ter (c) predel jedrovine	40
Slika 22: Razkrojeni vzorci z rjavo tramovko - (a) evropski oreh in (b) ameriški oreh	41
Slika 23: Plitke prizmatične razpoke bele hišne gobe na vzorcih (a) evropskega oreha, predela prog in (b) ameriškega oreha, predela stržena	42
Slika 24: Razkrojeni vzorci z belo hišno gobo - (a) evropski oreh in (b) ameriški oreh	43

Slika 25: Beljava evropskega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba	46
Slika 26: Jedrovina evropskega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba	47
Slika 27: Območje prog evropskega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba.....	48
Slika 28: Stržen evropskega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba	49
Slika 29: Beljava ameriškega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) bela hišna goba, (c) rjava tramovka in (d) pisana ploskocevka	50
Slika 30: Jedrovina ameriškega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba	51
Slika 31: Stržen ameriškega oreha (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba	52

1 UVOD IN CILJI

Les evropskega oreha (*Juglans regia* L.) je zelo dragocen predvsem zaradi njegovih estetskih lastnosti. Zaradi tega dosega na trgu visoko ceno. Najbolj je zaželena orehova jedrovina, ki daje lesu zaradi razgibane teksture in žlahtne temne rdečkastorjave barve prav poseben izgled. V jedrovini evropskega oreha se lahko pojavljajo temne, skoraj črne lise.

Evropski oreh je v gozdnih sestojih redek in ga le redko plantažirajo za pridobivanje lesa. Kvalitetnih odraslih debel z velikimi dimenzijami in velikim deležem jedrovine je malo, povpraševanje po lesu pa je veliko. Zato se na trgu kot nadomestna vrsta pojavlja les ameriškega oreha (*Juglans nigra* L.). Les ameriškega oreha po dekorativnih in obdelovalnih lastnostih ni enakovreden lesu evropskega oreha. Jedrovina ameriškega oreha je sivkasta in barvno bolj monotona. Zaradi tega dosega les ameriškega oreha na trgu nižjo ceno.

Tako evropski kot ameriški oreh vsebujeta velik delež beljave, ki se po dekorativnosti ne more primerjati z jedrovino. Tudi sicer ima beljava manj ugodne lastnosti kot jedrovina. Beljava je v primerjavi z jedrovino manj naravno odporna, ker vsebuje manj ekstraktivnih snovi in več hranljivih snovi, s katerimi se prehranjujejo glive in insekti. Celične stene v jedrovini so prepojene z ekstraktivi, oz. jedrovinskimi snovmi, ki prispevajo k povečani dimenzijski stabilnosti lesa in praviloma tudi k njegovi večji biološki odpornosti (Čufar, 2006).

V običajnem postopku predelave so zaželena debla z majhnim deležem beljave, ki jo za najvrednejše izdelke običajno odstranijo. Vendar pa zaradi vse večjih potreb tržišča po lesu oreha, sekajo vse bolj mlada drevesa, ki imajo manjši delež jedrovine. Podobno velja tudi za plantažirani ameriški oreh. Tak les vsebuje večji delež beljave in juvenilnega lesa ter ima posledično slabše lastnosti. Za povečanje izkoristka hlodovino pogosto termično obdelajo, s čimer dosežejo izenačitev barve jedrovine in beljave. Tako lahko uporabijo tudi les beljave.

Navkljub omenjenim slabostim lahko les beljave v nekaterih primerih izkoristimo kot prednost. Smiselno jo lahko uporabimo, kadar želimo kombinirati svetel in temen les. Tako se, sicer redko, lahko uporablja za namene umetniških izdelkov in posebno oblikovanega pohištva, kjer jo uporabimo kot dekorativni element. Lesu oreha dajeta namreč žlahten videz prav barva in tekstura lesa, ki sta bolj izraziti pri evropskem orehu.

Pojavlja se torej vprašanje, ali je mogoče beljavo, glede na njene slabše lastnosti v primerjavi z jedrovino, enakovredno uporabiti v izdelku ter ali je lahko les ameriškega oreha dovolj kvaliteten nadomestek evropskemu orehu. Poleg tega nas je v diplomski nalogi zanimalo, ali lahko naravno odpornost lesa ocenimo na podlagi barve in ali so vse kategorije debla v prečnem prerezu enako biološko odporne.

Cilji pričujoče naloge so:

- opisati anatomske razlike med lesom evropskega in ameriškega oreha,
- s sistemom CIE L*a*b ovrednotiti barvne razlike različnih kategorij lesa (beljave, jedrovine, stržena in prog v jedrovini) evropskega in ameriškega oreha,
- na vzporednih vzorcih določiti odpornost lesa na delovanje destruktivnih gliv,
- na intaktnih in razkrojenih vzorcih z mikroskopskimi metodami pokazati posledice razkroja lesa različnih kategorij (beljave, jedrovine, stržena in prog v jedrovini) po izpostavitvi različnim glivam.

2 PREGLED OBJAV

2.1 OPIS DREVESA IN LESA EVROPSKEGA OREHA

Evropski oreh (*Juglans regia* L.) je naravno zelo razširjen. Najbolje uspeva na globokih, svežih, rahlih tleh, zavarovanih pred vetrom. Tako ga najdemo v Srednji Evropi in na celotnem Balkanskem polotoku, kjer je verjetno avtohtona drevesna vrsta. Nahaja se tudi vse preko Turčije, Armenije in Irana do severne Indije, Kitajske, Koreje in Japonske. Drevo evropskega oreha doseže višino do 30 m, deblo pa premer 0,6–1,0 m (Wagenführ, 2006). Krošnja je okroglasto oblikovana. Kadar raste drevo na prostem lahko krošnja sega do tal. Skorja je svetlo sive barve in s starostjo razpoka. Listi so lihopernato sestavljeni iz največkrat 5–9 listov, običajno 7, ki so eliptični, goli in bleščeči, na dotik pa dišeči. Užiten plod je obdan z mrežasto razpokano trdo lupino svetlo rjave barve in ovit z zelenim mesnatim plaščem, ki, ob dozoritvi razpoka ter odpade. Evropski oreh potrebuje za rast veliko svetlobe, vendar v gozdnem sestoju prenese tudi rahlo zasenčenost (Brus, 2005). Izloča juglon, ki preprečuje rast drugim rastlinam v njegovi bližini.

Les evropskega oreha ima obarvano jedrovino, ki je sivo do temno rjava, pogosto s temnimi progami ali oblakasta. Beljava je sivkastobeale do rdečkastobeale barve (Čufar, 2006), katere delež je lahko širši (5–10 cm), včasih pa ožji (Grosser in Teetz, 1985). Velike do srednje velike traheje premera 60–240 μm tvorijo v ranem lesu redkejši, enoredni venec, zato oreh štejemo med polvenčasto porozne lesne vrste (Wagenführ, 2006). Premier trahej se v smeri od ranega proti kasnemu lesu vidno zmanjšuje (Schoch in sod, 2004). Traheje so zapolnjene z bleščečimi tilami. Aksialni parenhim je pretežno apotrahealen in v pasovih.

Evropska orehovina ima srednjo gostoto 640kg/m^3 (Čufar, 2006). Les oreha spada v tretji razred naravne odpornosti od petih (SIST EN 350-2, 1994). Je zmerno trden, žilav in upogljiv (Čufar, 2006). Na trgu ga najdemo v obliki rezanega lesa, luščenega, rezanega in ekscentrično luščenega furnirja. Les oreha se lepo struži, žablja, lepi in vijači, pri čemer

lahko lepilo reagira s čreslovinami v lesu. Suši se dobro in počasi. Kljub temu lahko pride do krivosti, razpok, neravnin in trohnobe (Franzosischer nussbaum, 2006).

Iz masivnega lesa so včasih izdelovali ročaje za meče in nože, kasneje pa puškina kopita. Pogosto se pojavlja v intarzijah, restavriranem pohištvu, glasbilih in pohištvu visokih dodanih vrednosti. Iz orehove korenine izdelujejo dragocene furnirje, ki se uporabljajo predvsem v avtomobilski, ladjedelniški, letalski in redko pohištveni industriji.

2.2 OPIS DREVESA IN LESA AMERIŠKEGA OREHA

Ameriški oreh (*Juglans nigra* L.) naravno uspeva v srednjem in vzhodnem delu ZDA ter v južni Kanadi. Raste posamično ali v manjših skupinah v mešanem gozdu (Brus, 2005). Na dobrih tleh doseže višino 30–37 m in premer debla 0,4–1,0 m, v redkih primerih do 1,2 m (Wagenführ, 2006). Izjemna drevesa dosežejo višino tudi do 47 m. Listi so dolgi 30–60 cm, sestavljeni iz 9–25 listov, dolgih 6–12 cm. V južnih predelih cvete v aprilu, na severu pa v juniju. Plodovi so okroglasti, premera 4–5 cm, obdani s trdno in nabrazdano lupino, ki jo obkroža mesnat zelenkast ovoj. Semena so užitna, vendar nekoliko grenkega in precej slabšega okusa kot semena evropskega oreha. Raste na prodnatih in vlažnih tleh, pobočjih ob potokih, najraje obrnjenih proti severu ali vzhodu. Pogosto ga najdemo skupaj z najtrpežnejšimi drevesnimi vrstami, kot so cedra, kostanj in robinija (Brus, 2005).

Jedrovina je svetlo rjave do temno rjave barve, običajno čokoladna ter pogosto s škrlatnimi črtami ali temnejšimi progami, ki dajejo lesu posebno dekorativno teksturo. Beljava je skoraj bela. Drevesa, ki rastejo v gozdu imajo praviloma temnejšo jedrovino in kolobar beljave širok do 3 cm. Vendar pa ameriški oreh pogosto plantažirajo. Plantažna drevesa imajo v primerjavi z drevesi, ki rastejo v gozdu, svetlejšo jedrovino in širšo beljavo, širine 6–7 cm. Da izenačijo barvno razliko med jedrovino in beljavo plantažiranega ameriškega oreha, hlodovino običajno parijo.

Potek aksialnih elementov je običajno prem, lahko pa je tudi valovit ali kodrast. Les z valovitim ali kodrastim potekom aksialnih elementov je zelo zaželen. Pri hlodovini starejših dreves so zaželeni male grče, kjer se barva preliva od svetlo rjave do skoraj črne.

Les ameriškega oreha je ima srednjo gostoto zračno suhega lesa 608 kg/m^3 . Les ima srednjo trdnost, je trd, tog in ima visoko udarno žilavost. Dobro se ročno in strojno obdeluje (Rink, 1985).

Ameriški oreh štejemo za hitro rastočo drevesno vrsto, saj je lahko pri mladem drevesu na dobrem rastišču višinska rast do 1 m na leto, v dvajsetih letih pa lahko doseže višino 12–15 m ter premer debla 15–25 cm. Največ dreves se poseka ko dosežejo starost 20–30 let. Zaradi povečanega povpraševanja in visoke cene lesa ameriškega oreha so začeli drevesa gojiti na plantažah.

Les ameriškega oreha je pomemben vir dekorativnega lesa in furnirjev, ki se uporabljajo za najdragocenejše izdelke. Uporablja se za izdelavo pohištva in notranje opreme, v obliki masivnega lesa ali kot furnir. Včasih se je ameriški oreh uporabljal za izdelavo ohišij radijev, TV-jev in gramofonov, šivalnih strojev, puškinih kopit in drigih dragocenih izdelkov.

2.3 BELJAVA, JEDROVINA IN DISKOLORIRAN LES

Beljava je periferni del debla s še živimi parenhimskimi celicami, ki vsebujejo rezervne hranilne snovi. V rastočem drevesu ima beljava visoko vlažnost, saj prevaja vodo z minerali, vzdržuje procese metabolizma in shranjuje hranilne snovi.

Prevajanje vode poteka po mrtvem tkivu, pri listavcih so to traheje in le deloma vlakna. Skladiščenje hranilnih snovi in vzdrževanje procesa metabolizma poteka v živih celicah trakovnega in aksialnega parenhima.

Pri venčasto poroznih listavcih v beljavi pride do otiljenja trahej še preden se ta obarva oz. postane jedrovina. Traheje zaradi otiljenja ne morejo več v celoti prevajati vode in del beljave opravlja samo še skladiščno funkcijo. Zato pri takem lesu beljavo delimo na prevodno in skladiščno beljavo (Čufar, 2006). Prevodna beljava prevaja vodo, skladiščna beljava pa predstavlja notranji otiljeni del, ki skladišči rezervne snovi.

Les beljave je manj odporen, saj ne vsebuje toksičnih ekstraktivnih snovi v celični steni. Poleg tega žive parenhimske celice vsebujejo hranilne snovi (škrob, sladkorji, beljakovine, maščobe), s katerimi se prehranjujejo insekti in glive. Zaradi slabše biološke odpornosti beljavo pri drevesih z obarvano jedrovino štejemo za manj vreden les. Pogosto beljavo zaradi svetlejše barve štejemo tudi za manj estetsko. Zato pri nekaterih lesnih vrstah beljavo pred predelavo in uporabo lesa pogosto odstranjujejo.

Sekundarne spremembe z leti v lesu vodijo v ojedritev, ki je povezana z odmiranjem parenhimskih celic beljave. Ta nastopi predvsem zaradi motenj v metabolizmu parenhimskih celic. Pojav ojedritve je vrojena lastnost posamezne drevesne vrste. V procesu ojedritve, se les večinoma tudi obarva. Obarvana jedrovina, navadno predstavlja najvrednejši del debla (Čufar, 2006).

Nekatere drevesne vrste, na primer bukev, nimajo obarvane jedrovine. Imajo le diskoloriran les, ki nastane zaradi poškodb drevesa in vdora kisika na mestu predhodno izsušenega lesa. Diskoloriran les je običajno nezaželen. Štejemo ga za manj vreden les oz. za napako. Diskoloracijo le v redkih primerih uporabijo kot prednost, na primer v umetniških izdelkih.

Jedrovina predstavlja notranje plasti lesa v rastočem drevesu, kjer so parenhimske celice odmrle, rezervne snovi, ki so jih te vsebovale, pa so se odstranile ali spremenile v jedrovinske snovi (Čufar, 2006). Kadar je jedrovina obarvana, jo imenujemo tudi črnjava in jo lahko barvno ločimo od beljave. Pri drevesnih vrstah, kot sta smreka in jelka, jedrovina ni obarvana, zato barvno razlikovanje med jedrovino in beljavo pri teh drevesnih vrstah ni mogoče.

Celične stene jedrovine vsebujejo ekstraktive oz. jedrovinske snovi, ki povečujejo njeno naravno odpornost in dimenzijsko stabilnost lesa, pogosto pa tudi reagirajo z lepili in sredstvi za površinsko obdelavo lesa. V rastočem drevesu ima jedrovina v primerjavi z beljavo nižjo vlažnost.

Na razmerje med deležem jedrovine in beljave vpliva deloma genetska zasnova drevesa, deloma pa okolje in rastni pogoji. Znano je, da drevesa, ki rastejo hitreje, vsebujejo večji delež beljave. Ta delež pa lahko znotraj iste drevesne vrste variira (Rink in George, 1985). Jedrovina je naravno bolj odporna od beljave in bolj dimenzijsko stabilna, suši se počasneje. Obarvano jedrovino navadno štejemo za dekorativen les in je mnogo bolj cenjena od beljave.

2.4 NARAVNA ODPORNOST LESA

Naravna odpornost lesa je v najširšem pomenu definirana kot odpornost lesa proti delovanju fizikalnih, kemijskih ali bioloških dejavnikov. Od naštetih so daleč najpomembnejši biološki dejavniki razkroja, zato standard SIST EN 350-1 (1994), ki obravnava trajnost lesa in lesnih izdelkov, definira naravno odpornost lesa kot lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in označuje dovzetnost na škodljivce (Lesar in sod., 2008).

Razlike v naravni odpornosti posameznih drevesnih vrst lahko pripišemo biološkim aktivnim ekstraktivom v jedrovini. Inkrustirane ekstraktivne snovi, ki imajo fungistatičen in bakteriostatičen učinek, se nahajajo v celičnih stenah jedrovine (Lesar in sod., 2008). Prav ti ekstraktivi povečujejo naravno odpornost jedrovine. Delež ekstraktivnih snovi v beljavi je majhen. Zato beljava praviloma ni odporna proti biološkim dejavnikom.

Na naravno odpornost lesa poleg jedrovinskih snovi vplivata tudi količina hranilnih snovi in vsebnost dušika v lesu, ki sta ključnega pomena za sintezo aminokislin in hitina pri glivah in insektih.

Pomemben učinek na naravno odpornost ima tudi hidrofobnost lesa, ki jo povečujejo hidrofozne snovi v lumnih celic, tile, gumozni depoziti idr. Hidrofozne lastnosti ima na primer kavčuk v lesu tika (Budija in Čufar, 2008). Tile so z vidika naravne odpornosti v lesu zaželeni, ker zmanjšujejo mobilnost vode in s tem izpiranje ekstraktivnih snovi (Lesar in sod., 2008).

Na naravno odpornost odločilno vpliva tudi zgradba celične stene. Lignifikacija na primer encimom fizično preprečuje dostop do polisaharidov (celuloze in hemiceluloz).

Visoka gostota lesa ni nujen pokazatelj odpornosti lesa. Primer tega je bukovina, ki je kljub dokaj visoki gostoti manj odporna kot na primer les jedrovine bora. Nasprotno so ugotovili pri hrastovi jedrovini. Tu je les s širšimi branikami, ki ima večjo gostoto, bolj odporen. Vendar pa naravne odpornosti lesa ne moremo napovedati na osnovi širine branik, saj nanjo pomembno vpliva predvsem količina ekstraktivnih snovi (Lesar in sod., 2008).

Tudi odpornost jedrovine ni enakomerna. Razlike so že znotraj istega drevesa, pri čemer velja, da je zunanji (najmlajši del) jedrovine, ki je najbližji beljavi, najbolj odporen, odpornost pa nato pada proti strženu, kjer je najmanjša (Lesar in sod., 2008). Velja pa omeniti, da navedena trditev drži za les listavcev in iglavcev, ki rastejo v zmernem klimatskem pasu. Do razlik v odpornosti jedrovine najverjetneje pride zaradi encimskih ali mikrobioloških sprememb v ekstraktivih zaradi staranja drevesa in zaradi izpiranja v vodi topnih biološko aktivnih ekstraktivov. Pomemben razlog je tudi manjša vsebnost ekstraktivnih snovi v juvenilnem lesu. Prav tako je dokazano, da je zunanja jedrovina starejših dreves odpornejša kot pri mlajših drevesih primerljivih dimenzij. Možno je, da drevesa s starostjo proizvedejo več ekstraktivov. Naravna odpornost variira tudi po višini drevesa, pri čemer velja, da narašča z naraščanjem razdalje od korenin (Lesar in sod., 2008).

Znano je tudi, da lahko naravna odpornost zelo variira med drevesi iste vrste. Na to predvsem vpliva genetska zgradba, vitalnost drevesa in rastni pogoji. Dokazano je, da se lastnosti dreves iste vrste lahko razlikujejo za več trajnostnih razredov ob upoštevanju, da niso rasli na isti lokaciji (Lesar in sod., 2008).

Čas sečnje po podatkih literature nima neposrednega vpliva na lastnosti jedrovine, vključno z njegovo naravno odpornostjo. Kljub temu so tradicionalno čas sečnje največkrat prilagodili letnemu času in luninim menam. Sekali so najpogosteje v obdobju med drugo polovico avgusta in prvo polovico februarja, ko se naj bi zaradi neugodnih razmer za razvoj in delovanje gliv in insektov zmanjšala možnost za okužbe (Lesar in sod., 2008). Danes vemo, da sta tako les letne ali zimske sečnje lahko enako (ne)odporen, če sta med uporabo izpostavljena razmeram, ki so ugodne za razvoj gliv in insektov.

2.5 VARIABILNOST LASTNOSTI LESA

Les je nehomogen, anizotropen in higroskopen material. Zaradi svojega biološkega izvora je tudi izredno variabilen, zato se v postopkih predelave in obdelave odziva specifično (Gorišek, 2009).

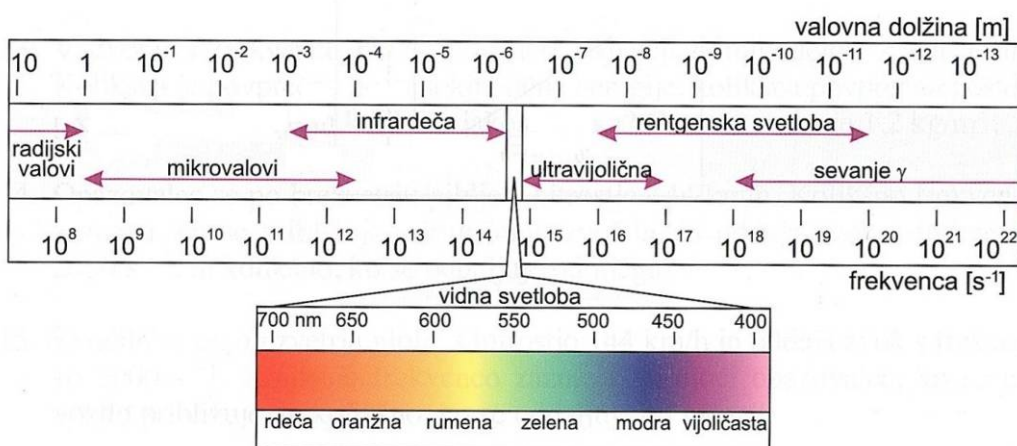
Les ima zaradi svojih različnih fizikalnih in mehanskih lastnosti zelo raznoliko uporabnost. Pri predelavi lesa za izdelke moramo upoštevati več dejavnikov hkrati. To so mesto vgradnje, namembnost izdelka, tehnološke lastnosti lesne vrste, fizikalne in estetske lastnosti. Pomembnejši dejavnik vsake drevesne vrste je značilna tekstura lesa, ki daje lesu skupaj z barvo vizualno raznolikost. Na značilnosti lesa posamezne drevesne vrste v splošnem vplivajo predvsem vrojene lastnosti, deloma pa tudi razmere, v katerih je drevo raslo.

Identifikacijo lesa lahko opravimo makroskopsko ali mikroskopsko. Pri makroskopski identifikaciji sta pomembni barva in anatomske znaki, ki jih vidimo s prostim očesom ali lupo. Kadar to ni mogoče, si pomagamo z mikroskopsko identifikacijo, ki temelji na opazovanju znakov, vidnih pod mikroskopom (Čufar, 2006). Za prepoznavanje drevesne vrste pod mikroskopom moramo poznati anatomske znake. Pri tem nam je lahko v pomoč računalniški program INTKEY (Richter in Dallwitz, 2002). Pomagamo pa si lahko tudi s ključi raznih drugih avtorjev. Eden izmed njih je večvhodni ključ za mikroskopsko določevanje lesa listavcev po Brazierju in Franklinu iz leta 1961 (Čufar, 2006). Pri tem se

pojavi vprašanje, ali lahko dve podobni drevesni vrsti, kot sta evropski in ameriški oreh, z makroskopsko in mikroskopsko identifikacijo dovolj natančno razlikujemo. Ključ INTKEY na primer ba oreha obravnava skupaj, vendar navaja tudi nekaj znakov za razlikovanje obeh vrst.

2.6 BARVA

Ves čas nas obkrožajo elektromagnetna valovanja daljših in krajših valovnih dolžin, vendar je človeškemu očesu viden le majhen del celotnega spektra elektromagnetnega valovanja. To območje zaznavamo v obliki različnih barv. Valovne dolžine in frekvenčno območje posameznih območij elektromagnetnega valovanja so prikazana na sliki (Slika 1).



Slika 1: Valovne dolžine in frekvence elektromagnetnega spektra (Strnad, 2004)

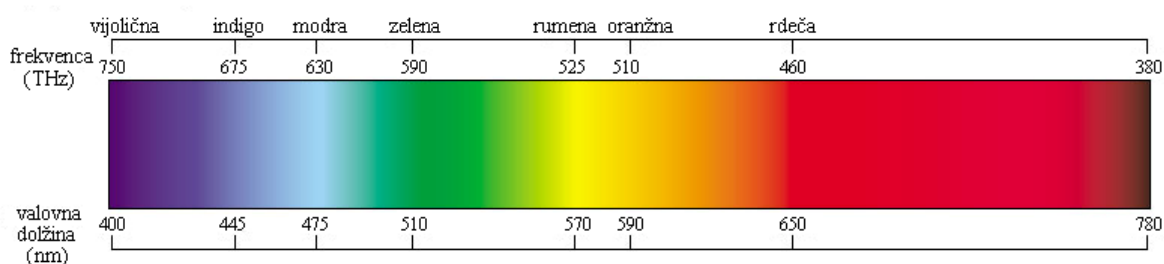
Spekter valovnih dolžin elektromagnetnega valovanja, ki ga ljudje zaznavamo z očesom, imenujemo vidna svetloba. Obsega valovanje od vijolične svetlobe z valovno dolžino 380 nm do rdeče svetlobe z valovno dolžino 780 nm. V vidnem delu spektra je vsaka barva določena s svojo valovno dolžino. Krajše svetlobne valove vidimo kot vijolične in modre barve, srednje dolge kot zelene in rumene barve, daljše svetlobne valove pa vidimo kot oranžne in rdeče barve. Del svetlobe, ki pade na predmet, se absorbira (vpije), del se je reflektira (odbije) in del se je transmitira (preseva). Na podlagi vseh teh pojavov in

interferiranja svetlobe različnih valovnih dolžin sprejemamo skozi oko informacijo, ki jo zaznavamo kot barvo.

Spekter barv v vidnem območju sestavljajo naslednje osnovne barve:

- vijolična
- modra
- zelena
- rumena
- oranžna in
- rdeča

Valovne dolžine posameznih barv prikazuje slika (Slika 2).



Slika 2: Frekvenčno območje in valovne dolžine osnovnih barv v vidnem delu spektra (Encyclopedia Britannica, 2006)

Iz spektra osnovnih barv, ki sestavljajo vidno svetlobo, je mogoče z mešanjem le teh dobiti kakršenkoli odtenek barve. Kakšno barvo bomo zaznali je odvisno od tega, koliko svetlobe bo opazovani predmet absorbiral in koliko se je bo odbilo nazaj v okolico. Črno barvo zaznamo, ko opazovani predmet absorbira vso svetlobo in se je nič ne odbije. Belo barvo pa zaznamo takrat, ko se vsa svetloba od predmeta odbije. Barvo lahko dodatno opišemo tudi s svetlostjo. To pomeni, da jo primerjamo s tem, koliko je podobna beli barvi.

Katero barvo opazujemo ali zaznavamo, je nemogoče natančno določiti vizualno, saj nimamo nobene podlage, na katero bi se lahko opirali. Kadar sami zaznavamo barvo kot na primer rjavordečo, to ne pomeni, da si jo bo sogovornik predstavljal tudi takšno, kot jo mi vidimo. Takšni opisi pridejo prav le v pogovorih ali poljudnoznanstvenih opisih, kjer točen

odtenek barve nima bistvenega pomena. V industriji, kjer so odtenki, kontrasti in svetlost barve pomembni, pa so besedni opisi barv z vidika primerjalnih vrednosti neuporabni.

Za potrebe standardizacije in tako težnje po enotnem določanju barv so leta 1931 v mednarodni organizaciji CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) postavili mejnike v numeričnem vrednotenju barv. Eden od sistemov za takšno vrednotenje je CIE L^*a^*b , ki smo ga v diplomski nalogi uporabili pri numeričnem določevanju barve lesa oreha. Postopek merjenja je opisan v poglavju 3.2.

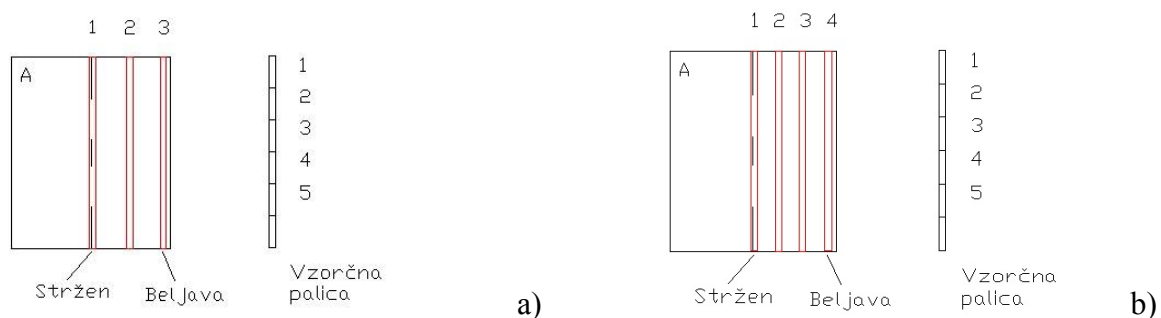
3 MATERIAL IN METODE

3.1 IZBOR IN IZDELAVA VZORCEV

Vzorci lesa evropskega in ameriškega oreha (*Juglans regia* L. in *Juglans nigra* L.) smo zbrali na lesnih skladiščih. Izbrane radialne deske so morale vsebovati les vse od stržena do periferije. Debelina desk je bila 5 cm, širina pa 30–43 cm. Izbrali smo les brez napak in poškodb.

Za določitev barve lesa s spektrofotometrom in za izvedbo testa naravne odpornosti smo deske obdelali na način, kot to predpisuje standard SIST EN 350-2. Iz desk smo v smeri vlaken izžagali palice, široke okoli 3 cm. Pri ameriškem orehu smo palice izžagali na treh mestih (stržen, jedrovina in beljava), pri evropskem orehu pa na štirih (stržen, jedrovina, proge in beljava). Za tem smo palice na skobeljnem stroju poravnali in orientirali tako, da so letnice potekale pravokotno na stranice. S tem smo dobili čiste radialne in tangencialne površine. Poravnane in orientirane palice smo na debelinskem skobeljnem stroju poskobljali na dimenzije $2 \times 2,5$ cm. Iz vsake od teh palic smo izžagali po pet testnih vzorcev dolžine 5 cm.

Zaradi sledljivosti vzorcev smo morali le-te smiselno označiti. Določili smo sistem, ki je s črkami označeval desko, s prvo številko palico iz posamezne deske, z drugo številko pa številko vzorca iz palice. Za označevanje ameriškega oreha smo uporabili črke od A do F, za evropski oreh pa črke od I do N. Mesto odvzema palic in vzorcev ter njihovo označevanje prikazuje slika (Slika 3).



Slika 3: Skica izžagovanja vzorcev za ameriški oreh (a) in evropski oreh (b)

Ppreglednice 1, 2, 3 in 4 prikazujejo seznam vzorcev za meritve barve, test naravne odpornosti lesa in raziskav anatomske zgradbe lesa.

Legenda: - Tv... Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*),
- Gt... Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*),
- Pv... Bela hišna goba (*Poria vaillantii*).

Preglednica 1: Vzorci ameriškega oreha (*Juglans nigra* L.) za merjenje barve, test naravne trajnosti in anatomske preiskave lesa pri izpostavljenosti glivam pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*), rjave tramovke (*Gloeophyllum trabeum*) in bele hišne gobe (*Poria vaillantii*)

Šifra vzorca	Barva	Tv	Gt	Pv	Anatomija
A1-1	X	X			X
A1-2	X		X		
A1-3	X			X	
A1-4	X				
A1-5	X				X
A2-1	X	X			
A2-2	X		X		
A2-3	X			X	
A2-4	X				
A2-5	X				
A3-1	X	X			
A3-2	X		X		
A3-3	X			X	
A3-4	X				
A3-5	X				
B1-1	X	X			
B1-2	X		X		
B1-3	X			X	
B1-4	X				
B1-5	X				
B2-1	X	X			
B2-2	X		X		
B2-3	X			X	
B2-4	X				
B2-5	X				
B3-1	X	X			
B3-2	X		X		
B3-3	X			X	X
B3-4	X				
B3-5	X				X

Šifra vzorca	Barva	Tv	Gt	Pv	Anatomija
C1-1	X	X			X
C1-2	X		X		
C1-3	X			X	
C1-4	X				
C1-5	X				
C2-1	X	X			
C2-2	X		X		X
C2-3	X			X	X
C2-4	X				
C2-5	X				
C3-1	X	X			
C3-2	X		X		X
C3-3	X			X	
C3-4	X				
C3-5	X				
D1-1	X	X			
D1-2	X		X		
D1-3	X			X	
D1-4	X				
D1-5	X				
D2-1	X	X			X
D2-2	X		X		
D2-3	X			X	
D2-4	X				
D2-5	X				X
D3-1	X	X			
D3-2	X		X		
D3-3	X			X	
D3-4	X				
D3-5	X				

Preglednica 2: Vzorci ameriškega oreha (*Juglans nigra* L.) za merjenje barve, test naravne trajnosti in anatomske preiskave lesa pri izpostavljenosti glivam pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*), rjave tramovke (*Gloeophyllum trabeum*) in bele hišne gobe (*Poria vaillantii*)

Šifra vzorca	Barva	Tv	Gt	Pv	Anatomija
E1-1	X	X			
E1-2	X		X		
E1-3	X			X	
E1-4	X				
E1-5	X				
E2-1	X	X			
E2-2	X		X		
E2-3	X			X	
E2-4	X				
E2-5	X				
E3-1	X	X			X
E3-2	X		X		
E3-3	X			X	
E3-4	X				
E3-5	X				
F1-1	X	X			
F1-2	X		X		
F1-3	X			X	
F1-4	X				
F1-5	X				
F2-1	X	X			
F2-2	X		X		
F2-3	X			X	
F2-4	X				
F2-5	X				
F3-1	X	X			
F3-2	X		X		
F3-3	X			X	
F3-4	X				
F3-5	X				

Preglednica 3: Vzorci evropskega oreha (*Juglans regia* L.) za merjenje barve in test naravne trajnosti in anatomske preiskave lesa pri izpostavljenosti glivam pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*), rjave tramovke (*Gloeophyllum trabeum*) in bele hišne gobe (*Poria vaillantii*)

Šifra vzorca	Barva	Tv	Gt	Pv	Anatomija
I1-1	X				
I1-2	X				
I1-3	X	X			X
I1-4	X		X		
I1-5	X			X	
I2-1	X				
I2-2	X				
I2-3	X	X			
I2-4	X		X		
I2-5	X			X	
I3-1	X				
I3-2	X				
I3-3	X	X			
I3-4	X		X		
I3-5	X			X	
I4-1	X				X
I4-2	X				
I4-3	X	X			
I4-4	X		X		
I4-5	X			X	
J1-1	X				X
J1-2	X				
J1-3	X	X			
J1-4	X		X		
J1-5	X			X	
J2-1	X				X
J2-2	X				
J2-3	X	X			
J2-4	X		X		
J2-5	X			X	X
J3-1	X				X
J3-2	X				
J3-3	X	X			
J3-4	X		X		
J3-5	X			X	X
J4-1	X				
J4-2	X				
J4-3	X	X			
J4-4	X		X		
J4-5	X			X	

Šifra vzorca	Barva	Tv	Gt	Pv	Anatomija
K1-1	X				
K1-2	X				
K1-3	X	X			
K1-4	X		X		
K1-5	X			X	
K2-1	X				
K2-2	X				
K2-3	X	X			
K2-4	X		X		
K2-5	X			X	
K3-1	X				
K3-2	X				
K3-3	X	X			
K3-4	X		X		
K3-5	X			X	
K4-1	X				
K4-2	X				
K4-3	X	X			X
K4-4	X		X		
K4-5	X			X	
L1-1	X				
L1-2	X				
L1-3	X	X			
L1-4	X		X		X
L1-5	X			X	X
L2-1	X				
L2-2	X				
L2-3	X	X			
L2-4	X		X		X
L2-5	X			X	
L3-1	X				
L3-2	X				
L3-3	X	X			
L3-4	X		X		X
L3-5	X			X	
L4-1	X				
L4-2	X				
L4-3	X	X			
L4-4	X		X		X
L4-5	X			X	

Preglednica 4: Vzorci evropskega oreha (*Juglans regia* L.) za merjenje barve in test naravne trajnosti in anatomske preiskave lesa pri izpostavljenosti glivam pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*), rjave tramovke (*Gloeophyllum trabeum*) in bele hišne gobe (*Poria vaillantii*)

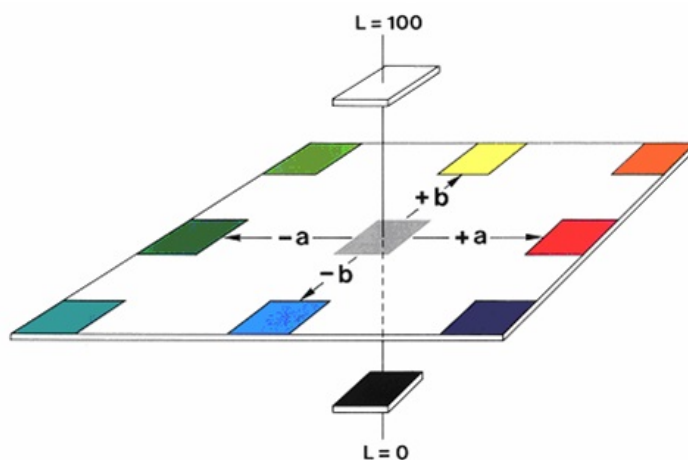
Šifra vzorca	Barva	Tv	Gt	Pv	Anatomija
M1-1	X				
M1-2	X				
M1-3	X	X			
M1-4	X		X		
M1-5	X			X	
M2-1	X				
M2-2	X				
M2-3	X	X			X
M2-4	X		X		
M2-5	X			X	
M3-1	X				
M3-2	X				
M3-3	X	X			X
M3-4	X		X		
M3-5	X			X	
M4-1	X				
M4-2	X				
M4-3	X	X			
M4-4	X		X		
M4-5	X			X	X
N1-1	X				
N1-2	X				
N1-3	X	X			
N1-4	X		X		
N1-5	X			X	X
N2-1	X				
N2-2	X				
N2-3	X	X			
N2-4	X		X		
N2-5	X			X	
N3-1	X				
N3-2	X				
N3-3	X	X			
N3-4	X		X		
N3-5	X			X	
N4-1	X				
N4-2	X				
N4-3	X	X			
N4-4	X		X		
N4-5	X			X	

3.2 MERJENJE BARVE

Na vzorcih, opisanih v točki 3.1, in ostankih palic, ki so pripadali isti coni posamezne deske, smo izvedli meritve barve. Meritve smo opravili s spektrofotometrom, ki deluje na osnovi barvnega sistema CIE $L^*a^*b^*$. To je sistem numeričnega vrednotenja barvnega spektra, ki je bil leta 1976 definiran kot sistem z enakimi prostorskimi razmiki (Pavlič in sod., 2008). To je trenutno najbolj pogosto uporabljen sistem za določitev barve.

Barvo določa kombinacija kartezijskega in cilindričnega koordinatnega sistema, kjer pomeni:

- L^* - svetlost barve in zavzema vrednosti od 0 (absolutno črno) do 100 (absolutno belo),
- a^* - določa lego barve na rdeče-zeleni osi,
- b^* - določa lego barve na rumeno-modri osi,



Slika 4: Sistem CIE $L^*a^*b^*$ (Golob in Golob, 2001)

Za vsako cono lesa smo na vzorcih opravili 20 meritev. S tem smo lahko zaradi obsega meritev dovolj zanesljivo ocenili barvo, ki se približa pravemu odtenku barve lesa. Meritve smo opravili na mestih z različno barvo, vendar brez rastnih anomalij in napak. Iz izmerjenih vrednosti posameznih vzorcev smo izračunali srednje vrednosti in pripadajoča odstopanja znotraj posamezne cone.

3.3 NARAVNA ODPORNOST LESA

Test naravne odpornosti lesa smo izvedli v skladu s standardom SIST EN 350-1 in SIST EN 350-2.

Za izvedbo testa naravne odpornosti smo pripravili 0,5 litrske kozarce s preluknjanimi pokrovčki. Kozarce in pokrovčke smo očistili ter jih v etanolu razkužili in osušili. V luknje na pokrovčkih smo vstavili vato, s čimer smo omogočili, da so glive, ki so razkrajale vzorčni les dobivale zrak, obenem pa je vata varovala notranjost kozarca pred okužbo z drugimi glivami. Za tem smo narezali mrežice, jih zložili v čašo, obtežili in za 24 ur potopili v etanol (Slika 5).



Slika 5: Razkuževanje mrežic v etanolu

Za hranilno gojišče smo uporabili hranilno podlago s komercialno oznako »Potato Dextrose Agar« (v nadaljevanju PDA). V liter vrele destilirane vode smo po navodilih proizvajalca vmešali 39 g PDA v prašnati obliki, ga dobro premešali in med mešanjem pustili nekaj časa vreti, da se je gojišče zgostilo. V vsak kozarec smo nalili 50 ml kuhanega PDA in ga zaprli s pokrovom. Vse kozarce smo nato zložili v avtoklav, kjer smo vzpostavili okolje s temperaturo 120 °C ali 1,5 bara. Ko smo to dosegli, smo počakali 45 minut in za tem počasi spuščali paro (cca. 30 min) (Slika 6). Ko smo izpustili vso paro, smo kozarce s hranilnim medijem vzeli iz avtoklava. Šele ohlajen hranilni medij v razkuženih kozarcih je bil pripravljen za cepitev gobe.



Slika 6: Laminarij in avtoklav

Za cepljenje so bile v skadu s standardom SIST EN 350-1 in SIST EN 350-2 izbrane naslednje vrste gob:

- navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murr.), s šifro Gt2,
- bela hišna goba, (*Poria vaillantii* (Dc.) Cooke), s šifro Pv2 in
- pisana ploskocevka, (*Trametes versicolor* (L.) Lloyd), s šifro Tv.

Inokulacijo hranilne podlage smo izvedli v laminariju. Vanj smo zložili kozarce s hranilnim medijem, ki smo jih skupaj s priborom za cepljenje izpostavili UV svetlobi, da so se razkužili. V komoro je pritekal zrak skozi filter in izhajal pri izhodu, od koder smo dostopali v komoro. V tem primeru sterilni zrak vedno izstopa od znotraj navzven, s čimer preprečimo možnost okužbe od zunaj. Pred začetkom dela v komori smo si razkužili roke z alkoholom. Na špiritnem gorilniku smo razkužili rob posode gojišča z glivami ter s plutovrtom izrezali cepiče glive. S spatulo smo inokulirane vzorec prenesli na hranilno podlago v kozarcu, ki smo ga pred odprtjem po robu pokrovčka obžgali. S pinceto smo v kozarec prenesli mrežico, ki smo jo pred tem prav tako sterilizirali. Kozarce smo sproti zapirali, da ne bi prišlo do okužbe, ter na steno kozarca zapisali oznako glive. Kozarce s cepljenimi glivami smo za sedem dni postavili v rastno komoro s temperaturo 21 °C in relativno zračno vlago (RZV) 75 % (Slika 7).



Slika 7: Zunanost in notranost rastne komore

Medtem ko se je micelij gliv razraščal v rastni komori, smo vzorce lesa dali v sušilnik. Tam so se sušili 24 ur pri temperaturi 103 ± 2 °C. Po sušenju smo vzorce postavili v eksikator, kjer so se pred tehtanjem ohladili na sobno temperaturo. Vzorce lesa smo tehtali na elektronski tehtnici na desetinko miligrama natančno, pri čemer je vse meritve beležil računalnik (Slika 8). Vzorce smo za tem porazdelili v steklene petrijevke. Te smo ovili s papirjem za avtoklaviranje in jih položili v avtoklav. Postopek avtoklaviranja vzorcev lesa je bil enak kot že prej opisan postopek avtoklaviranja kozarcev s hranilno podlago.

Po končanem avtoklaviranju vzorcev lesa smo le-te skupaj s pripravljenimi kozarčki gojišča gliv prestavili v laminarij. Kozarce s hranilnim gojiščem smo obžgali po robu in vanj s sterilno pinceto vstavili sterilizirane vzorce lesa. Kozarce smo takoj zaprli, jih ustrezno označili in položili nazaj v rastno komoro (25°C in 75 % RZV). Iz komore smo jih vzeli po 16-ih tednih. Iz vzorcev lesa smo previdno odstranili micelije in jih očistili.

Očiščene vzorce smo ponovno sušili 24 ur pri 103 ± 2 °C. Po tem času smo jih stehali in jim gravimetrično določili izgubo mase po formuli [1]:

$$im = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

...[1]

kjer so:

im ... izguba mase [%],

m₁ ... masa pred izpostavitvijo glivam [g],

m₂ ... masa po izpostavitvi glivam [g].



Slika 8: Elektronska tehtnica SARTORIUS

3.4 IZDELAVA MIKROSKOPSKIH PREPARATOV

Za izdelavo anatomskih preparatov smo uporabili že orientirane vzorčke suhega lesa, ki so bili predhodno uporabljeni v testu naravne odpornosti in intaktne vzorce, ki smo jih uporabili za opazovanje nepoškodovanega lesa. Za 10 dni smo jih namočili v 75 % alkohol, da se je les zmehčal. Po desetih dneh smo lahko narezali anatomske preparate debeline 20 μm . Narezali smo jih na drsnem mikrotomu, ki ima jeklena rezila. Za tem smo jih obarvali, pri čemer smo za obarvanje uporabili safranin in astra modro (Prislan in sod. 2009). Safranin je rdeče barvilo, ki ga uporabljamo za dokazovanje lignifikacije. Barvanje v safraninu je trajalo 5 min, v astra modrem pa 3 min. Astra modro pa je modro barvilo, ki ga uporabljamo za dokazovanje prisotnosti celuloze. Sledilo je izpiranje v 96% etanolu.

Preparate smo položili na objektno steklo in nanj kanili vklopni medij, v našem primeru evparal. Preparate smo poravnali in jih prekrili s krovnim steklom. Pri tem smo bili pozorni, da smo iztisnili ves zrak in obrisali presežek evparala. Na etiketo na steklu smo sproti zapisovali oznako vzorca, ki je bila zaradi sledljivosti ista kot tista pri ostalih vzorcih. Črka je označevala desko, številka mesto odvzema v deski. Tako pripravljene preparate smo obtežili in jih obtežene pustili sedem dni pri sobni temperaturi, da se je vklopni medij utrdil. Tako so bili preparati pripravljeni za opazovanje pod mikroskopom.

Opazovanje preparatov smo izvedli na raziskovalnem svetlobnem mikroskopu Nikon ECLIPSE E800, ki omogoča uporabo različnih tehnik. Preparate smo opazovali v svetlem polju in pri polarizirani svetlobi. Slike smo naredili z digitalno kamero DS-Fi1, ki je bila nameščena na mikroskop. Fotografije smo takoj računalniško obdelali in jih opremili z merilno skalo.

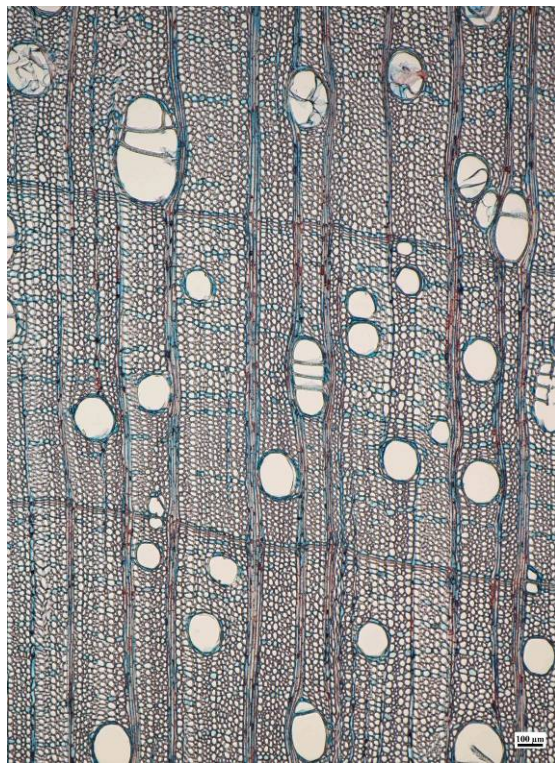
4 REZULTATI IN DISKUSIJA

4.1 MIKROSKOPSKA ZGRADBA EVROPSKEGA IN AMERIŠKEGA OREHA

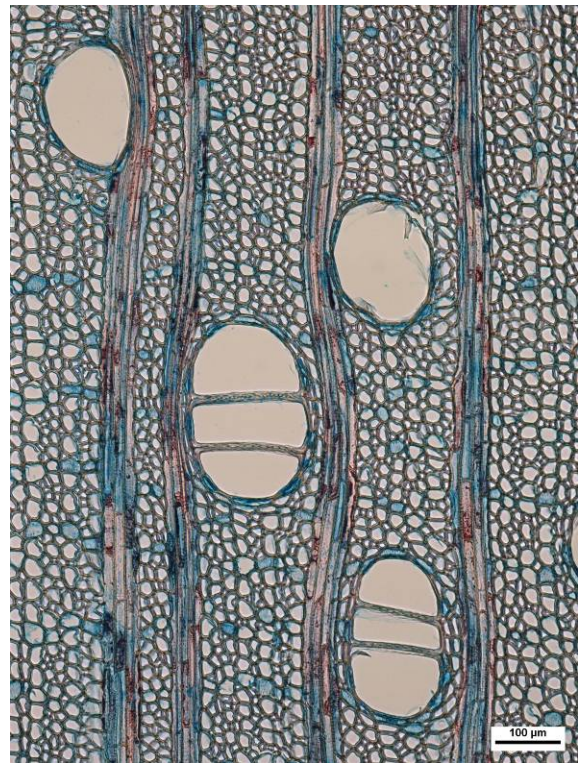
V tem poglavju je opisana mikroskopska zgradba lesa evropskega in ameriškega oreha. Opravljena je tudi primerjava in podan opis anatomskih znakov obeh drevesnih vrst.

4.1.1 Evropski oreh

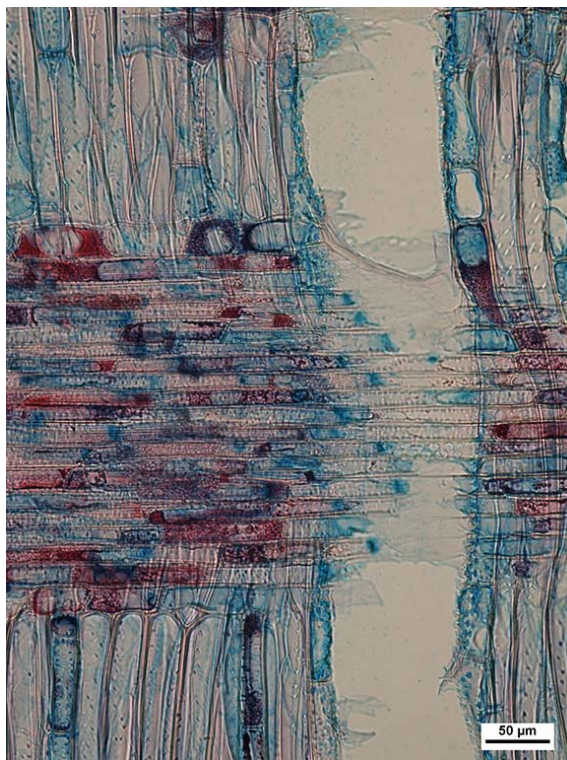
Les evropskega oreha je polvenčasto porozna drevesna vrsta (Slika 9). Traheje se posamično ali v radialnih skupinah do štiri traheje skupaj, kar je razvidno iz slike (Slika 9a). Traheje so velike do srednje velike, premera 75–210 μm (Slika 9b). Njihov premer se v smeri od ranega proti kasnemu lesu vidno zmanjšuje. Traheje imajo enostavne perforacije, v jedrovini vsebujejo številne bleščeče se tile. Piknje med trakovi in trahejami so majhne (Slika 9c). Trakovno tkivo je homogeno, široko 4–10 celic (Slika 9c). Aksialni parenhim je pretežno apotrahealen, difuzen, difuzen v skupinah in v pasovih.



a)



b)



c)

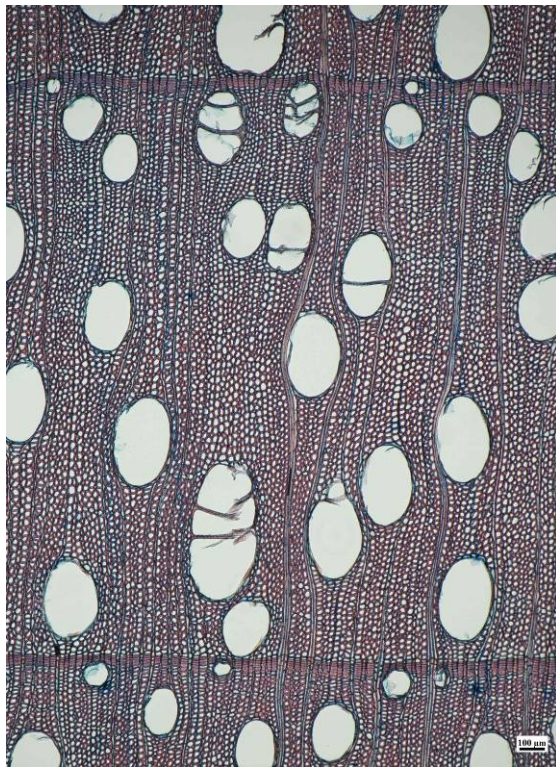


d)

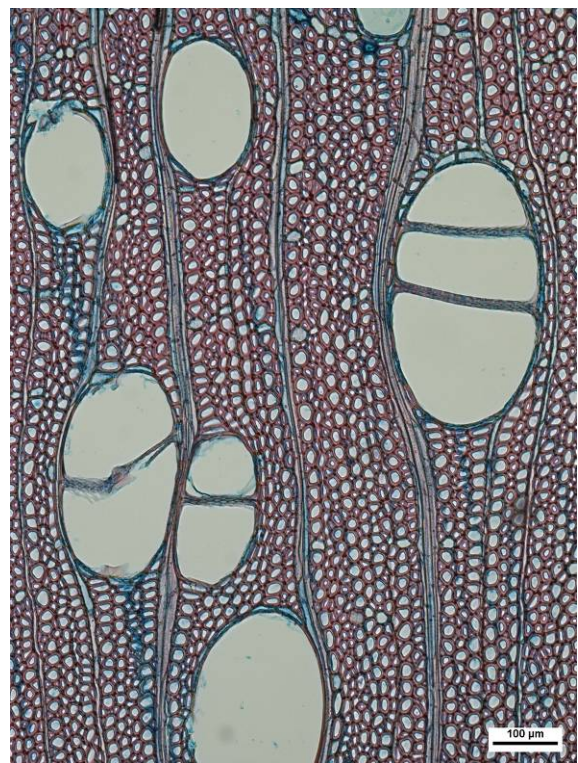
Slika 9: Prerez lesa evropskega oreha - (a,b) prečni, (c) radialni in (d) tangencialni

4.1.2 Ameriški oreh

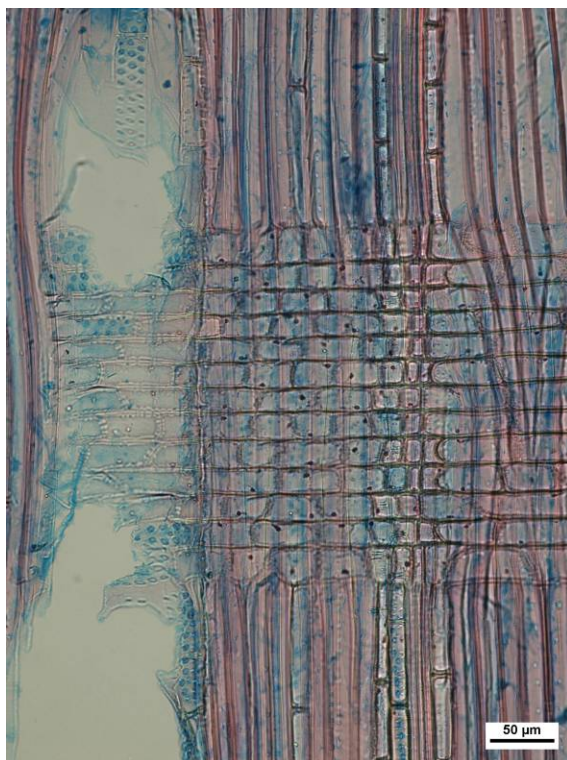
Razvidno je, da je les ameriškega oreha polvenčasto porozna drevesna vrsta (Slika 10). Traheje se nahajajo se posamično ali v skupinah do tri traheje v radialnih nizih (Slika 10a). Traheje so srednje velike, premera 75–210 μm . Imajo enostavne perforacije. V jedrovini najdemo številne bleščeče tile. Piknje med trakovi in trahejami so majhne. Trakovno tkivo je heterogeno, široko 2-3 celice (Slika 10c). Aksialni parenhim je pretežno apotrahealen v difuznih skupinah in v pasovih. V celicah trakov, aksialnem parenhimu in vlaknih se nahajajo romboidni kristali (Slika 11 in Slika 12).



a)



b)



c)

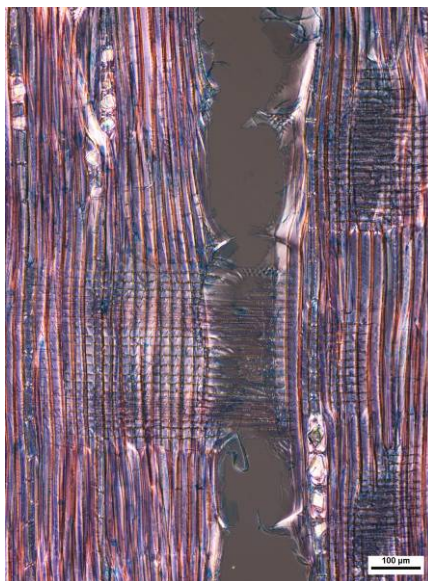


d)

Slika 10: Prerez lesa ameriškega oreha - (a,b) prečni, (c) radialni in (d) tangencialni

4.1.3 Razlikovalni znaki med evropskim in ameriškim orehom

Les ameriškega oreha se razlikuje od lesa evropskega, po tem da ima heterogeno trakovno tkivo in romboidne kristale v celicah trakov, aksialnega parenhima in vlaken (Slika 11). Le-ti so dobro vidni s pomočjo polarizirane svetlobe (Slika 11 in Slika 12).



Slika 11: Ameriški oreh: romboidni kristali v aksialnem parenhimu



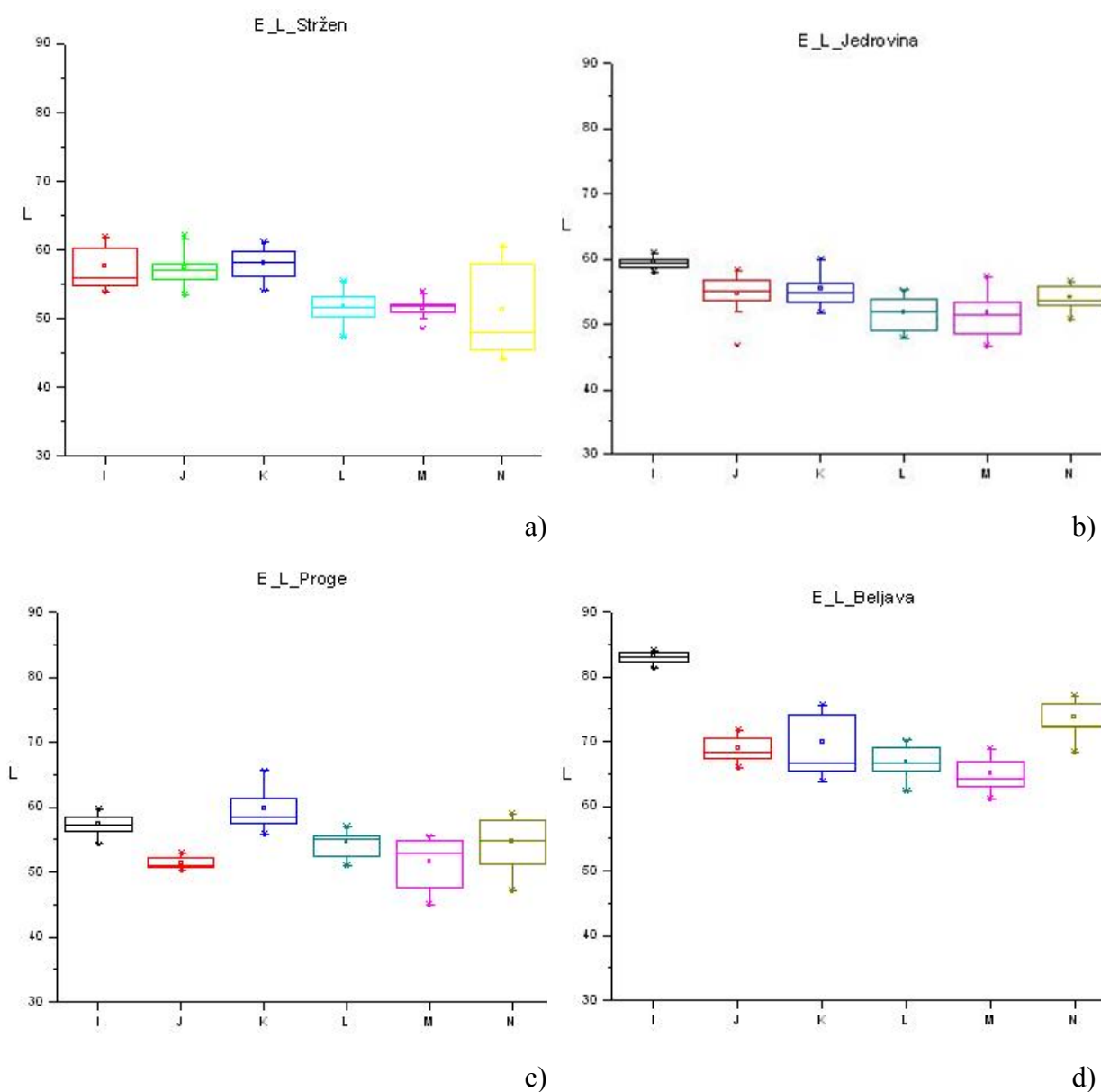
Slika 12: Ameriški oreh: romboidni kristali - prečni prerez

4.2 BARVA

V poglavju so podani rezultati meritev barve lesa evropskega in ameriškega oreha s spektrofotometrom na način, kot je opisan v poglavju 3.2.

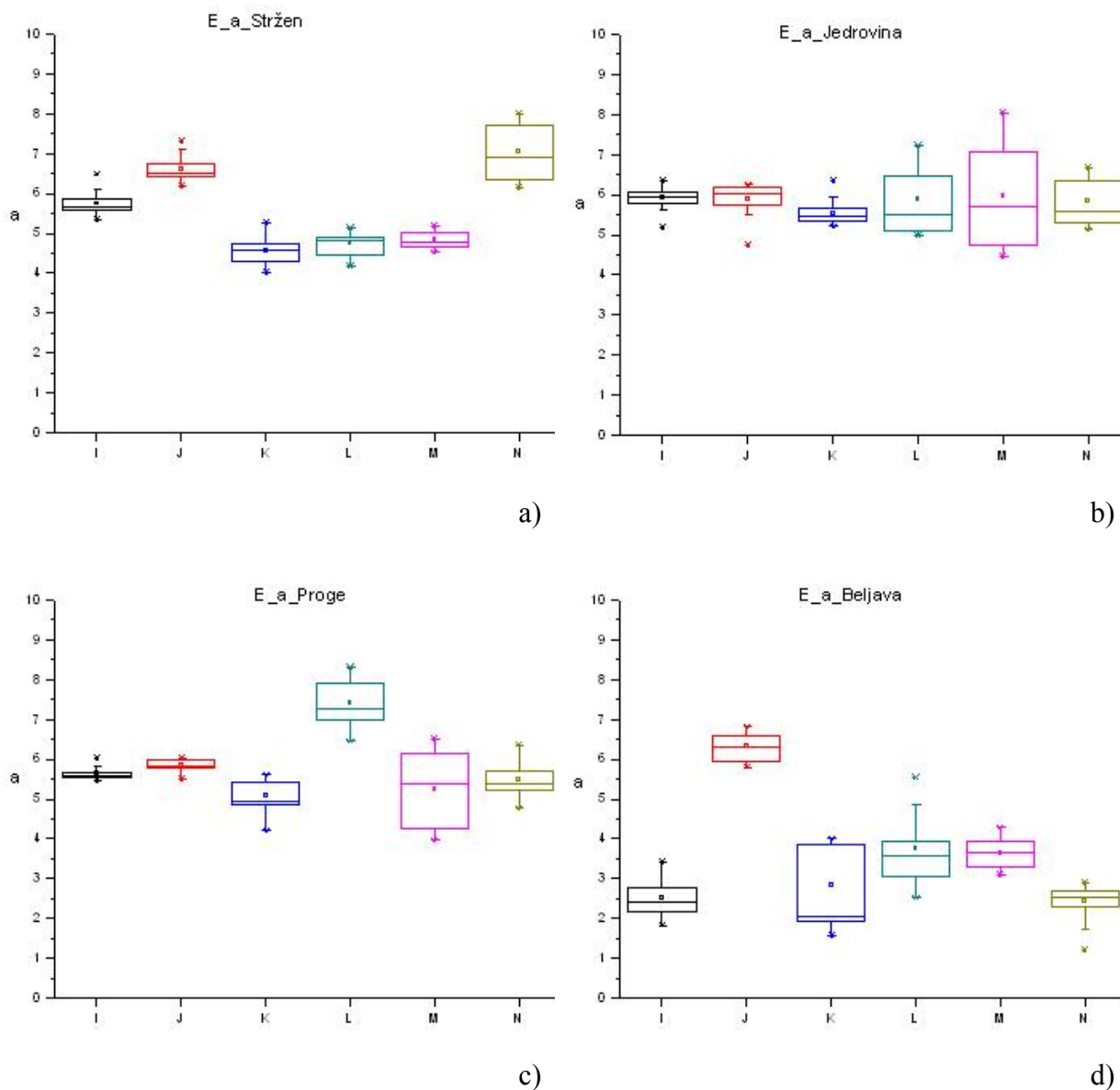
4.2.1 Evropski oreh

Iz slike (Slika 13) je razvidno, da je predel beljave (Slika 13d) izrazito svetlejši od ostalih opazovanih predelov. Opazimo lahko, da je izmerjena svetlost v predelu jedrovine (Slika 13b) zenačena. Do večjih razlik v svetlosti pride v predelu stržena (Slika 13a) in prog (Slika 13c). V predelu beljave zaznamo precejšnje odstopanje v svetlosti med posameznimi vzorci.



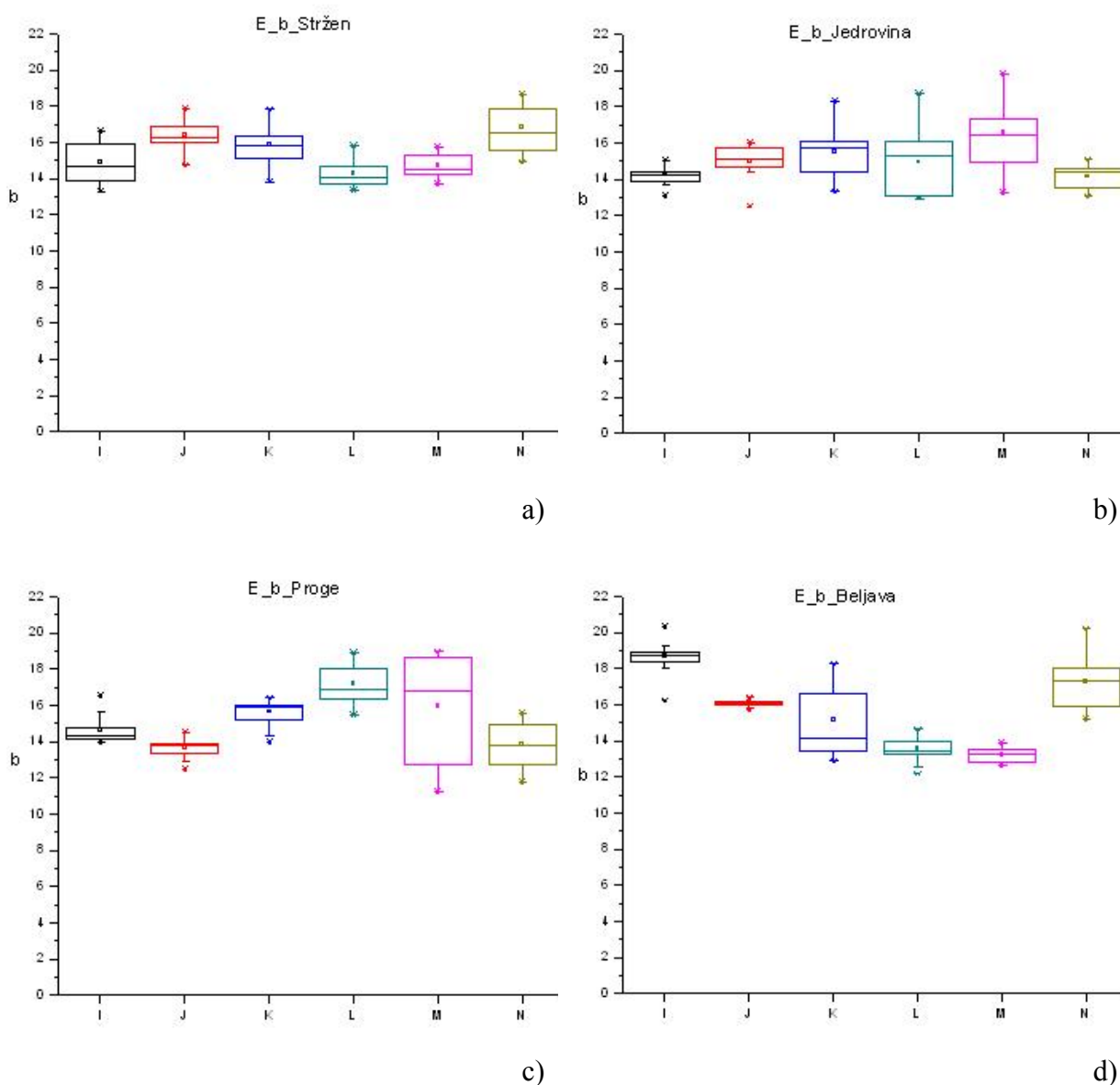
Slika 13: Les evropskega oreha: svetlost (L) od stržena do beljave za 6 dreves (I-N)

Iz slike (Slika 14) je razvidno, da barva lesa evropskega oreha vsebuje rdečo komponento. Vrednost izmerjene rdeče komponente je najbolj izenačena pri vzorcih ob strženu (Slika 14a) in v predelu jedrovine (Slika 14b). Do malega odstopanja pride v predelu prog, kar je bilo pričakovano. Največje odstopanje opazimo v predelu beljave (Slika 14d).



Slika 14: Les evropskega oreha: rdeča komponenta (a) od stržena do beljave za 6 dreves (I-N)

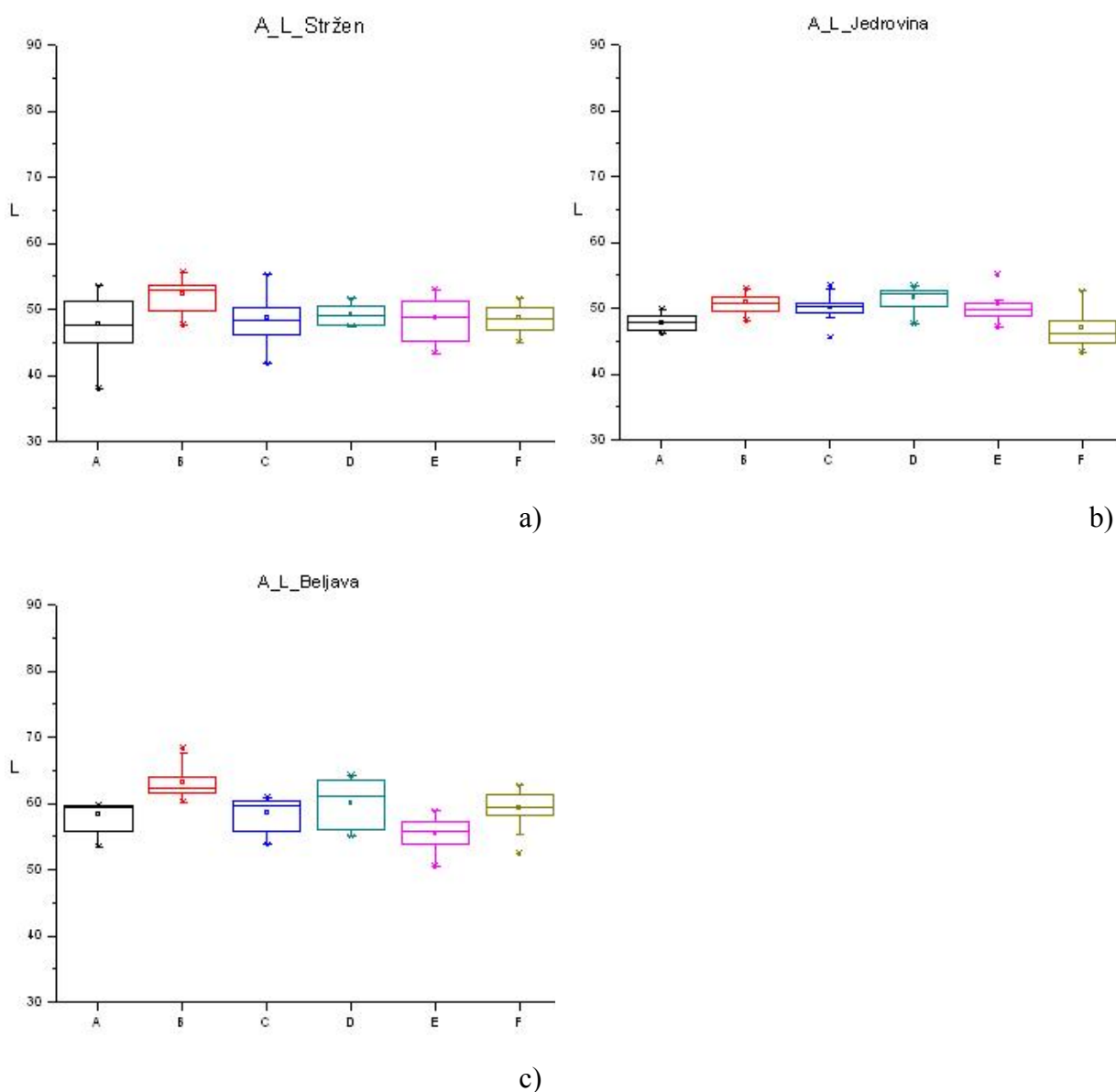
Iz slike (Slika 15) je razvidno, da barva lesa evropskega oreha vsebuje rumeno komponento. Delež barve je bil v vseh merjenih območjih v okviru istih vrednosti. Opazimo pa lahko, da je odstopanje v deležu rumene barve največje v območju beljave (Slika 15d), manjše v območju prog (Slika 15c). V območju stržena (Slika 15a) in jedrovine (Slika 15b) pa je delež rumene barve najbolj izenačen.



Slika 15: Les evropskega oreha: rumena komponenta (b) od stržena do beljave za 6 dreves (I-N)

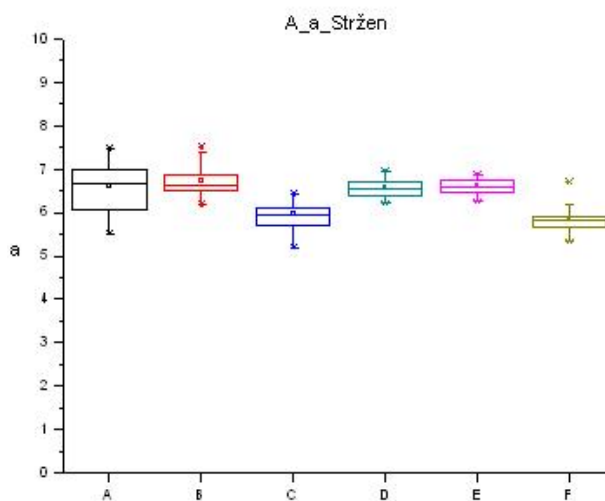
4.2.2 Ameriški oreh

Iz slike (Slika 16c) je razvidno, da je pri ameriškem orehu predel beljave izrazito bolj svetel od ostalih dveh skupin vzorcev. V območju stržena (Slika 16a) in jedrovine (Slika 16b) so vzorci enakomerno svetli, le da so v predelu jedrovine bolj enotni. Večje odstopanje opazimo v predelu beljave (Slika 16c).

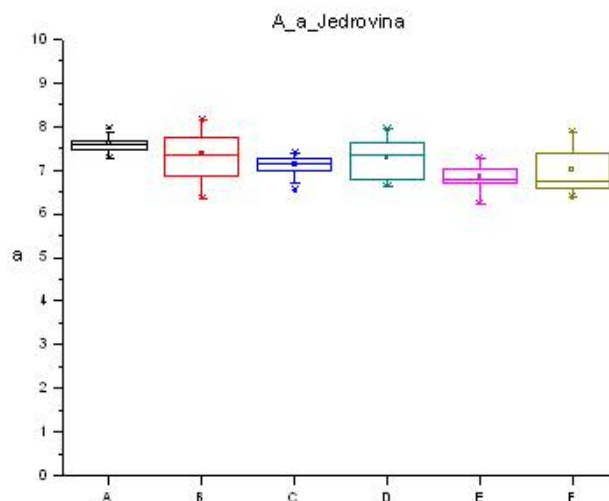


Slika 16: Les ameriškega oreha: svetlost (L) od stržena do beljave za 6 dreves (A-F)

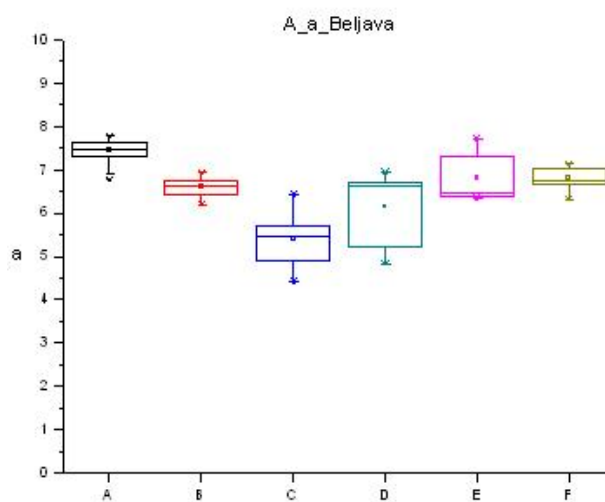
Iz slike (Slika 17) je razvidno, da les ameriškega oreha vsebuje rdečo komponento. V območju stržena (Slika 17a) in jedrovine (Slika 17b) je variiranje med vzorci zmerno. V območju beljave (Slika 17c) opazimo na splošno manjši delež rumene komponente, prihaja pa do večjih odstopanj med vzorci.



a)



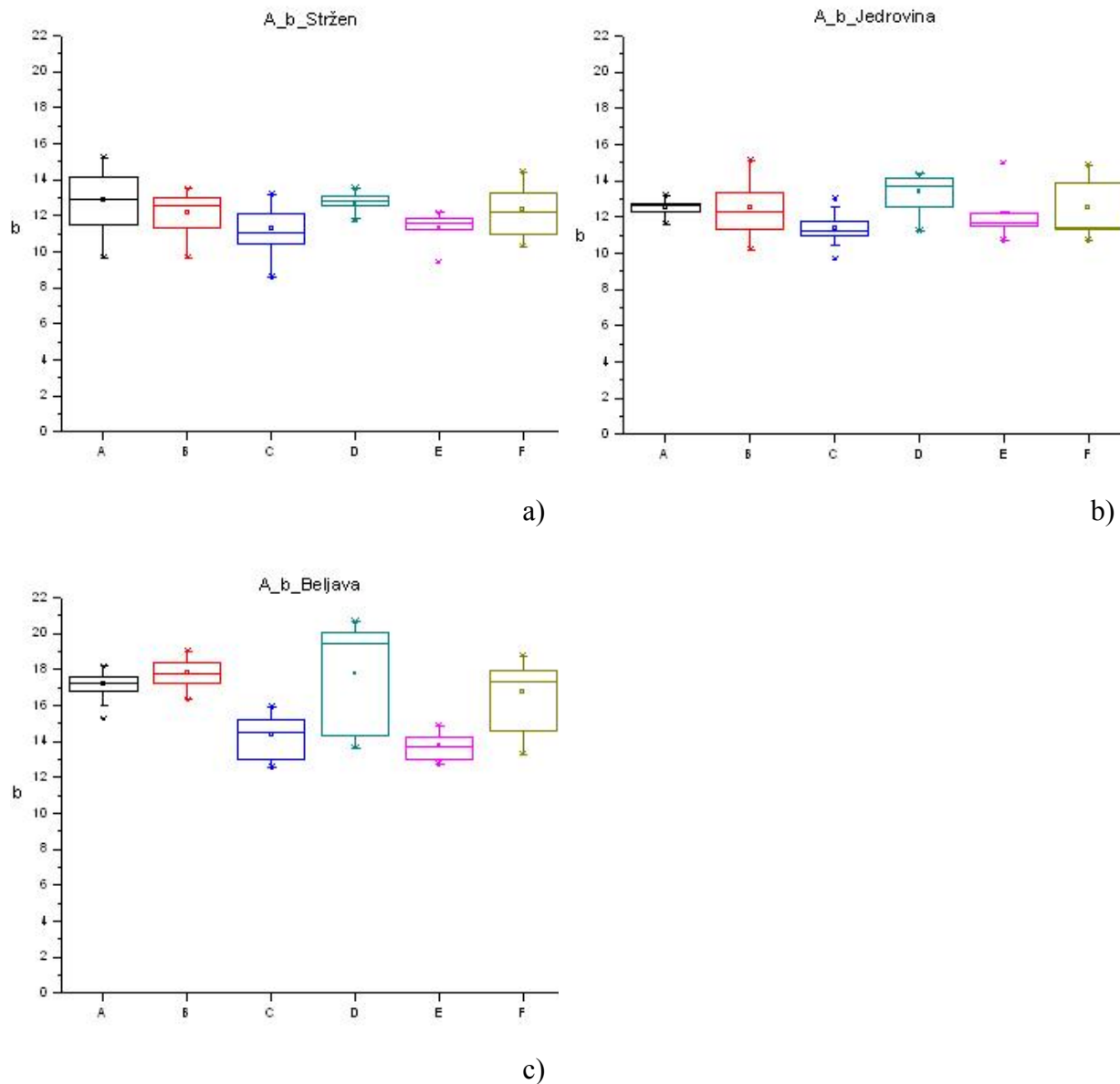
b)



c)

Slika 17: Les ameriškega oreha: rdeča komponenta (a) od stržena do beljave za 6 dreves (A-F)

Iz slike (Slika 18) je razvidno, da les ameriškega oreha vsebuje rumeno komponento. Vzorci stržena (Slika 18a) in jedrovine (Slika 18b) vsebujejo enake vrednosti rumene komponente, le da je zaznati odstopanje znotraj posameznih vzorcev. V beljavi (Slika 18c) je delež rumene barve med posameznimi vzorci različen.



Slika 18: Les ameriškega oreha: rumena komponenta (b) od stržena do beljave za 6 dreves (A-F)

Navedeni rezultati kažejo, da je beljava pri evropskem in ameriškem orehu izrazito svetlejša od jedrovine. Razlike v svetlosti med beljavo in jedrovino so bile večje pri evropskem kot pri ameriškem orehu. Meritve so pokazale, da evropski in ameriški oreh vsebujeta rdečo komponento, na splošno pa je večji delež le-te pri ameriškem orehu. Pri obeh merjenih vrstah je prisotna tudi rumena komponenta, pri čemer jedrovina evropskega oreha vsebuje več le-te. V beljavi so izmerjene vrednosti rumene komponente med obema vrstama primerljive.

Sklepamo lahko, da je z merjenjem svetlosti mogoče zanesljivo ločiti jedrovino od beljave, tako pri evropskem kot pri ameriškem orehu. Rezultati vsebnosti rdečih in rumenih komponent pa so za določitev vrste lesa na podlagi meritev neprimerni, saj so si vrednosti preveč podobne. Prav tako ni mogoče na podlagi meritev barv ločiti prog od običajne jedrovine. Do tega pride zaradi samega postopka meritve, ki pri merjenju zajame krog premera 20 mm, same proge pa v lesu evropskega oreha predstavljajo ožji del. Na podlagi opravljenih meritev ugotovimo, da se jedrovini evropskega in ameriškega oreha po barvi ločita, vendar so razlike majhne in ne morejo biti zanesljivo merilo. Kljub temu je opaziti, da pri večjem številu opravljenih meritev jedrovina ameriškega oreha vsebuje več komponente rdeče barve in manj komponente rumene barve v primerjavi z evropskim orehom. Z merjenjem barve torej ne bi mogli ločiti evropskega oreha od ameriškega.

4.3 NARAVNA ODPORNOST

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati testa naravne odpornosti. Podani so v obliki podrobnih opisov s slikami. Na koncu je predstavljena preglednica z ocenami razkroja vzorcev.

Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*)

Ameriški oreh

Beljava ameriškega oreha se je po okužbi s pisano ploskocevko izkazala za manj odporno v primerjavi z ostalimi testiranimi predeli. Barva se je spremenila iz rumenkasto bele na svetlo. Testni vzorci so ohranili prvotno obliko in ni bilo zaznati posebnih razpok na površini, kar je značilno za belo trohno. Na vseh testnih vzorcih zaznamo znake razkroja v velikem obsegu. Izguba mase je bila velika.

Na vzorcih jedrovine razkroj s pisano ploskocevko opazimo, a ne v tolikšni meri kot v predelu beljave. Predel, do koder se je goba razraščala na vzorcih, je jasno viden. Obseg razkroja se vidi po barvi, saj so vzorci na predelu, kamor se je goba razraščala, postali svetli. Tudi tukaj ni opaziti površinskih razpok ali porušenih celičnih sten. Vzorci so lažji v primerjavi z intaktnimi vzorci. Med posameznimi vzorci ni velikih razlik.

Predel stržena se je pri ameriškem orehu pri okužbi s pisano ploskocevko izkazal za delno odpornega do odpornega. Na vzorcih opazimo sledove razkroja v obliki svetlejšje barve in v zmanjšane mase vzorcev v primerjavi z intaktnimi. Oblika testnih vzorcev je ostala nespremenjena. Med posameznimi vzorci opazimo precejšnje razlike v odpornosti, saj smo nekatere vzorce uvrstili med delno odporne, nekatere pa v odporne (Slika 19b).



a)



b)

Slika 19: Razkroj s pisano ploskocevko – (a) evropski oreh, predel stržena in (b) ameriški oreh, predel stržena

Evropski oreh

Beljava evropskega oreha se je po okužbi s pisano ploskocevko izkazala za neodporna.

Predel prog se je v primerjavi z beljavo pri okužbi s pisano ploskocevko izkazal za veliko bolj odporenega, zato so bili vzorci razvrščeni v odporen razred. Vzorci so ohranili prvotno obliko. Opazimo, da je na mestu, kjer je razkrajala pisana ploskocevka, les spremenil barvo in postal svetlejši. Površinskih razpok ni zaznati (Slika 20).

Predel jedrovine je pri evropskem orehu po odpornosti pri okužbi s pisano ploskocevko primerljiv s predelom prog. Podobno so tudi tu vzorci uvrščeni v odporen razred. Prav tako se razkroj kaže v obliki spremembe barve na svetlejšo in v spremembi mase.

Evropski oreh se je v predelu stržena pri okužbi s pisano ploskocevko izkazal za manj odpornega v primerjavi z jedrovino in predelom prog. Zaznati je mogoče velike razlike razkroja med posameznimi vzorci, zato smo nekatere vzorce uvrstili med zelo razkrojene, nekatere pa med malo razkrojene. Vzorci so ohranili prvotno obliko, razkroj pa se kaže v obliki spremembe barve in manjši teži v primerjavi z intaktnimi vzorci (Slika 19a).



a)



b)

Slika 20: Razkrojeni vzorci s pisano ploskocevko - (a) evrpski oreh in (b) ameriški oreh

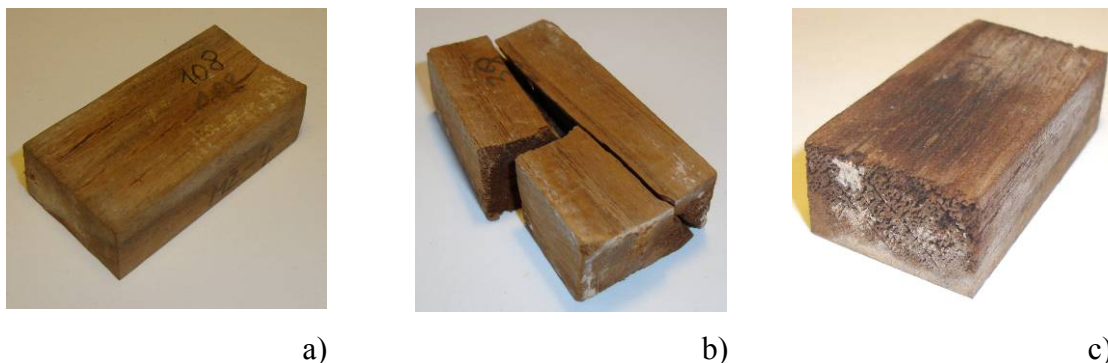
Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*)

Ameriški oreh

Predel beljave ameriškega oreha, ki je bil izpostavljen rjavi tramovki, se je izkazal za neodpornega.

Jedrovina ameriškega oreha, ki je bila izpostavljena rjavi tramovki, je bolj odporna v primerjavi z beljavo in strženom iste drevesne vrste. Na vseh vzorcih opazimo spremembo barve in mase vzorcev. Znaki razkroja v obliki porušenih celic niso opazni, kar je lahko posledica načina razkroja, ki ga povzroča rjava tramovka. Le-ta najprej razkroji notranji del, pri čemer ostaja zunanost po videzu nedotaknjena. Večjih razlik med vzorci ni opaziti (Slika 21c).

Predel stržena je manj odporen kot jedrovina in ga ne moremo primerjati z beljavo, saj je variabilnost med vzorci velika. Tako smo nekatere vzorce uvrstili v neodporen razred, nekatere pa v delno odporen in odporen razred. Nekateri vzorci so razkrojeni do te mere, da so se začeli prizmatično lomiti, opazna pa je tudi sprememba barve (Slika 21b).



Slika 21: Prizmatičen razkroj rjave tramovke – (a) evropski oreh, predel jedrovine in (b) ameriški oreh, predel stržena ter (c) predel jedrovine

Evropski oreh

Na predelu beljave evropskega oreha, ki je bil izpostavljen rjavi tramovki, ni opaziti znakov razkroja v večjem obsegu. Vzorci beljave so spremenili barvo, a ne v tolikšni meri kot pri beljavi ameriškega oreha.

Predel prog evropskega oreha, ki je bil izpostavljen rjavi tramovki, je bil na testu najbolj odporen. Na vzorcih nismo opazili sprememb oblike, opazne pa so bile spremembe barve. Masa razkrojenih vzorcev je bila primerljiva z maso intaktnih. Vzorce smo razvrstili v odporen in zelo odporen razred.

Vzorci jedrovine evropskega oreha, ki so bili izpostavljeni rjavi tramovki, so manj odporni. Na nekaterih vzorcih opazimo samo spremembo barve brez vidnih znakov razkroja. Masa ostaja primerljiva z maso intaktnih vzorcev. Takšne vzorce smo uvrstili v najbolj odporen razred. Na ostalih vzorcih pa se poleg spremembe barve v svetlo rjavo in spremembe mase pojavijo tudi plitke površinske prizmatične razpoke. Le-te so posledica razkroja celuloze. V predelu jedrovine je vidna precejšnja variabilnost med posameznimi vzorci. Takšne vzorce smo uvrstili v odporen in delno odporen razred (Slika 21a).

Predel stržena evropskega oreha je pri okužbi z rjavo tramovko najmanj odporen. Vzorci so spremenili barvo. Opazimo porušene celične stene in zaradi tega nepravilno obliko testnih vzorcev na nekaterih mestih. Vzorci so v primerjavi z intaktnimi izgubili nekaj mase. Uvrstili smo jih v odporen in delno odporen razred (Slika 22).



a)



b)

Slika 22: Razkrojeni vzorci z rjavo tramovko - (a) evrpski oreh in (b) ameriški oreh

Bela hišna goba (*Poria vaillantii*)

Ameriški oreh

Predel beljave ameriškega oreha, ki je bil izpostavljen beli hišni gobi, je najmanj odporen v primerjavi z ostalimi predeli iste drevesne vrste. Na testnih vzorcih opazimo, da se je barva spremenila iz rumeno bele v rjavkasto. Znaki razkroja se kažejo tudi v prizmatičnih razpokah na površini vzorcev, kar je značilno za rjavo tramovko. Vsi vzorci kažejo podobno stopnjo razkroja in smo jih uvrstili v odporen in delno odporen razred.

V predelu jedrovine ameriškega oreha so vidni zelo enotni znaki razkroja. Testni vzorci so rahlo spremenili barvo, posebnih znakov razkroja pa ne kažejo. Na nekaterih vzorcih le

komaj opazimo kakšno malo razpoko. V primerjavi z intaktnimi je masa vzorcev le za spoznanje manjša. Vse vzorce smo uvrstili v odporen razred.

Predel stržena je manj odporen od jedrovine, a hkrati za spoznanje bolj odporen od beljave. Barva vzorcev je postala bolj svetla, opazimo pa lahko znake prizmatičnega razkroja na površini vzorcev. Večina vzorcev je malenkostno izgubila pravilno obliko. Uvrstili smo jih v odporen in delno odporen razred (Slika 23b).



a)



b)

Slika 23: Plitke prizmatične razpoke bele hišne gobe na vzorcih (a) evropskega oreha, predela prog in (b) ameriškega oreha, predela stržena

Beljava evropskega oreha, ki je bila izpostavljena beli hišni gobi, je manj odporna od jedrovine in predela prog.

Predel prog se je izkazal za bolj odpornega v primerjavi z beljavo in strženom. Vzorci so pod vplivom delovanja bele hišne gobe postali sivo rjave barve. Na nekaterih mestih opazimo prizmatične razpoke, kar je značilno za rjavo tramovko. Znaki razkroja so opazni na vseh testnih vzorcih (Slika 23a).

Predel jedrovine evropskega oreha je primerljiv s predelom prog. Les je na mestih razkroja postal bolj svetle barve. Na mestih, kjer so sledovi delovanja glive, so se pojavile

prizmatične proge, testni vzorci pa niso več pravilnih oblik. Uvrstili smo jih v odporen in delno odporen razred razen enega vzorca, ki smo ga uvrstili v neodporen razred.

Predel stržena je najmanj odporen v primerjavi z ostalimi predeli iste drevesne vrste. Vzorci so na mestih, kjer je delovala bela hišna goba, spremenili barvo in tako postali svetlo rjavi. Opazimo tudi prizmatične razpoke, ki so pri nekaterih vzorcih globoke. Testni vzorci so izgubili pravilno obliko. Med posameznimi vzorci opazimo veliko variabilnost v stopnji razkroja. Uvrstili smo jih v odporen, delno odporen in neodporen razred (Slika 24).



a)



b)

Slika 24: Razkrojeni vzorci z belo hišno gobo - (a) evropski oreh in (b) ameriški oreh

Na podlagi opazovanja in izdelane preglednice stopnje razkroja ugotovimo, da vsi izpostavljeni vzorci kažejo znake razkroja in da je ameriški oreh v predelu stržena in beljave vedno manj odporen od jedrovine. Predela stržena in beljave sta najbolj odporna na delovanje bele hišne gobe in pisane ploskocevke, najmanj pa na delovanje rjave tramovke. Jedrovina ameriškega oreha je najbolj odporna na delovanje bele hišne gobe in rjave tramovke, na delovanje pisane ploskocevke pa manj.

Tudi pri evropskem orehu sta predela beljave in stržena v primerjavi z jedrovino in predelom prog manj odporna.. Predel jedrovine in prog je najbolj odporen na delovanje

rjave tramovke in manj na pisano ploskocevko in belo hišno gobo. Pri slednji opazimo veliko variabilnost v stopnji razkroja z belo hišno gobo (Preglednica 5).

Zapišemo lahko, da je predel beljave pri obeh drevesnih vrstah manj odporen v primerjavi s predelom prog in jedrovine. Prav tako je manj odporen tudi predel stržena, ki pa zaradi velike variabilnosti med posameznimi vzorci ni primerljiv s predelom beljave. Primerjava jedrovine in predela prog pri evropskem orehu je pokazala, da ne prihaja do večjih razlik med posameznimi vzorci. Predelu prog torej na podlagi izvedenega testa ne moremo pripisati boljše odpornosti na delovanje gliv kot jo ima jedrovina. Sklepamo lahko, da je vzrok temu premajhen delež prog v testnem vzorcu, ki je bil standardnih velikosti ali pa, da predel prog ni bolj odporen v primerjavi s predelom jedrovine (Preglednica 5).

Preglednica 5: Rezultati ocenjevanja razkroja za vse vzorce

	Trametes versicolor				Gloeophyllum trabeum				Poria vaillantii			
ameriški	B	P	J	S	B	P	J	S	B	P	J	S
A	2	×	3	×	2	×	3	1	3	×	3	2
B	2	×	2	2	2	×	3	3	×	×	3	3
C	2	×	2	×	×	×	×	3	2	×	×	3
D	2	×	×	3	3	×	3	2	2	×	3	2
E	×	×	3	3	2	×	3	1	3	×	3	2
F	3	×	3	4	1	×	3	2	2	×	3	3
evropski												
I	1	2	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3
J	2	3	2	×	3	4	4	2	2	×	×	2
K	×	3	3	2	1	3	4	3	3	3	3	1
L	1	3	3	2	×	×	×	×	2	2	2	×
M	1	×	×	1	3	4	2	2	×	3	1	2
N	1	3	3	1	3	3	3	3	3	4	4	×

Legenda:

1	Neodporen
2	Delno odporen
3	Odporen
4	Zelo odporen
×	Ni vzorca

A-F: testni vzorci ameriškega oreha

I-N: testni vzorci evropskega oreha

B: predel beljave

P: predel prog

J: predel jedrovine

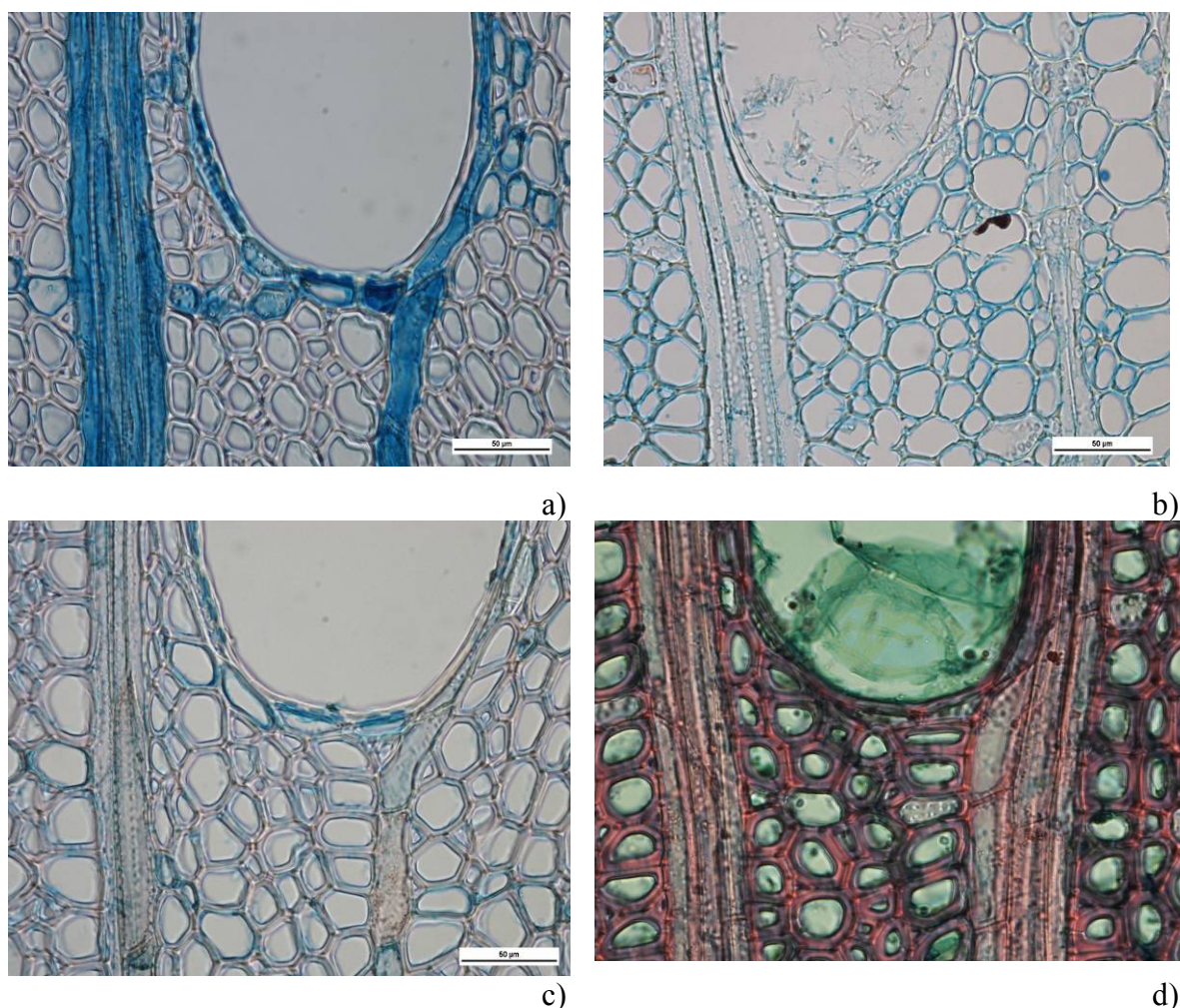
S: predel stržena

Manjkajoča polja v tabeli se nanašajo na vzorce, ki smo jih za potrebe anatomskega opazovanja lesa oreha pod mikroskopom razrezali in zato ne moremo podati stopnje razkroja le-teh.

4.4 ANATOMSKE SPREMEMBE CELIČNE STENE

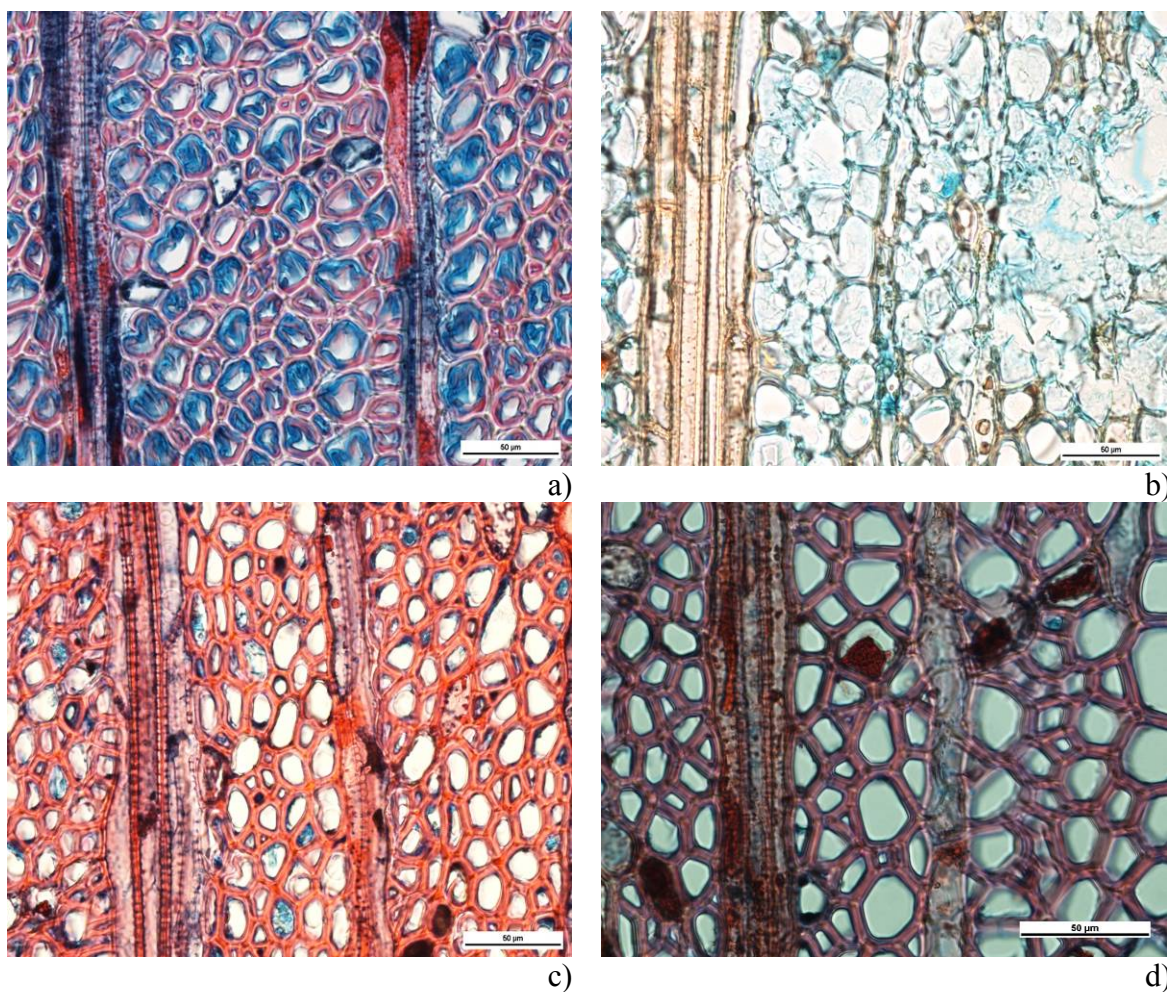
V nadaljevanju prikazujem slike ter opis razkroja lesa z različnimi glivami za obe drevesni vrsti.

Vzorec, katerega je razkrojila pisana ploskocevka je bil presvetljen (Slika 25b). Znaki razkroja so opazni v obliki tanjših celičnih sten, ki so na nekaterih mestih prekinjene. V območju trahej je zaznati ostanke hif. Trakovni in aksialni parenhim ostaja nespremenjen. Vzorec, ki ga je razkrojila rjava tramovka je precej rdeče obarvan, kar izkazuje, da je goba razkrojila le celulozo (Slika 25c). Zadnji vzorec beljave je razkrojila bela hišna goba, kjer je razvidno, da sta aksialni in trakovni parenhim nepoškodovana (Slika 25d).



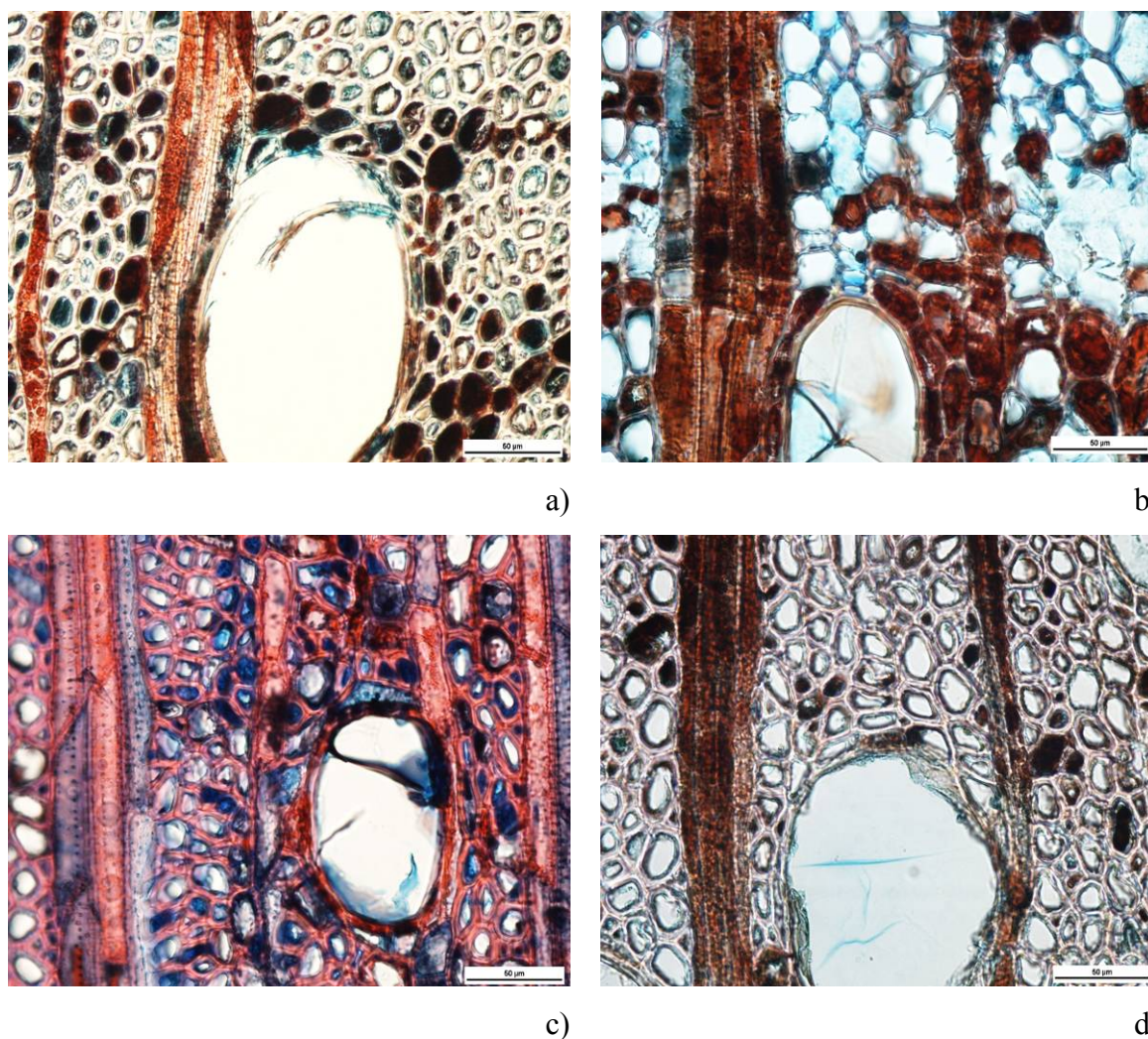
Slika 25: Beljava evropskega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba

Na vzorcu, katerega je razkrojila pisana ploskocevka so vidne porušene cel. stene (Slika 26b). Na splošno so cel. stene stanjšane, na več mestih tudi pretrgane. Celične stene trakovnega in aksialnega parenhima so nepoškodovane. Vzorec, katerega je razkrojila rjava tramovka ostaja skoraj nespremenjen. Celične stene niso razkrojene, v njih ostaja lignin (Slika 26c). Prav tako ostajata trakovni in aksialni parenhim normalna. Na vzorcu, ki ga je razkrojila bela hišna goba v jedrovini ni znakov razkroja. Rdeča barva nakazuje, da je vsebnost lignina v celični steni visoka (Slika 26d).



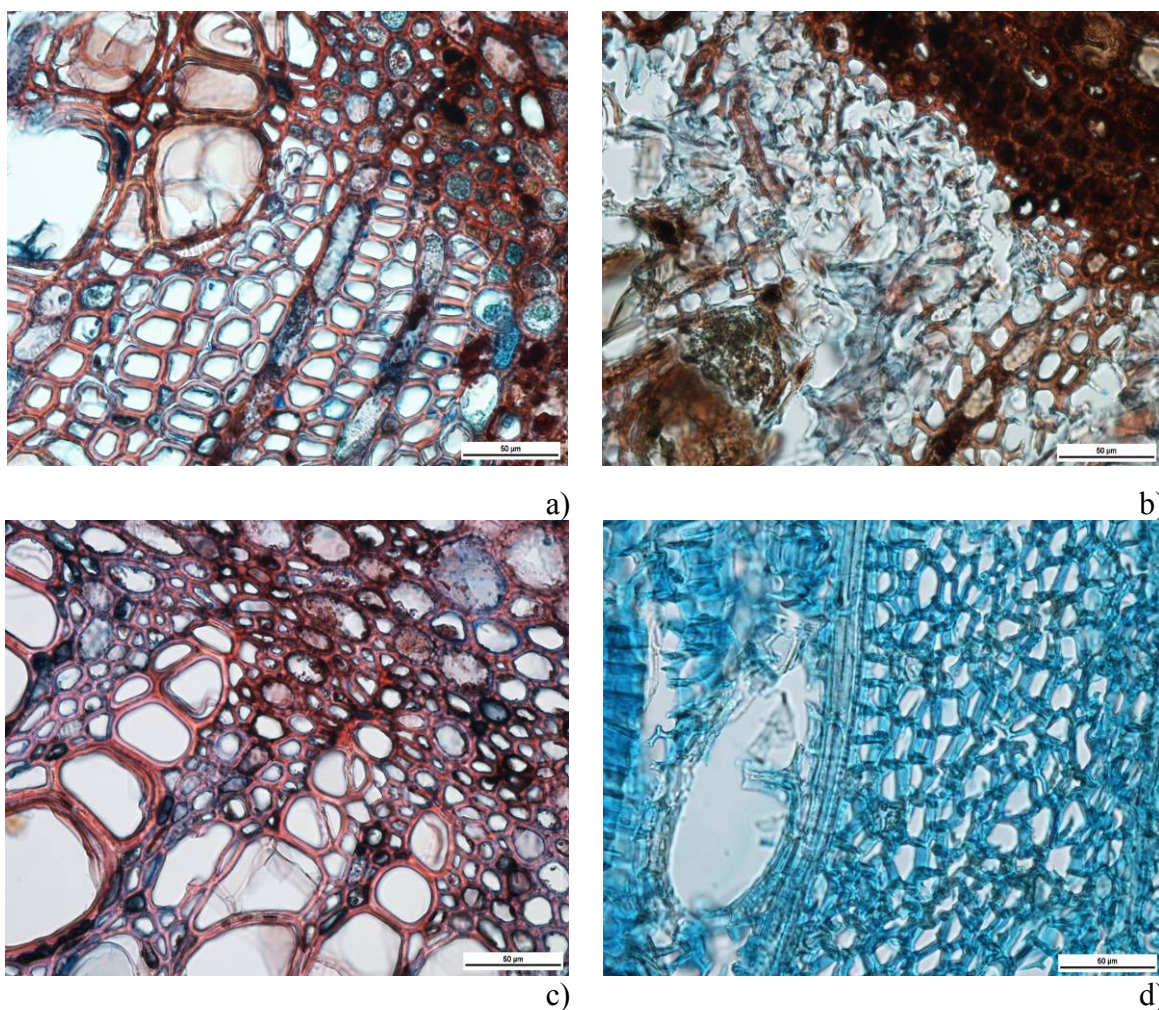
Slika 26: Jedrovina evropskega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba

Celice aksialnega parenhima oz. traheje, v katerih najdemo razne depozite, odložine in fenole ostajajo po izpostavitvi pisani ploskocevki nepoškodovane (Slika 27b). Ostalo tkivo, ki ga je v območju prog manj, je podobno kot v jedrovini. Na teh mestih gre za destrukcijo celične stene in zmanjšanje vsebnosti celuloze in lignina. Na testnih vzorcih, ki so bili izpostavljeni razkroju rjave tramovke je ostalo območje prog nespremenjeno (Slika 27c). Prav tako na vzorcih, ki so bili izpostavljeni beli hišni gobi (Slika 27d). Na lokaciji izven prog je opaziti zmanjšanje vsebnosti lignina. Območja prog so bila v vseh testnih primerih nepoškodovani.



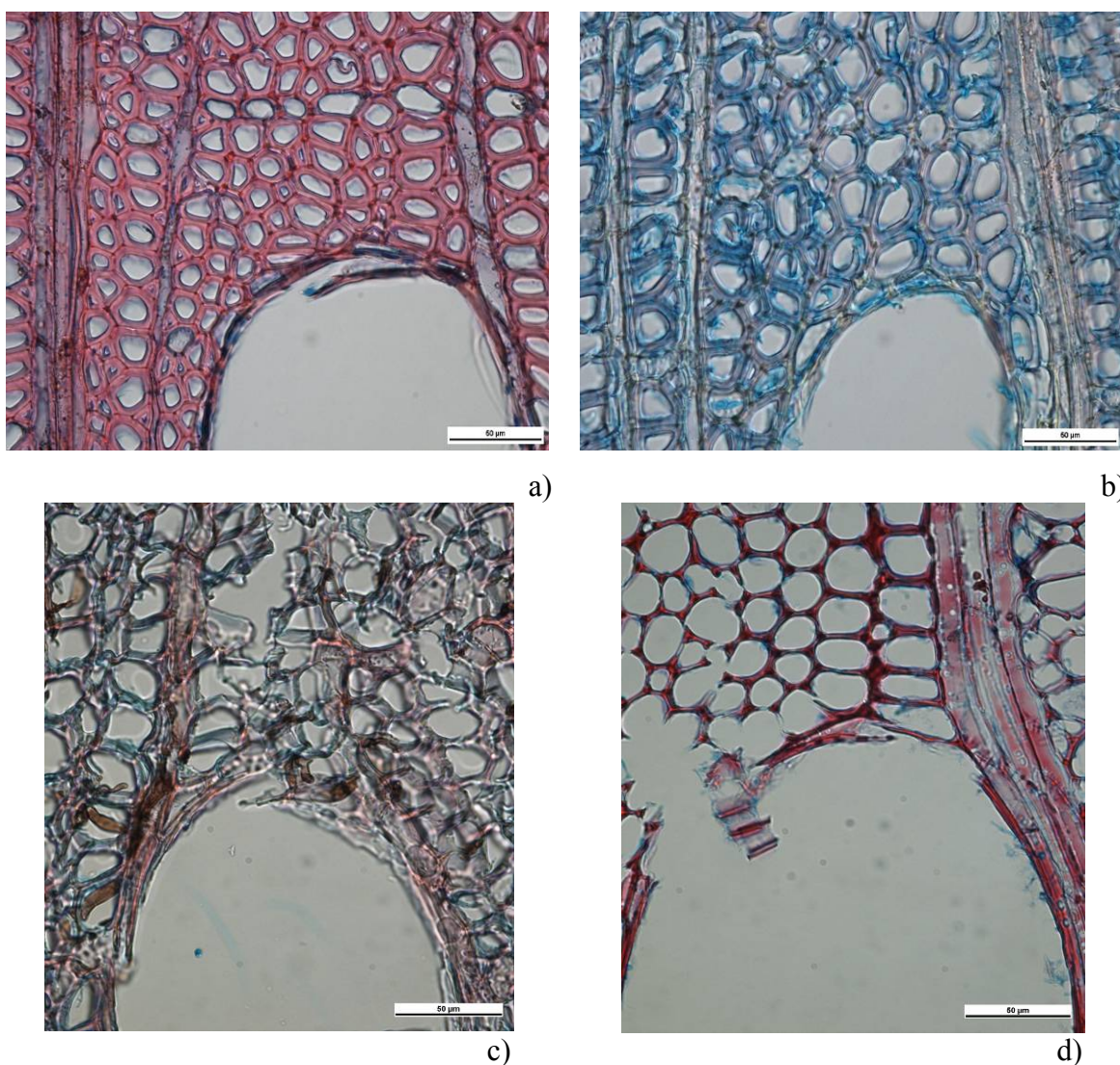
Slika 27: Območje prog evropskega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba

Na vzorcu, katerega je razkrajala pisana ploskocevka je vidno, da sta stržen z jedrovinskimi snovmi in primarni ksilem nepoškodovana, medtem ko je najbližji sekundarni ksilem poškodovan (Slika 28b). Na vzorcih, ki jih je razkrajala rjava tramovka ostajajo primarni in sekundarni ksilem nepoškodovani. Zaznati je le zmanjšanje prisotnosti celuloze (Slika 28c). Na vzorcih, ki jih je razkrajala bela hišna goba pa nimamo pravega stržena (Slika 28). V tem primeru gre za drugo braniko pri strženu, pri kateri je vidno zmanjšanje lignina v celičnih stenah.



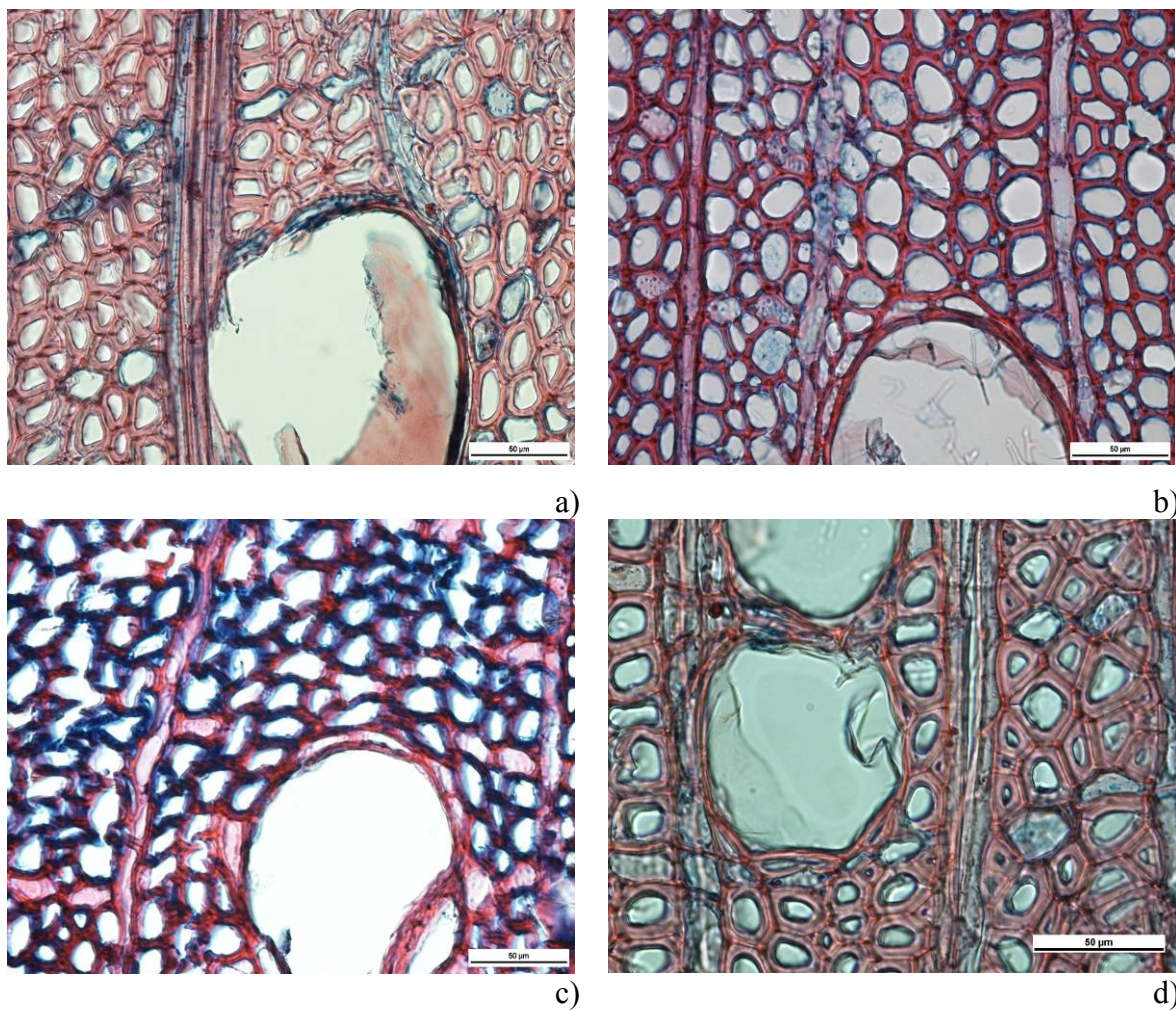
Slika 28: Stržen evropskega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba

Na testnem vzorcu, ki ga je razkrojila pisana plokocevka opazimo precejšnje stanjšanje cel. stene (Slika 29d). Opaziti je zmanjšanje prisotnosti celuloze in lignina, na nekaterih mestih je poškodovan tudi parenhim. Na vzorcu, razkrojenim z rjavo tramovko zaznamo prekinjene celične stene, kar je verjetno posledica razkroja celuloze (Slika 29c). Celične stene niso povsem razkrojene. Opaziti je mogoče prisotnost hif. Vzorec, ki je bil izpostavljen razkoju bele hišne gobe (Slika 29c) ima razkrojeno celčno steno. Tudi na tem vzorcu lahko opazimo sledove hif.



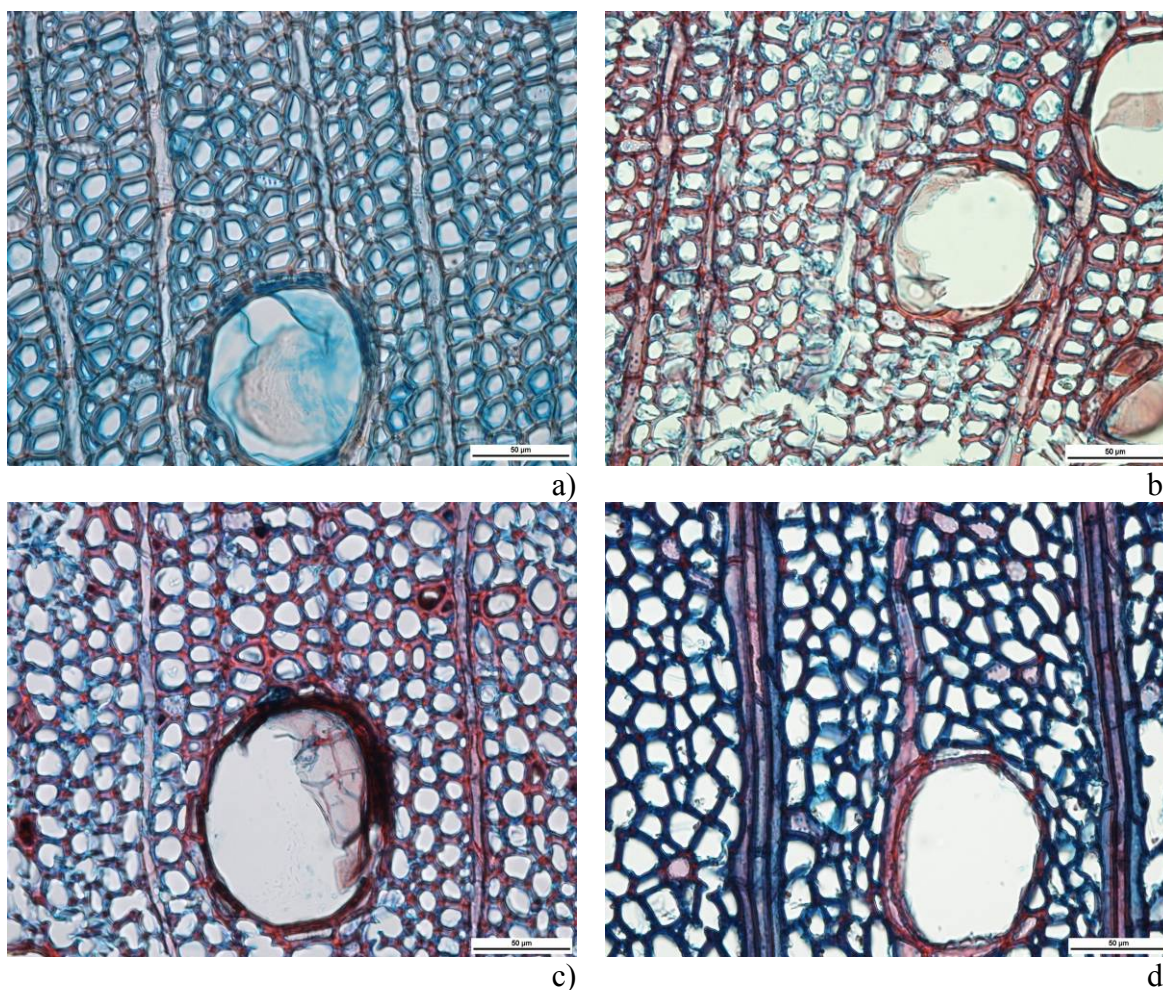
Slika 29: Beljava ameriškega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) bela hišna goba, (c) rjava tramovka in (d) pisana ploskocevka

Na sliki vzorca, ki ga je razkrojila pisana ploskocevka je vidno, da je celična stena razkrojena (Slika 30b). V tem predelu gre za večjo ohranjenost kot v beljavi. Na vzorcu rjave tramovke je celična stena tanjša, celice pa porušene (Slika 30c). Na vzorcu bele hišne gobe se zdiijo celice neposškodovane ker gliva razkraja lignin (Slika 30d).



Slika 30:Jedrovina ameriškega oreha: (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba

Pri vzorcu, kateri je bil izpostavljen razkroju pisane ploskocevke lahko opazimo poškodovane in stanjšane celične stene, ki so lokalno tudi prekinjene (Slika 31b). Lignin je še dokaj dobro ohranjen. Na vzorcu, ki je bil izpostavljen rjavi tramovki lahko sklepamo, da so celične stene izgubljale celulozo. V vogalih, kjer se posamezne celice stikajo se zdi da ostaja največ lignina (Slika 31c). Na vzorcu, kateri je bil izpostavljen beli hišni gobi pa vidimo, da so celične stene bolj tanke in bolj modre (Slika 31d) kar nakazuje, da se je količina lignina zmanjšala.



Slika 31: Stržen ameriškega oreha (a) intaktni vzorec in vzorci, ki so jih razgradile (b) pisana ploskocevka, (c) rjava tramovka in (d) bela hišna goba

5 SKLEPI

Raziskovalno delo v okviru opravljene diplomske naloge lahko povzamemo v naslednjih ugotovitvah.

Rezultati meritev barve, ki smo jih opravili, kažejo, da je beljava pri evropskem in ameriškem orehu izrazito svetlejša od jedrovine in da so razlike v svetlosti večje pri evropskem orehu. Tako evropski kot tudi ameriški oreh vsebujeta rdečo komponento, na splošno pa je večji delež le-te pri ameriškem orehu. Pri obeh merjenih vrstah je prisotna tudi rumena komponenta, pri čemer jedrovina evropskega oreha vsebuje več slednje. V beljavi so izmerjene vrednosti rumene komponente med obema vrstama primerljive. Sklepamo lahko, da je z merjenjem svetlosti mogoče zanesljivo ločiti jedrovino od beljave tako pri evropskem kot pri ameriškem orehu. Meritve barve ne zadostujejo za določitev vrste lesa oz. za razlikovanje lesa evropskega in ameriškega oreha. Za to je za določitev potrebno poznati še mikroskopske znake lesa.

Ameriški oreh lahko od evropskega zanesljivo ločimo le z opazovanjem pod mikroskopom. Anatomo se razlikujeta v tem, da ima ameriški oreh heterogeno trakovno tkivo, in romboidne kristale v celicah trakov, aksialnega parenhima in vlaken.

Laboratorijski test naravne trajnosti je pokazal, da sta predela beljave in stržena pri evropskem orehu manj odporna proti destruktivnim glivam kot predel prog in jedrovine. Najbolj agresivni razkrojevalec beljave in stržena je bila pisna ploskocevka (*Trametes versicolor*), ki je povzročila največjo izgubo mase, les pa je bil po razkroju svetel. Bela hišna goba (*Poria vaillantii*) se je zdela nekoliko manj agresivna, znaki razkroja pa se kažejo v spremenjeni barvi in plitkih prizmatičnih razpokah na površini vzorcev. Po razkroju z rjavo tramovko (*Gloeophyllum trabeum*) so bile celice v lesu porušene in vzorci niso ohranili prvotne oblike. Predel prog in jedrovine kažeta znake večje naravne odpornosti. Ohranjenost predela prog in jedrovine je bila primerljiva. Predel okoli stržena je bil manj odporen kot zunanja jedrovina in proge, vendar je bila variabilnost med vzorci tu največja.

Tudi pri ameriškem orehu opazimo, da sta predela beljave in stržena manj naravno odporna od jedrovine. To je najbolj opazno pri vzorcih, ki so bili izpostavljeni rjavi tramovki, potem pisani ploskocevki in beli hišni gobi. Za najbolj agresivno razkrojevalko se je v tem primeru izkazala rjava tramovka, pri kateri je prišlo do največjega odstopanja med posameznimi vzorci beljave in stržena. Ugotovili smo, da je beljava pri izpostavitvi pisani ploskocevki manj odporna od stržena, pri izpostavitvi beli hišni gobi pa sta območji primerljivi. Jedrovina ameriškega oreha se je izkazala za bolj odporno pri vseh uporabljenih gljivah. Najbolj odporna je bila pri okužbi z rjavo tramvko in belo hišno gobo, ker so rezultati testa zelo podobni. Jedovina, ki je bila izpostavljena okužbi s pisano ploskcevko pa se je izkazala za manj odporno od primerjanih.

6 POVZETEK

Na trgu je veliko povpraševanje po lesu evropskega oreha, zato se kot nadomestna vrsta pojavlja ameriški oreh, ki je velikokrat plantažiran in ima posledično velik delež beljave. Beljava nima enakih dekorativnih lastnosti v primerjavi z jedrovino in je naravno manj odporna kot jedrovina. V diplomski nalogi smo zato raziskali anatomske razlike med lesom evropskega in ameriškega oreha, s sistemom CIE L*a*b ovrednotili barvne razlike različnih kategorij lesa (beljave, jedrovine, stržena in prog v jedrovini) evropskega in ameriškega oreha, na vzporednih vzorcih določili odpornost lesa na delovanje destruktivnih gliv in na intaktnih ter razkrojenih vzorcih z mikroskopskimi metodami pokazali posledice razkroja lesa različnih kategorij (beljave, jedrovine, stržena in prog v jedrovini) ob delovanju različnih gliv.

Vzorke lesa ameriškega in evropskega oreha smo zbrali na lesnih skladiščih. Pripravili smo testne vzorce dimenzij $2 \times 2,5$ cm in dolžine 5 cm. Na Katedri za površinsko obdelavo lesa smo na vzorcih vsake posamezne kategorije izvedli meritve barve s pomočjo barvnega sistema CIEL*a*b, ki je najbolj uveljavljen, široko uporaben in standardiziran sistem za vrednotenje barv. Test naravne trajnosti smo izvedli na Katedri za patologijo in zaščito lesa. Testne vzorce lesa smo izpostavili delovanju treh različnih gliv. Po šestnajstih tednih izpostavitve smo opazovali stopnjo razkroja posamezne glive v posamezni coni v lesu. Na Katedri za tehnologijo lesa smo izvedli mikroskopiranje na svetlobnem mikroskopu Nikon ECLIPSE D800. Fotografije smo naredili z digitalnim fotoaparatom Nikon E995, ki je z mikroskopom neposredno povezan. Fotografije smo računalniško obdelali in jih opremili z merilom.

Rezultati meritev barve, ki smo jih opravili, kažejo, da je beljava pri evropskem in ameriškem orehu izrazito svetlejša od jedrovine. Ugotovili smo, da jedrovina obeh drevesnih vrst vsebuje rdečo komponento, katere je bilo več pri evropskem orehu. Prav tako smo v jedrovini obeh drevesnih vrst izmerili rumeno komponento, le-te pa je bilo več pri ameriškem orehu. V beljavi so izmerjene vrednosti rumene komponente med obema vrstama primerljive. Meritve kažejo, da je z merjenjem svetlosti mogoče zanesljivo ločiti

jedrovino od beljave tako pri evropskem kot pri ameriškem orehu. Ugotovili smo, da meritve barve ne zadostujejo za določitev vrste lesa oz. za razlikovanje lesa evropskega in ameriškega oreha. Za to je za določitev potrebno poznati še mikroskopske znake lesa.

Ameriški oreh lahko od evropskega zanesljivo ločimo le z opazovanjem pod mikroskopom. Anatomsko se razlikujeta v tem, da ima ameriški oreh heterogeno trakovno tkivo in romboidne kristale v celicah trakov, aksialnega parenhima in vlaken.

Laboratorijski test naravne trajnosti je pokazal, da sta predela beljave in stržena pri evropskem orehu manj odporna proti destruktivnim glivam kot predela prog in jedrovine. Najbolj agresivni razkrojevalec beljave in stržena je bila pisana ploskocevka, ki je povzročila največjo izgubo mase. Delovanje bele hišne gobe je nekoliko manj agresivno, znaki razkroja pa se kažejo v spremenjeni barvi in plitkih prizmatičnih razpokah na površini vzorcev. Po razkroju z rjavo tramovko so bile celice v lesu porušene in vzorci niso ohranili prvotne oblike. Predela prog in jedrovine kažeta znake večje naravne odpornosti. Predel okoli stržena je bil manj odporen kot zunanja jedrovina in proge.

Izkazalo se je, da sta predela beljave in stržena pri ameriškem orehu manj naravno odporna od jedrovine. To je najbolj opazno pri vzorcih, ki so bili izpostavljeni rjavi tramovki, potem pisani ploskocevki in beli hišni gobi. Za najbolj agresivno razkrojevalko se je v tem primeru izkazala rjava tramovka, pri kateri je prišlo do največjega odstopanja med posameznimi vzorci beljave in stržena. Ugotovili smo, da je beljava pri izpostavitvi pisani ploskocevki manj odporna od stržena, pri izpostavitvi beli hišni gobi pa sta območja primerljiva. Jedrovina ameriškega oreha se je izkazala za bolj naravno odporno pri vseh uporabljenih glivah. Najbolj odporna je bila pri okužbi z rjavo tramovko in belo hišno gobo, rezultati testa so tu zelo podobni. Jedrovina, ki je bila izpostavljena okužbi s pisano ploskocevko se je izkazala za manj odporno od primerjanih.

7 VIRI

- Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.
- Budija F., Čufar K. 2008. Les tika. Les, 4: 136–141
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Encyclopedia Britannica: Light. 2006
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/340440/light> (25. maj 2009)
- Golob V., Golob D. 2001. Teorija barvne metrike. V: Inerdisciplinarnost barve. Del 1. V znanosti. Maribor, Društvo koloristov Slovenije: 201–229
- Gorišek Ž. 2009. Les zgradba in lastnosti njegova variabilnost in heterogenost. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 173 str.
- Grosser D., Teetz W. 1985. Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung). Vorkommen, Baum- und Stammform, Holzbeschreibung, Eigenschaften, Verwendung. Central Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft m.b.H und Arbeitsgemeinschaft Holz e.V. Bonn. Centrale marketinggesellschaft der dt. agrarwirtschaft: 84 str.
- Holz-technik. 2006. Holzarten: Französischer Nussbaum.
<http://www.holz-technik.de/holz/html/holz.html> (12. maj 2009)
- Lesar B., Humar M., Oven P. 2008. Dejavniki naravne odpornosti lesa in njegova trajnost. Les, 11–12: 408–414.
- Pavlič M., Kričej B., Petrič M. 2008. Spektrofotometer. Les, 1: 22 in 23.
- Prislan P., Merela M., Zupančič M., Krže L., Čufar K. 2009. Uporaba izbranih svetlobno mikroskopskih tehnik za raziskave lesa in skorje. Les, 5: 222–229
- Richter H. G., Dallwitz M. J. 2002. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval: Računalniški program INTKEY.
- Schoch W., Heller I., Schweingruber F.H., Kienast F. 2004. Wood anatomy of central european species: *Juglans regia* L.
<http://www.woodanatomy.ch/species.php?code=JGRE> (12. maj 2009)
- SIST EN 350-1 (1994) Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood – Part 1: Guide to the principles of testing and classification of the natural durability of wood

SIST EN 350-2 (1994) Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood – Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe.

Strnad, J. 2004. Mala fizika 2. Ljubljana, DZS: 320 str.

Wagenführ R. 2006. Holzatlas. München, Carl Hansen Verlag: 817 str.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorici prof. dr. Katarini Čufar, ki mi je ves čas nastajanja naloge nudila strokovno pomoč, strokovnemu sodelavcu Martinu Zupančiču za vodenje in nasvete pri opravljanju praktičnega dela naloge in Luku Kržetu za pomoč pri praktičnem delu. Zahvaljujem se tudi prof. dr. Francu Pohlevnu za opravljeno strokovno recenzijo in Andreji Žagar za pomoč pri izvedbi laboratorijskega testa ter Matjažu Pavliču za pomoč pri izvedbi meritev barve.

Zahvaljujem se podjetju Paron iz Laškega za podarjeno lesno surovino, na kateri smo izvajali praktični del naloge.

Rad bi se zahvalil moji Patricii, ki me je vseskozi tekom študija in pri pisanju diplomskega dela spodbujala in mi pomagala.

Zahvaljujem se tudi staršema in prijateljem za takšno in drugačno podporo tako pri diplomi kot tudi pri celotnem študiju.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože SMOLE

**BARVA IN ODPORNOST LESA EVROPSKEGA IN
AMERIŠKEGA OREHA PROTI GLIVAM**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2010