UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Robert MOŽE

MAKROSKOPSKE IN MIKROSKOPSKE RAZLIKE MED ZAVRTIM POGANJKOM IN SLEDJO IGLIC V LESU NEKATERIH IGLAVCEV

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Robert MOŽE

MAKROSKOPSKE IN MIKROSKOPSKE RAZLIKE MED ZAVRTIM POGANJKOM IN SLEDJO IGLIC V LESU NEKATERIH IGLAVCEV

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

MACROSCOPIC AND MICROSCOPIC DIFFERENCES BETWEEN SUPPRESSED BUDS AND NEEDLE TRACES IN WOOD OF SOME CONIFERS

GRADUATION THESIS

Higher proffesional studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologijo lesa, na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete je za mentorja diplomskega dela imenoval prof.dr. Primoža Ovna in za recenzentko prof.dr. Katarino Čufar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Robert Može

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*81
KG zavrti poganjki/sledi iglic/Anatomija lesa/jelka (*Abies alba*)/navadna smreka (*Picea abies*)/rdeči bor (*Pinus sylvestris*)
AV MOŽE, Robert
SA OVEN, Primož (mentor)/ČUFAR, Katarina (recenzentka)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2007
IN MAKROSKOPSKE IN MIKROSKOPSKE RAZLIKE MED ZAVRTIM POGANJKOM IN SLEDJO IGLIC V LESU NEKATERIH IGLAVCEV
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP IX., 41 str., 4 pregl., 44 slik., 6 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Pri jelki (*Abies alba* Mill.), navadni smreki (*Picea abies* (L.) Karst.) in rdečem boru (*Pinus sylvestris* L.) smo proučevali makroskopsko in mikroskopsko zgradbo zavrtih poganjkov in sledi iglic. Izbrali smo po 2 drevesi jelke, navadne smreke in rdečega bora. Izmerili smo premer dreves, višino dreves, in višino na kateri so se pojavili prvi zavrti poganjki in sledi iglic. Drevesa smo razžagali na kolute in nato izrezali vzorčke za izdelavo preparatov. Pripravili smo tkivne rezine preiskovanih tkiv v vseh 3 ksilotomskih ravninah in jih obarvali z barviloma safranin in astro modro. Slike smo izdelali s pomočjo svetlobnega mikroskopa Nikon Eclipse E800 in računalnika. Ugotovili smo, da pri jelki in navadni smreki obstajajo makroskopske in mikroskopske razlike med zavrtimi poganjki in sledmi iglic, pri rdečem boru pa teh razlik ni. Sledi iglic in zavrti poganjki pri navadni smreki in jelki ter kratki poganjki pri rdečem boru potekajo pravokotno na letnice. Pri jelki in navadni smreki je mogoče sled iglic in zavrtih poganjkov najenostavneje razlikovati na osnovi anatomskih posebnosti v skorji; na konceh zavrtih poganjkov se nahajajo celice, ki imajo meristemski karakter, pri sledeh iglic pa teh tkiv ni. Pri jelki in navadni smreki sestavljajo sled zavrtih poganjkov radialno usmerjene traheide z debelimi stenami, ki imajo helikalne odebelitve. Ta vaskularni pramen obdajajo celice, ki imajo nelignificirano lesno tkivo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*81
CX supressed buds /needle traces /anatomy/silver fir (*Abies Alba*) Norway spruce (*Picea abies*)/Scots pine (*Pinus sylvestris*)
AU MOŽE, Robert
AA OVEN, Primož (supervisor)/ČUFAR, Katarina (co-supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Wood science and technology
PY 2007
TI MACROSCOPIC AND MICROSCOPIC DIFFERENCES BETWEEN SUPPRESSED BUDS AND NEEDLE TRACES IN WOOD OF SOME CONIFERS
DT Graduation thesis (Higher proffesional studies)
NO IX., 41 p., 4 tab., 44 fig., 6 ref.
LA sl
AL sl/eng
AB Structure of suppressed buds and needle traces was investigated in silver fir (*Abies alba* Mill.), Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and scots pine (*Pinus sylvestris* L.) macroscopically and microscopically. 2 trees per species were selected. We measured diameter and height of trees, and height where first suppressed buds and needle traces occurred. Trees were sawen into discs and thereafter samples for preparations dissected. Tissue sections were prepared in all 3 xylotomical planes and thereafter stained with safranin and astra blue. Images were made by the aid of Nikon Eclipse E800 microscope and computer. We found that there exist macroscopic and microscopic differences in structure of suppressed buds and needle traces in silver fir and Norway spruce, whereas differences were absent in Scots pine. Suppressed buds and needle traces in silver fir and Norway spruce and short buds in Scots pine run perpendicular to orientation of growth ring boundaries. The easiest way to distinguish needle traces and suppressed buds in silver fir and Norway spruce is their anatomy. When present in the bark, at the top of suppressed buds are present cells with meristematic character, whereas this tissue is not present in needle traces. Trace of suppressed buds is composed of radially oriented tracheids with thick walls with helical thickenings. This vascular bundle is surrounded by unlignified cells.

KAZALO VSEBINE

		Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA VSEBINA		III
KEY WORDS DOCUMENTATION		IV
KAZALO VSEBINE		V
KAZALO PREGLEDNIC		VII
KAZALO SLIK		VIII
1	**UVOD**	1
2	**SPLOŠNI DEL**	2
2.1	MAKROSKOPSKA ZGRADBA LESA	2
2.1.1	**Letnice in branike**	2
2.1.2	**Beljava in jedrovina**	3
2.1.3	**Kambij**	3
2.1.4	**Ličje in lubje**	3
2.2	MIKROSKOPSKA ZGRADBA LESA IGLAVCEV	4
2.2.1	**Traheide in piknje**	4
2.2.2	**Aksialni in trakovni parenhim**	4
2.2.3	**Smolni kanali**	6
2.3	NAVADNA SMREKA	7
2.3.1	**Opis drevesa navadne smreke**	**7**
2.3.2	**Makroskopski opis navadne smreke**	**7**
2.3.3	**Zgradba navadne smreke**	**7**
2.4	JELKA	9
2.4.2	**Opis drevesa jelke**	9
2.4.3	**Makroskopski opis jelovine**	9
2.4.4	**Zgradba jelovine**	10
2.5	RDEČI BOR	11
2.5.1	**Opis drevesa rdečega bora**	11
2.5.2	**Makroskopski opis drevesa rdeče borovine**	11
2.5.3	**Zgradba rdečega bora**	11
2.6	IZVOR POGANJKOV IN IGLIC (iz Oven 2007)	13
3	**MATERIAL IN METODE**	14
3.1	OPIS RASTIŠČA IN POISKUSNIH DREVES	14
3.2	ODVZEM VZORCEV, KI SO VSEBOVALI POGANJKE IN IGLICE	17
3.3	IZREZ VZORČKOV ZA ANATOMSKE PREISKAVE	18
3.4	IZDELAVA PREPARATOV	19
3.5	IZDELAVA SLIK	20
4	**REZULTATI IN RAZPRAVA**	21
4.1	POJAV POGANJKOV IN IGLIC NA DREVESU	21
4.2	MAKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN IGLIC PRI JELKI	22
4.3	MAKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN IGLIC PRI NAVADNI SMREKI	24
4.4	MAKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN SLEDI IGLIC PRI RDEČEM BORU	28
4.5	MIKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN SLEDI IGLIC PRI JELKI	30

4.6 MIKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN SLEDI IGLIC PRI NAVADNI SMREKI 34
4.7 MIKROSKOPSKA ZGRADBA ZAVRTIH POGANJKOV IN SLEDI IGLIC PRI RDEČEM BORU 37
5 SKLEP 39
6 POVZETEK 40
7 VIRI IN LITERATURA 41
8 ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

str.

Preglednica 1: Osnovni podatki o proučevanih drevesih 14
Preglednica 2: Oznaka in dolžina posameznih delov 16
Preglednica 3: Višina na kateri smo odvzeli vzorce z poganjki in iglicami 18
Preglednica 4: Pojav poganjkov in prvih iglic na različnih višinah vzdolž debla 21

KAZALO SLIK

str.

Slika 1: Zgradba navadne smreke. (a) prečni prerez,(b) radialni prerez, (c)tangencialni prerez. 8
Slika 2: Zgradba jelovine. (a) prečni prerez,(b) radialni prerez, (c) tangencialni prerez 10
Slika 3: Zgradba rdečega bora. (a) prečni prerez,(b) radialni prerez, (c) tangencialni prerez. 12
Slika 4: Vzdolžni prerez popka z apikalnim meristemom (Čufar 2002). 13
Slika 5: Rekonstrukcija debla preiskanih dreves, kar smo potrebovali za določitev dolžine posameznih delov in višine pojava poganjkov in pojava iglic. (a) rdeči bor B2, (b) rdeči bor B1, (c) jelka J1, jelka J2, navadna smreka S1, (d) navadna smreka S2 15
Slika 6: Vzorci, ki so vsebovali poganjke in iglice. (a) aktiviran zavrti poganjek na vzorcu pri jelki, (b) iglice na vzorcu pri pri jelki, (c) Aktivirana zavrta poganjka pri navadni smreki, (d) iglice na vzorcu pri navadni smreki. 17
Slika 7: Vzorci iz katerih smo izdelali anatomske preparate (a) aktivirani zavrti poganjki na vzorcih pri jelki ,(b) zavrti poganjek na vzorcu pri jelki 18
Slika 8: Aktiviran zavrti poganjek pri jelki 22
Slika 9: Zavrta poganjka v pazduhi iglic pri eno leto starem debelcu pri jelki 22
Slika 10: Dvoletni zavrti poganjek v pazduh iglice 22
Slika 11: Posnetek prečnega prereza količka pripravljenega za rezanje anatomskih preparatov 23
Slika 12: Sled iglice v lesu mlajšega debla pri jelki 23
Slika 13: Iglica pri jelki in ovalna sled, ki je nastala pri odpadu iglice pri jelki. 23
Slika 14: Aktivirana zavrta poganjka pri navadni smreki sta odmrla 24
Slika 15: Aktiviran zavrti poganjek pri navadni smreki (spodaj desno) in odmrli zavrti poganjek (zgoraj desno), ter ovalna sled nekoč aktiviranega poganjka, ki pa je odmrl in odpadel. 24
Slika 16: Poganjek v pazduhi iglice pri enoletni rasti navadne smreke 25
Slika 17: Aktivirana zavrta poganjka pri navadni smreki. 25
Slika 18: Iglice pri navadni smreki pri enoletnem poganjku 26
Slika 19: Sled iglice pri navadni smreki na tangencialnem prerezu lesa 27
Slika 20: Iglice pri rdečem boru. 28
Slika 21: Apikalni meristem pri rdečem boru 28
Slika 22: Stranske vejice pri rdečem boru 28
Slika 23: Iglice pri rdečem boru-kratki poganjki. 29
Slika 24: Aktiviran zavrti poganjek pri rdečem boru 29
Slika 25: Prečni prerez zavrtega poganjka pri jelki, ki je usmerjen od stržena proti periferiji debla. 30
Slika 26: Prečni prerez stržena in lesa debla pri jelki ki vključuje sled radialno usmerjenega zavrtega poganjka 30
Slika 27: Prečni prerez zavrtega poganjka pri jelki, ki ga sestavljajo piknjave traheide s helikalnimi odebelitvami 31
Slika 28: Sled zavrtega poganjka pri jelki, ki poteka do periferije debla 31
Slika 29: Zavrti poganjek pri jelki, ki ima meristemski karakter 31
Slika 30: Meristemske celice zavrtega poganjka pri jelki 31
Slika 31: Sled aktiviranega zavrtega poganjka pri starosti 23 let 32

Slika 32: Prečni prerez iglice pri jelki 33
Slika 33: Tangencialni prerez sledi iglice pri jelki 33
Slika 34: Prečni prerez zavrtega poganjka pri navadni smreki 34
Slika 35: Stik stržena in zavrtega poganjka pri navadni smreki 34
Slika 36: Zavrti poganjek pri navadni smreki, ki ga sestavljajo debelostene traheide s helikalnimi odebelitvami 35
Slika 37: Sled zavrtega poganjka pri navadni smreki, ki poteka do periferije debla 35
Slika 38: Sled iglice v skorji pri navadni smreki. (a) 4x povečava, (b) 10x povečava. 35
Slika 39: Prečni prerez lesa in skorje debla navadne smreke, ki vključuje sled iglice. 36
Slika 40: Radialni prerez sledi iglice pri navadni smreki 36
Slika 41: Prečni prerez kratkega poganjka pri rdečem boru 37
Slika 42: Prečni prerez lesa debla s sledjo kratkega poganjka pri rdečem boru 37
Slike 43: Detajl iste sledi kratkega poganjka pri boru v polarizirani svetlobi 38
Slika 44: Tangencialni prerez kratkega poganjka pri rdečem boru 38

1 UVOD

Zgradba lesa in s tem njegova kvaliteta je odvisna od številnih dejavnikov, ki vplivajo na rast. Med številnimi rastnimi posebnosti lesa iglavcev so na makroskopskem in mikroskopskem nivoju izredno skromno raziskane rastne posebnosti kot so npr. sledi iglic in zavrti poganjki.

Sled iglic je definirana kot del vaskularnega sistema, ki povezuje iglico z glavnim sistemom vaskularnega debla. Sled iglice so v preteklosti raziskovali tudi zaradi proučevanja stresne fiziologije drevesa, pri čemer sta Aalto in Jalkanen (1998) razvila tudi metodo, ki sta jo imenovala metoda sledi iglic (Needle Trace Method) (Aalto in Jalkanen 1998).

Na makroskopskem nivoju obstajajo jasne razlike v zgradbi zavrtih poganjkov in sledjo iglic na mikroskopskem nivoju pa struktur ni mogoče razlikovati.

Cilji naloge so raziskati zgradbo zavrtih poganjkov in sledi iglic v lesu nekaterih iglavcev.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 MAKROSKOPSKA ZGRADBA LESA

2.1.1 Letnice in branike

Kot posledica vsakoletne prekinitve vegetacije in obenem tudi različne zgradbe ranega in kasnega lesa nastanejo vsako leto med kasnim lesom in nato drugo leto tvorečim se ranim lesom ostre meje, ki jih imenujemo letnice. Letnica je torej navidezna črta, ki meji lanski kasni les od letošnjega ranega lesa. Med dvema letnicama je polje ranega in kasnega lesa, ki ga imenujemo branika. Branika je torej del lesa, ki je nastal v eni vegetacijski dobi in predstavlja enoletni prirastek lesa.

V prečnem prerezu lahko ugotovimo, da so branike razporejene okoli stržena v obliki koncentričnih krogov (če je prečni prerez debla seveda pravilen), ki kot plašči obdajajo drevo vendar so med seboj povezani in predstavljajo deblo. Zunanji plašč debla je podaljšan navzgor v zadnji letni poganjek. Torej leži na vrhu zadnjega plašča (zadnje branike), vegetacijski vrh, kjer lahko najdemo še primarno zgradbo in primarne meristeme (primarna tvorna tkiva). Stržen drevesa se razteza po celotni dolžini drevesa in sega do vegetacijskega vrha. Torej lahko v prečnem prerezu vzdolž celega debla opazimo različno razporeditev notranjih sestavnih delov debla. V prečnem prerezu poganjka vidimo samo eno braniko, v nekoliko nižjem prerezu dve itd. po številu branik na dnu drevesa pa lahko ugotovimo dejansko starost drevesa (če prištejemo še 3 do 4 leta, odvisno od drevesne vrste in višine panja, ki jih je potrebovalo drevo, da je doseglo to višino).

Zunanja branika je vedno najmlajša, torej je notranji del debla najstarejši. Vertikalno gledano pa je najmlajši les pri vrhu drevesa. Cona ranega in kasnega lesa v braniki je posledica neenakomernega delovanja kambija v naših klimatskih razmerah. Branike so izrazite predvsem na prečnem prerezu, seveda pa so vidne tudi v radialnem in tangencialnem prerezu. Bolj izrazite so pri iglavcih kot pri listavcih. Med iglavci ima zelo poudarjene branike npr. macesen, med listavci pa hrast.

Letnica razmejuje lanski kasni les od letošnjega ranega lesa. Letnice so bolj ali manj vzporedne s periferijo prečnega prereza debla oziroma vej. Pri deblih cilindrične oblike so podobne krožnicam, pri užlebljenih deblih pa so valovite (npr. beli gaber). Dejavniki, ki vplivajo na valovitost črt letnic oziroma na neenakomerno priraščanje (neenakomerno delovanje kambija), so notranji in zunanji. Od zunanjih sta pomembna predvsem enostranska osvetlitev in veter, od notranjih pa je pomembna dednost.

Širina branik je važen dejavnik, ki vpliva na tehnološke lastnosti in s tem na uporabnost lesa. Širina branik je v notranjem delu drevesa večja, proti periferiji pa pada. To pa zaradi tega, ker se veča obseg debla. Zato je nujno, da se branike ožijo, kajti v nasprotnem primeru bi s povečanim obsegom drevesa moral naraščati tudi vsakoletni prirastek lesa. Vemo pa da je ta bolj ali manj enakomeren skozi vse življenje drevesa. Branike so najširše v spodnjem delu krošnje in najožje na bazi drevesa. Razlika v širini je največja pri visokih drevesih s kratkimi krošnjami.
Širina branik je odvisna od drevesne vrste in od dela drevesa. Pri hitro rastočih vrstah (topol) so praviloma široke, pri počasno rastočih drevesnih vrstah pa so ozke (tisa).

Na širino branik vplivajo tudi zunanji dejavniki, kot npr. podnebje, rodovitnost tal, dolžina vegetacijske dobe, položaj drevesa, gojitvena oblika oziroma vrsta gozda in gozdno gojitveni ukrepi (Pipa, 1997).

2.1.2 Beljava in jedrovina

Beljava je (navadno) periferni del debla ali veje s še živimi (parenhimskimi celicami), ki vsebujejo rezervne snovi (npr.škrob).

Jedrovina predstavlja notranje plasti lesa v rastočem drevesu, kjer so celice odmrle, rezervne snovi, ki so jih le-te vsebovale (npr.škrob), pa so se odstranile ali spremenile v jedrovinske snovi. Jedrovina je lahko neobarvana (navadna smreka, jelka), večinoma pa obarvana (dob, rdeči bor, itd.) tedaj jo imenujemo črnjava (Čufar, 2002).

Beljavo in jedrovino lahko zasledimo pri številnih drevesnih vrstah. Naloge beljave in jedrovine so pri drevesu zelo različne. Razlike pa so tudi v kemični sestavi in tehnoloških lastnostih, kar je za uporabo lesa še posebej pomembno (Pipa, 1997).

2.1.3 Kambij

Kambij je tvorno (meristematsko) tkivo. Naloga kambijevih celic je delitev. Če poteka delitev navznoter, je ena od novo nastalih celic celica lesa, druga pa ostane kambijska. Če poteka delitev navzven, je ena od novo nastalih celic celica ličja, druga pa zopet naprej ostane kambijska in se ponovno deli. Kambijske celice se delijo celo življenje, zato tudi drevo prirašča v debelino celo življenje. Če se delitev kambija za dalj časa ustavi, drevo odmre. V okviru koledarskega leta pa v naših klimatskih razmerah poteka delitev kambija le od pomladi do jeseni, torej v dobi vegetacije. Od intenzivnosti delitve kambijskih celic je odvisen vsakoletni prirastek lesa (Pipa, 1997).

2.1.4 Ličje in lubje

Ličje (sekundarni floem) je tkivo, ki predstavlja živi del skorje. Glavna naloga ličja je prevajanje in akumuliranje organskih snovi, to je produktov fotosinteze.

Lubje (ritidom) predstavlja mrtvi del skorje in ima predvsem zaščitno nalogo. Varuje notranja tkiva drevesa pred škodljivimi zunanjimi vplivi žive in mrtve narave (Pipa, 1997).

2.2 MIKROSKOPSKA ZGRADBA LESA IGLAVCEV

2.2.1 Traheide in piknje

Lesno tkivo iglavcev je sestavljeno pretežno iz aksialnih traheid, ki predstavljajo do 95% celotnega tkiva. Traheida je neperforirana lesna celica, ki jo z drugimi traheidami povezujejo obokane piknje.

Komunikacija med traheidami poteka preko obokanih pikenj, ki se nahajajo skoraj izključno v radialnih stenah in so posebej številčne na konceh traheid. Celotni prostor od membrane do lumna predstavlja pikenjsko votlino. Del sekundarne stene, ki se sloči nad pikenjsko membrano je pikenjski obok. Prehod med lumnom in kamrico pri debelostenih celicah je pikenjski kanal. Ustje kanala v kamrico je zunanja pikenjska odprtina, medtem ko vodi v lumen notranja pikenjska odprtina. Odprtine v margu obokanih pikenj iglavcev merijo 0,02-4 μm (20-4000 nm). Pikenjske membrane oziroma prepustni margo pri iglavcih so debele 0,1-0,5 μm kar je manj kot debelina membran enostavnih in enostranskih obokanih parov pikenj.

Dolžina traheid je med 3000 in 5000 μm, izjemoma le 1200 μm ali celo 7400 μm in več. Dvojna debelina sten aksialnih traheid je npr. pri navadni smreki v ranem lesu 1.9 – 4.9 μm, v kasnem lesu pa med 9.3 in 11.6 μm, radialni premer lumna pa je v ranem lesu med 16.0 in 45.0 μm, v kasnem lesu pa med 6.4 in 22.0 μm. Med posameznimi vrstami obstajajo precejšnje razlike v dimenzijah celičnih elementov in njihovem deležu.

Traheide so urejene v radialnih nizih. Vse celice istega niza so potomke iste fuziformne kambijeve inicialke, z bolj ali manj enakimi tangencialnimi dimenzijami. Pri večini domačih iglavcev ločimo rani, prehodni in kasni les. Traheide ranega lesa imajo tanke celične stene, velike lumne in velike radialne dimenzije. Traheide kasnega lesa imajo debele stene, ozke lumne in manjše radialne dimenzije. Traheide imajo lahko spiralne ali helikalne odebelitve. Paziti moramo, da ji ne zamenjamo s helikalnimi razpokami v stenah traheid kompresijskega lesa (Čufar, 2002).

2.2.2 Aksialni in trakovni parenhim

Aksialni parenhim v lesu večine iglavcev manjka. V kolikor je prisoten navadno ne presega 6%. Aksialni parenhim opravlja transport in skladiščenje hrane. Spada med prehranjevalna tkiva. Prehrambena tkiva pa tvorijo celice, ki so v zvezi s prehrano drevesa. Te celice so polne protoplasta in ostanejo dolgo časa žive. Celične stene parenhimskih celic so tanke, so iz celuloze ali zelo malo olesenele in imajo številne enostavne piknje. Navadno po odmrtju teh celic dobijo njihovi ostanki (celične stene) drugo-mehansko nalogo. V ta namen celične stene močno olesenijo in se odebelijo.

Med prehrambena tkiva prištevamo asimilacijsko tkivo, to je tisto, v katerem poteka fotosinteza (pri drevesih in grmih je to tkivo v listih in iglicah), in tkiva za zbiranje rezervne hrane. Celice teh tkiv so podobne velikim parenhimskim celicam s tanko steno in imajo le malo protoplasta.

V lesu predstavlja prehrambeno tkivo aksialni in trakovni parenhim (trakovi). Bistvena razlika med njima je le v smeri, v katero so celice razporejene. Tako je osni parenhim razporejen vzporedno z drevesno osjo, trakovni parenhim pa poteka pravokotno, v radialni smeri na rastno os drevesa.

Aksialni parenhim skupaj s trakovnim parenhimom tvori omrežje, ki ima fiziološke naloge. Ob koncu vegetacijskega obdobja se v osnem in trakovnem parenhimu kopiči rezervni škrob, ki ga bo drevo na začetku naslednjega vegetacijskega obdobja porabilo za razvoj nove listne površine, pozimi pa za dihanje in (respiracijo) parenhimskih in kambijskih (meristemskih) celic. Glede na to , da je delež aksialnega parenhima majhen, pri iglavcih ne presega 6%, je majhen tudi njegov vpliv na lastnosti lesa.

Trakovni parenhim je anatomski element, ki prodira v radialni smeri od kambija proti središču debla in vej. Trakovi opravljajo radialni transport. Njihova nalog je tudi zbiranje in shranjevanje (akumulacija) organskih snovi, to je produktov fotosinteze. Končni deli starih in dolgih trakov fiziološko niso več aktivni in se vključujejo v jedrovino, kjer z ostalimi anatomskimi elementi vred predstavljajo le še mehanske – oporne elemente lesa (Pipa, 1997).

Na trakovno tkivo odpade največ 10% lesa. V enostavni varianti so trakovi zgrajeni le iz parenhimskih celic – homocelularni trakovi: npr. pri navadni jelki, (*Abies alba* Mill). Trakovno tkivo pa lahko vsebuje parenhimske celice in trakovne traheide. Takšne trakove imenujemo heterocelularne.

Trakovi iglavcev so večinoma enoredni, le vretanasti – fuziformni trakovi, ki vsebujejo radialni smolni kanal so večredni.

Trakovne traheide so lahko nazobljene npr. črni bor, (*Pinus nigra* Arn.), ali pa gladke npr. rdeči bor, (*Pinus silvestris* L.). Prečne stene parenhimski celic so lahko brez pikenj npr. rdeči bor, (*Pinus silvestris* L.), ali pa močno piknjave npr. navadna jelka, (*Abies alba* Mill.).

Komunikacija med parenhimskimi celicami se vrši preko enostavnih pikenj. Parenhimske celice so s trakovnimi in aksialnimi traheidami povezane z polobokanimi piknjami. Poseben dagnostični pomen imajo piknje v križnih poljih, med parenhimsko trakovno celico in aksialno traheido. To so polobokane piknje, ki so v stenah traheid obokane, v stenah parenhimskih celic pa načelno enostavne, v resnici pa značilno modificirane. Tako ločimo v križnih poljih oknaste (fenestriformne), (npr.rdeči bor, *Pinus sylvestris* L.), piceoidne (npr. navadna smreka, *Picea abies* Karst.), kupresoidne, (npr. tisa, *Taxus baccata* L.), taksodoidne (npr.navadna jelka, *Abies alba* Mill.) in pinoidne (npr. ameriško bori). Trakovne traheide so med seboj in z aksialnimi traheidami povezane z obokanimi piknjami (Čufar, 2002).

2.2.3 Smolni kanali

Pri nekaterih vrstah (npr. pri navadni smreki), se pojavijo smolni kanali. Smolni kanali so splošna značilnost iglavcev. Pri rodovih Abies, Tsuga, Cedrus in Pseudolarix nastajajo smolni kanali le kot rezultat ranitve, pri rodovih Pinus, Picea, Larix in Pseudotsuga pa se zdijo normalna karakteristika lesa. Zato v splošnem ločimo normalne in poškodbene-travmatske smolne kanale. Normalne smolne kanale delimo na aksialne, ali pa radialne.
Ti so med seboj povezani in tvorijo omrežje.

Smolni kanali so medcelični prostori obdani z epitelnimi celicami, ki so bodisi tankostene (npr. pri borih) ali pa debelostene, (npr. pri navadni smreki). Radialni smolni kanali se nahajajo v vretenastih (fuzifornih) večrednih trakovih. Normalni smolni kanali so važen diagnostični znak v anatomiji lesa.

Votlina smolnega kanala je medcelični – intercelularni prostor, ki je nastal z razmaknitvijo nezrelih aksialnih elementov, v procesu diferenciacije v kambijevi coni. Smolni kanal potemtakem ni lesni element, temveč votlina, ki jo obdajajo parenhimske – epitelne celice. Fiziološko gledano je izločanje smole sekrecija, kar pomeni odstranjevanje snovi, ki še lahko sodelujejo v presnovnih procesih.

Razvoj epitelnih celic aksialnih in radialnih kanalov lahko sledimo do hčerinskih celic, ki nastajajo iz fuziformnih oz. trakovnih kambijevih inicialk. V prečnem prerezu opazimo skupke hčerinskih celic, ki se ne razvijajo (zrelijo) v aksialne traheide oz. trakovne celice, temveč se mitotsko delijo v več manjših celic, ki se nizajo vzdolž osi nastajajočega smolnega kanala. Kasneje poči srednja lamela med celicami v sredini skupka pri čemer nastane medcelična votlina – smolni kanal, domnevno zaradi tlaka smole, ki jo producirajo epitelne celice. Celotno, eno ali več celic debelo plast epitelnih celic, ki obdajajo smolni kanal imenujemo epitel. Epitelne celice ob travmatskih smolnih kanalih so praviloma debelostene in piknjave in najverjetneje lignificirane. Epitelne celice ostanejo žive do transformacije beljave v jedrovino, oz. dokler so del beljave. Aksialni in radialni smolni kanali tvorijo omrežje (Čufar, 2002).

2.3 NAVADNA SMREKA

2.3.1 Opis drevesa navadne smreke

Navadna smreka (*Picea abies* (L.)Karst.) je avtohtona v severni Evropi in gorovjih srednje Evrope, vendar se je zaradi gospodarjenja z gozdovi razširila po vsem kontinentu. Za navadno smreko je značilno ravno polnolesno in dokaj cilindrično deblo z malo vejami (razen prosto rastočih smrek, ki so malolesne in grčave). Maksimalne višine so 30 do 50 m (redko do 60 m), premeri pa do 120 (200) cm (Čufar, 2001). Skorja je tanka, rjavordečkasta in dolgo gladka. Pri starejših drevesih razpoka v obliki zaokroženih lusk. Storži so viseči in odpadejo celi (Pipa, 1997).

2.3.2 Makroskopski opis navadne smreke

Smrekovina ima neobarvano jedrovino zato se jedrovina in beljava barvno ne ločita. Les je večinoma rumenkastobel, v starosti tudi rumenkastorjav. Branike od ozkih do zelo širokih so, razločne. Prehod iz svetlega belkastega ranega lesa do rdečkastorumenega kasnega lesa je večinoma postopen. Poskobljane površine imajo svilnat lesk. Svež les diši po smoli. Pogost je pojav smolnih žepkov. Napake navadne smrekovine so smolike, grčavost, rovi od insektov, modrivost in trohnoba.

Navadna smrekovina je zelo podobna navadni jelovini. Glavni znak za ločevanje obeh vrst so normalni smolni kanali, ki jih ima samo navadna smrekovina (na zglajeni prečni površini se aksialni smolni kanali z lupo vidijo kot svetle pike). Poleg tega je navadna jelovina bolj bela, pogosto z modrikastim nadihom (Čufar, 2001).

2.3.3 Zgradba navadne smreke

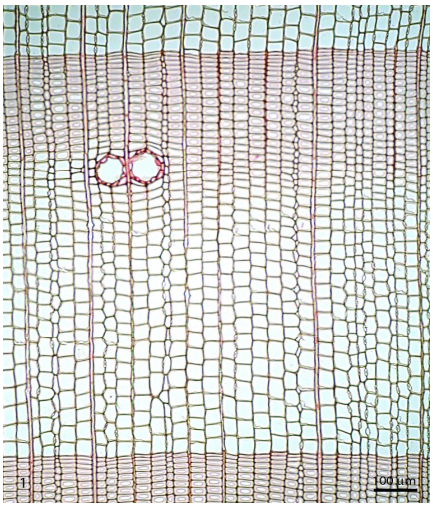
Les navadne smreke je sestavljen večinoma iz aksialnih traheid, ki predstavljajo do 95% celotnega tkiva. Traheida je mrtva neperfororana mrtva lesna celica, ki v lesu opravlja mehansko in prevajalno nalogo. Traheide so med seboj povezane s pomočjo obokanih pikenj. Te se nahajajo izključno v radialnih stenah in so posebej številčne na konceh traheid. Pri navadni smreki so obokane piknje večinoma razporejene v enojnih nizih.

Prehod iz ranega v kasni les je postopen. Je manj izrazit. Traheide ranega lesa imajo tanke celične stene, velike lumne in velike radialne dimenzije, traheide kasnega lesa pa imajo debele stene, ozke lumne in manjše radialne dimenzije.

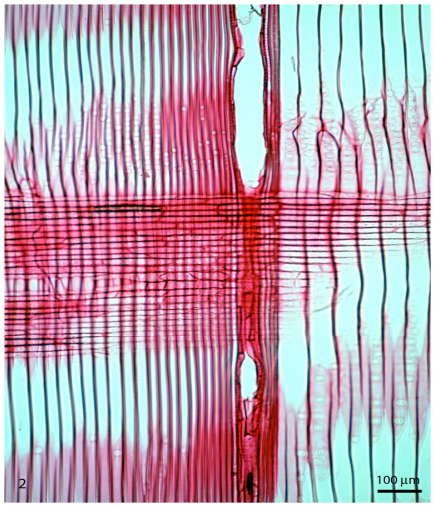
Trakovi pri navadni smreki so tako kot pri drugih iglavcih enoredni, le vretenasti – fuziformni trakovi, ki vsebujejo radialni smolni kanali so večredni. Trakovi so heterocelularni – trakovno tkivo vsebuje parenhimske celice in trakovne traheide. Zavzemajo približno 5% lesnega tkiva in imajo nalogo prevajanja in skladiščenja ogljikovih hidratov. Parenhimske celice, ki so del beljave so žive, ko se protoplazma v njih razkroji pa odmrejo in postanejo del jedrovine.

Aksialne traheide in parenhimske trakovne celice so v križnih poljih med seboj povezane s polobokanimi piknjami, ki so v stenah traheid obokane, v stenah parenhimskih celicah pa načelno enostavne in značilno modificirane. Pri navadni smreki jih imenujemo piceoidne piknje.

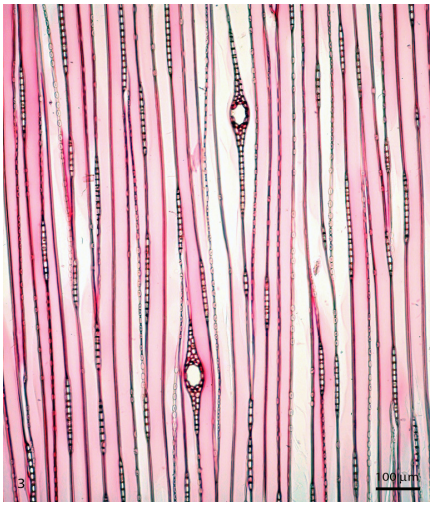
Za navadno smreko so značilni normalni in travmatski smolni kanali. Normalne smolni kanali so aksialni, ali pa radialni. Ti so med seboj povezani in tvorijo omrežje. Smolni kanali so medcelični prostori obdani z epitelnimi celicami, ki so pri navadni smreki debelostene, lignificirane in močno piknjave. Normakni smolni kanali so večinoma prisotni v kasnem lesu in so večinoma redki. Radialni smolni kanali se nahajajo v vretenastih (fuziformnih) večrednih trakovih. Travmatski smolni kanali nastanejo kot odziv kambija na mehanska poškodovanja.



a



b



c

Slika 1: Zgradba navadne smreke (a) prečni prerez,(b) radialni prerez, (c) tangencialni prerez.

2.4 JELKA

2.4.2 Opis drevesa jelke

Jelka (*Abies alba* Mill). je drevo gorskega mešanega gozda srednje in južne Evrope. V primerjavi z navadno smrekovino je manj razširjena. Omejena je na južni in srednji areal navadne smreke, v njegovem severnem delu pa popolnoma manjka. Za rast potrebuje relativno veliko vlage in toplote ter je občutljiva na nizke zimske temperature in pozne pozebe.

Jelka spada k našim najlepšim drevesom. V strjenih gozdovih ima ravna izrazita polnolesna debla s podobnim izkoristkom kot navadna smreka (85-90%). Malolesnost se pojavi pri prosto stoječih primerkih. Glede na starost in rastišče jelke dosežejo višine 30 do 50 m (izjemoma do 60 m) in premere do 150 cm. Dolžina hloda brez grč znaša do 20 m. skorja je siva do sivo bela s smolnimi izboklinami. V starosti se lubje lušči v obliki majhnih oglatih lusk. Starejše navadne jelke od navadnih smrek z lahkoto ločimo zaradi karakteristično sploščene krošnje (štorkljino gnezdo). Navadne jelke dosežejo maksimalne starosti med 500 in 800 leti (Čufar, 2001).

2.4.3 Makroskopski opis jelovine

Jelka ima nobarvano jedrovino, zato se beljava in jedrovina barvno ne ločita. Les je rdečkastobele preko rumenkastobele do skoraj bele barve, pogosto s sivkastovijoličnim navdihom. Na lokaciji mokrega lesa se les rahlo obarva. Branike so razločne. Rani les je svetel ter belkast in popolnoma prehaja v rdečkastorumen kasni les. Normalnih smolnih kanalov ni, zato jelovina nima značilnega vonja po smoli. Sveže mokro srce ima neprijeten kiselkast vonj. Jelovina je zelo podobna smrekovini. Najpomembnejši znak za njuno makroskopsko razločevanje so normalni smolni kanali, ki se pojavljajo samo pri smreki. Barva smrekovine je bolj rumenkasta, les ima bolj svilnat lesk. Jelovina je za razliko od smrekovine brez leska. Pri jelki potekajo veje skoraj pravokotno na os drevesa, pri navadni smreki pa bolj poševno, zato ima žagana jelovina bolj okrogle, smrekovina pa bolj ovalne grče.

Pri večini jelk se predvsem na bazi drevesa pojavlja rjavo do rjavordeče mokro srce (pri zdravih drevesih vlažnost do 220%), ki je od vlažne beljave (pri zdravih drevesih vlažnost 150 do 200%) ločena z nekaj milimetrov široko suho cono (vlažnost 30-50 %). Les hirajočih jelk je v splošnem bolj suh. Neobarvana jedrovina ima, v kolikor je prisotna, vlažnost okrog 30- 50%. Nekateri avtorji ločijo t.im. patološko mokro srce nepravilne zvezdaste oblike, ki sega v beljavo in se pojavlja predvsem pri hirajočih jelkah (Čufar, 2001).

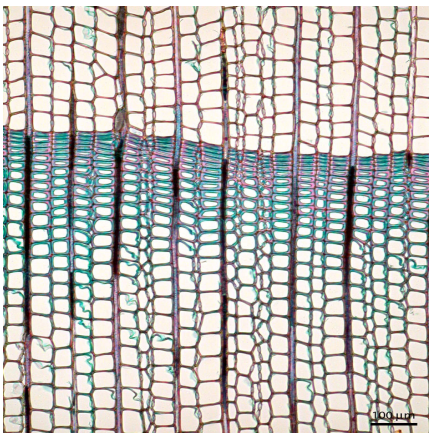
2.4.4 Zgradba jelovine

Les jelovine je zgrajen iz traheid. Komunikacija med traheidami poteka preko obokanih pikenj, ki se nahajajo skoraj izključno v radialnih stenah in so posebej številčne na konceh traheid. Pri jelki so obokane piknje v enojnih nizih.

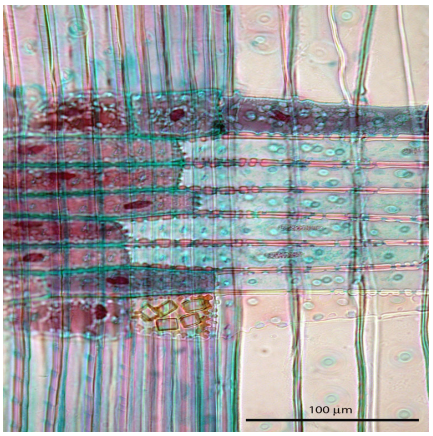
Prehod iz ranega v kasni les je postopen, je manj izrazit. Traheide ranega lesa imajo tanke celične stene, velike lumne in velike radialne dimenzije. Traheide kasnega lesa imajo debele stene ozke lumne in manjše radialne dimenzije.

Trakovi navadne jelke (*Abies alba* Mill.) so homocelularni. Zgrajeni so le iz parenhimskih celic. Trakovi so namenjeni za skladiščenje in distribucijo ogljikovih hidratov. Komunikacija med parenhimskimi celicami se vrši prek enostavnih pikenj. Piknje v križni poljih so taksodoidne. Trakovi so enoredni.

Jelovina nima normalnih smolnih kanalov. Smolni kanali nastanejo le kot odziv kambija na mehanska poškodovanja. Take smolne kanale imenujemo travmatske. Aksialnega parenhima pri jelovini ni ali pa ga je nekaj ob letnici.



a



b

c

Slika 2: Zgradba jelovine (a) prečni prerez,(b) radialni prerez, (c) tangencialni prerez.

2.5 RDEČI BOR

2.5.1 Opis drevesa rdečega bora

Rdeči bor(*Pinus silvestris* L.) je zelo razširjena in pomembna drevesna vrsta bora. Uspeva v pretežnem delu Evrope. Največ ga je v severni in severovzhodni Evropi. Zraste 20 d0 30 m visoko, v ugodnih razmerah tudi do 40 m in več. Prsni premeri znašajo 40 do 100 cm. Deblo je v glavnem ravno in polnolesmo. Krošnja je v mladosti stožčasta, pozneje široka in zaobljena. Skorja je v spodnjem delu debla sivorjave ali rdečkasto rjave barve in se lušči v tankih lističih (Pipa, 1997).

2.5.2 Makroskopski opis drevesa rdeče borovine

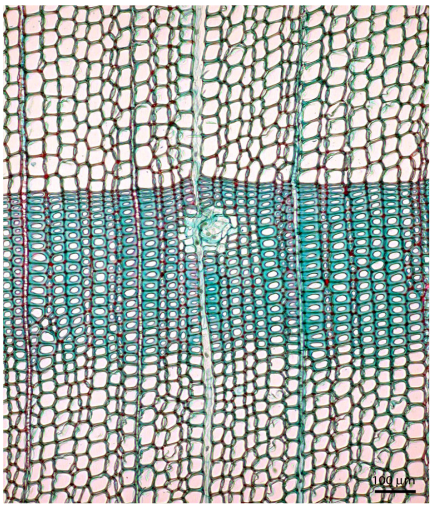
Rdeči bor ima obarvano jedrovino, ki se po barvi ostro loči od beljave. Širina beljave je zelo različna in odvisna od rastišča. Beljava je rumenkasto do rdečkasto bela, jedrovina pa rdečkasto rumena, vendar na zraku hitro potemni. Branike so izrazite, njihova širina je odvisna od rastnih razmer in niha med 1mm in 1 cm. Prehod svetlega ranega lesa v znatno temnejši rdečkasto rjav kasni les je oster.
Smolni kanali so številni. Aksialne smolne kanale vidimo na prečnem prerezu že s prostim očesom. Svež les ima prijeten vonj po smoli (Pipa, 1997).

2.5.3 Zgradba rdečega bora

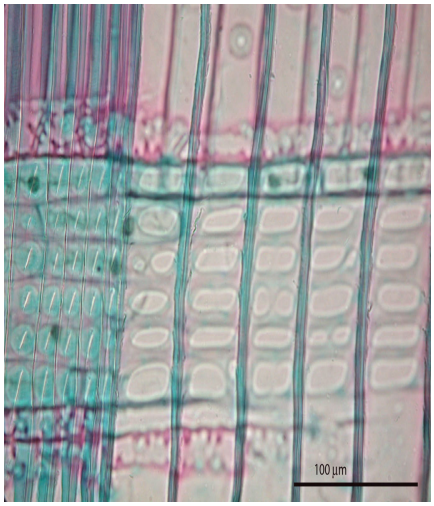
Les bora sestavljajo traheide. V radialnih stenah traheid se nahajajo polobokane piknje, ki so bolj številčne na koncu traheid. Piknje so razporejene v enojnem nizu.

Prehod iz ranega v kasni les je jasen, oster. Traheide ranega lesa imajo tanke celične stene, velike lumne in velike radialne dimenzije. Traheide kasnega lesa imajo debele stene ozke lumne in manjše radialne dimenzije.

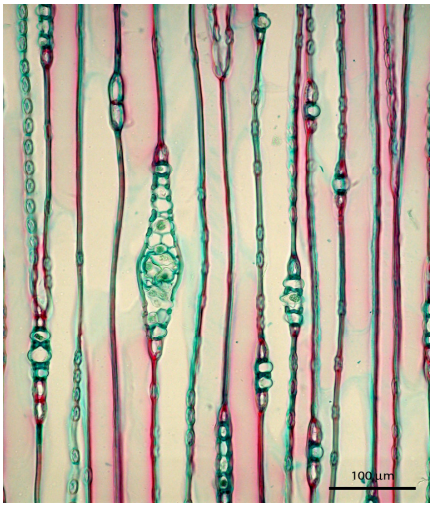
Trakovi rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.) so heterocelularni. Trakovno tkivo vsebuje parenhimske celice in trakovne traheide. Trakovne traheide so nazobljene. Piknje v križnih poljih, med parenhimsko trakovno celico in aksialno traheido so velike oknaste. Trakovi so enoredni, le vretenasti – fuziformni trakovi, ki vsebujejo radialni smolni kanal so večredni. Les rdečega bora vsebuje normalne aksialne in radialne smolne kanale s tankostenimi epitelnimi celicami. Ti so med seboj povezani in tvorijo omrežje. Smolni kanali so medcelični prostori obdani z epitelnimi celicami.



a



b



c

Slika 3: Zgradba rdečega bora (a) prečni prerez,(b) radialni prerez, (c) tangencialni prerez.

2.6 IZVOR POGANJKOV IN IGLIC (iz Oven 2007)

Vsi listi in iglice izvirajo iz aksialnega meristema. List ali iglica običajno nastane s periklinalnimi delitvami v apikalnem meristemu. Pri gimnospermah (iglavcih) se iglice razvijejo v zunanjem sloju celic v periferni coni s periklinalnimi ali antiklinalnimi delitvani.

Pri drevesih je razvoj vej tesno povezan z razvojem listov in iglic. V pazduhi listov in iglic se razvijejo pazdušni poganjki. Zaporedja se razlikujejo glede na drevesne vrste. Zgodnji razvoj teh poganjkov je podoben kot nastanek iglice. V zgodnji fazi se zasnova lahko razvije v poganjek ali pa v iglico.

Pri gozdnem drevju se zlasti po rečenju pogosto razvijejo številni epikoremski poganjki vzdolž debla. Ta pojav je za neke drevesne vrste bolj značilen kot za druge in predstavlja precejšno težavo z vidika lesne kvalitete, ki se zmanjša, tako kot kakovost drugih gozdnih produktov. V nekoliko starejši literaturi se za opis poganjkov, ki so vključeni v periderm vej in debel uporablja izraz dormantni poganjki. Vendar pa je potrebno poudariti, da so med rastno sezono zelo aktivni, saj sledijo povečanju debla zaradi kambijske rasti, prav zato uporabljamo v nadaljevanju izraz zavrti poganjki.

Razvoj zavrtih poganjkov se pri različnih drevesnih vrstah zelo razlikuje. Pri nekaterih drevesih je rast posameznega pazdušnega poganjka inhibirana zaradi česar se postopno vključi v skorjo zaradi radialno ekspandirano sekundarnega tkiva. Pri nekaterih drevesnih vrstah pa lahko pazdušni popki producirajo dodatne pazdušne popke, ki ostanejo vključeni v skorji kot zavrti poganjki. V takšnem primeru se originalni pazdušni popek lahko razvije v stransko vejo, lahko pa odmre in pusti za sabo enega ali več zavrtih popkov ali poganjkov. Pri drugih drevesnih vrstah pa se lahko pojavijo številni poganjki, ki jih pravzaprav sekundarno skorjino tkivo preraste, zato ostanejo zavrti pod peridermom. Ko so popki enkrat vključeni v periderm se lahko iz njih razvijejo dodatni popki. Pri nekaterih drevesnih vrstah lahko apikalni meristem zavrtega poganjka odmre ali pa se poškoduje, kar sproži razvoj novega stranskega poganjka. To ima za posledico razvejitev vaskularne sledi, kar je pravzaprav sled zavrtega poganjka. To pomeni, da se lahko iz enega zavrtega poganjka med rastjo debla (starostjo) razvijejo številni novi. Pri raziskavi *Liquidambar styraciflua* so zabeležili 60 zavrtih poganjkov, ki so se razvili z razvejitvijo štirih poganjkov na dolžini 36 cm.

Slika 4: Vzdolžni prerez popka z apikalnim meristemom (Čufar 2002).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OPIS RASTIŠČA IN POISKUSNIH DREVES

Poizkusna drevesa navadne smreke, rdečega bora in jelke so bila odvzeta na Dolenjskem v vasi Šentjošt blizu Novega mesta. Drevesa jelke in smreke so bila odvzeta v gozdu z imenom Flanšče. Bor je bil odvzet v gozdu z imenom Vrh. Na rast teh dreves so vplivale vremenske razmere, pogoji tal in tudi položaj drevesa.

Za mojo diplomsko nalogo sem vzel šest dreves. Po dve drevesi jelke, navadne smreke, in rdečega bora.
Kriteriji po katerem sem izbiral drevesa so bili:

1. vsa drevesa so bila sorasla,
2. brez vidnih mehanskih poškodb na deblu in koreninah. Drevesa niso imela odlomljenih vrhov,
3. drevesa so imela bolj ali manj centrična debla,
4. brez vidnih simptomov policijskih poškodb,
5. starost dreves je bila ocenjena na 20let.

Preglednica 1: Osnovni podatki o proučevanih drevesih

Navadna smreka *(Picea abies)* (L.)Karst*)*			Jelka *(Abies alba* Mill.*)*			Rdeči bor *(Pinus silvestris* L.*)*		
oznaka	višina (cm)	premer (cm)	oznaka	višina (cm)	premer (cm)	oznaka	višina (cm)	premer (cm)
S1	707	8	J1	530	8	B1	435	550
S2	450	7.5	J2	748	9	B2	620	7

* Premer dreves je bil izmerjen na višini 1.3 m (prsna višina)

Takoj po poseku sem debla nažagal na segmente dolžine približno 1m in jih primerno označil z oznakami. Smreko sem označil z oznako S1, S2, jelko z oznako J1, J2 in bor z oznako B1, B2. Posamezne kose sem označil z S1/1, S1/2, S1/3, J1/1, J1/2, J2/1, J2/2, B1/1, B1/2. Posamezne dele drevesa sem označil zato, da smo lahko v delavnici rekonstruirali drevo (sestavili) in tudi kasneje označili vzorce.

a

b

c

d

Slika 5: Rekonstrukcija debla preiskanih dreves, kar smo potrebovali za določitev dolžine posameznih delov in višine pojava poganjkov in pojava iglic (a) rdeči bor B2 , (b) rdeči bor B1 , (c) jelka J1 , jelka J2, navadna smreka S1, (d) navadna smreka S2.

Preglednica 2: Oznaka in dolžina posameznih delov.

Navadna smreka *(Picea abies* L.Karst*)*		Jelka *(Abies alba* Mill*.)*		Bor *(Pinus silvestris* L*.)*	
Oznaka	Dolžina (cm)	Oznaka	Dolžina (cm)	Oznaka	Dolžina (cm)
S1/1	94	J1/1	95	B1/1	98
S1/2	97	J1/2	101	B1/2	104
S1/3	96	J1/3	100	B1/3	106
S1/4	93	J1/4	98	B1/4	102
S1/5	93	J1/5	116	B2/1	94
S1/6	91	J2/1	82	B2/2	96
S1/7	123	J2/2	97	B2/3	104
S2/1	101	J2/3	97	B2/4	107
S2/2	102	J2/4	97	B2/5	63
S2/3	60	J2/5	96	B2/6	120
S4/4	62	J2/6	94		
S4/5	110	J2/7	92		
		J2/8	73		

Dolžine posameznih delov dreves smo izmerili in podatke zapisali v preglednico. Vsak del smo skrbno pregledali, da smo ugotovili, na kateri višini se nahajajo zavrti poganjki in iglice. Višino smo izmerili in zabeležili v preglednico (glej preglednico 4).

3.2 ODVZEM VZORCEV, KI SO VSEBOVALI POGANJKE IN IGLICE

Preden smo vzeli vzorce, smo izmerili posamezne dolžine delov dreves, prsni premer, zavrte poganjke in pojav prvih sledi iglic.

V mizarski delavnici oddelka za lesarstvo smo s tračno žago izdelali vzorce. Nažagali smo vzorce, v katerih so se nahajali poganjki in iglice. Vzorce smo označili skladno z oznakami ki so razvidne iz preglednice 2.

a b c d

Slika 6: Vzorci, ki so vsebovali poganjke in iglice (a) aktiviran zavrti poganjek na vzorcu pri jelki, (b) iglice na vzorcu pri pri jelki, (c) Aktivirana zavrta poganjka pri navadni smreki, (d) iglice na vzorcu pri navadni smreki.

Preglednica 3: Višina na kateri smo odvzeli vzorce s poganjki in iglicami.

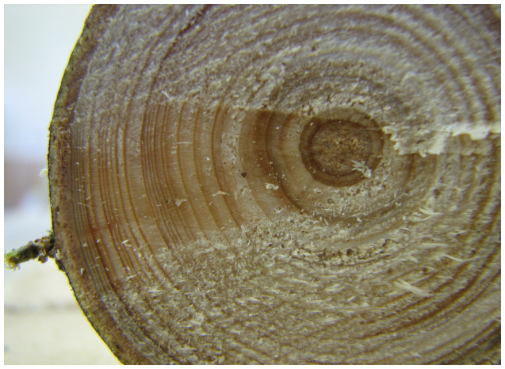
Odvzem vzorcev zavrtih poganjkov		Odvzem vzorcev sledi iglic	
oznaka	višina ZP na oznaki (cm)	oznaka	višina sledi iglic na oznaki (cm)
J2/4	32	J2/1	70
J2/5	75	J2/8	50
J2/6	30	S1/7	od 40 do 44
J2/7	36		
S1/7	od 40 do 44		
S1/7	52		

3.3 IZREZ VZORČKOV ZA ANATOMSKE PREISKAVE

Vzorčke, smo izdelali iz dobljenih vzorcev, ki so vsebovali poganjke in iglice. Izdelali smo jih s pomočjo tračne žage. Nažagali smo jih približno na dolžine od 1 do 3 cm. Pri tem smo morali paziti, da so se v vzorčkih nahajali poganjki in iglice.

Odrezane vzorčke smo takoj shranili v fiksativ FAA (mešanica formalina, ocetne kisline in alkohola). V fiksativu smo vzorce hranili 14 dni. Pred izdelavo anatomskih preparatov smo jih spirali v alkoholu.

a



b

Slika 7: Vzorci iz katerih smo izdelali anatomske preparate (a) aktivirani zavrti poganjki na vzorcih pri jelki, (b) zavrti poganjek na vzorcu pri jelki.

3.4 IZDELAVA PREPARATOV

Preden začnemo z izdelavo preparatov, vzorce potopimo v 95 % alkoholu. Preparate izdelamo z drsnim mikrotonom LEICA SM 2000R. Vzorce primerno odrežemo z nožem, tako da so vidni zavrti poganjki ali sledi iglic. Vpnemo jih v prijemalo mikrotoma znamke LEICA SM 2000 R. Nastavimo debelino na 25 μm in pričnemo z rezanjem. Rezino lesnega tkiva s čopičem, ki ga predhodno pomočimo v 95 % alkoholu, previdno pritisnemo na rezilo že med rezanjem. Tako nam ostane rezina lesnega tkiva na rezilu. Rezine prenesemo na urna stekla in pričnemo z diferencialnim barvanjem.

V urino steklo najprej kanemo kapljice safranina (0.5% v 95% alkoholu). Safranin poudari predvsem lignin, rezina lesnega tkiva pa se obarva rdečkasto. V safraninu pustimo preparat za najmanj pet minut. Lahko bi ga pustili tudi 24 ur, vendar se zadovoljivo obarva že po petih minutah. Rezine v urnem steklu spiramo s 95% alkoholom. Tako odstranimo odvečno barvilo. Po spiranju na rezine na urnem steklu kanemo kapljice barvila astro modro (0.5% v 95 % alkoholu + Thyomol), ki obarva predvsem celulozo. To barvilo pustimo samo tri minute, ker bi se lahko v nasprotnem primeru rezina lesnega tkiva popolnoma obarvala. Ponovno spiramo s 95 % alkoholom.

Rezine lesnega tkiva postavimo na čisto objektno steklo. Na vsako rezino kanemo kapljico umetne smole (Euparal). Z laboratorijskimi iglami poravnamo rezine in odstranimo odvečno umazanijo. Na rezino položimo krovno steklo in s pritiskom igle odstranimo nezaželene zračne mehurčke. Uravnamo robove in preparat primerno označimo. Preparat obtežimo z 200 g težko kovinsko utežjo in pustimo stati 24 ur, da se umetna smola utrdi.

Pri proučevanju zgradbe zavrtih poganjkov in sledi iglic je bilo potrebno upoštevati, da so to prostorske strukture, ki ne sledijo idealiziranim ksilotomskim ravninam, zato je bilo potrebno proučevane teksture pogosto pridobiti s poizkušanjem. Težavo je predstavljalo predvsem dejstvo, da skozi tkivo potekajo bolj ali manj vijugasto. Izkazalo se je tudi, da zgradbe teh struktur ni mogoče zadovoljivo opisati samo s pomočjo ene ksilotomske ravnine, pač pa je bilo potrebno pojav opazovati v vseh ksilotomskih ravninah, v tangencialnem, radialnem in prečnem prerezu.

3.5 IZDELAVA SLIK

Slike sem izdelal s pomočjo mikroskopa, digitalne kamere in računalnika. Celoten sistem je sestavljen iz:

- svetlobnega mikroskopa (Nikon Eclipse E800),
- digitalne kamere (PIXElink, PL- A66Z camera kit),
- računalnika,
- in računalniškega programa za obdelavo slik (Adobe Photoshop).

Preparat lesnega tkiva sem postavil na objektno mizico svetlobnega mikroskopa Nikon Eclipse E800. Objektno mizico svetlobnega mikroskopa sem premikal in tako dobil optimalno pozicijo za slikanje. S pomočjo digitalne kamere sem slikal preparat in sliko shranil na računalnik. Pri dobljeni sliki sem lahko preko računalnika spreminjal svetlobo, kontrast in barve. Uporabljal sem povečave 4x, 10x in 20x.

Naredil sem okoli trideset slik. V slike sem vključil iglice in poganjke za vse tri drevesne vrste, za smreko, jelko in bor.

Za izdelavo slik na makroskopskem nivoju sem uporabljal digitalni fotoaparat.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 POJAV POGANJKOV IN IGLIC NA DREVESU

Višine na kateri so se pojavili poganjki ter še žive iglice smo zabeležili v preglednico 4. Pri jelki oznaka J1 smo prve aktivirane zavrte poganjke zabeležili že na višini 66 cm nad tlemi. Na višini 292 cm pa so se nahajali najvišji ležeči poganjki. Aktivirani zavrti poganjki so se pojavili še na višini 106, 96, 263 in 274 cm. Žive iglice so se pri jelki J1 pojavile na višini 414 cm. Pri jelki z oznako J2 smo prve aktivirane poganjke opazili na višini 67 cm nad tlemi, na višini 607 cm pa se je nahajal najvišji ležeči poganjek. Prve še žive iglice so se pojavile na višini 672 cm. Žive iglice so se višje pojavile pri jelki z oznako J2. Aktivirani zavrti poganjki so se nižje pojavili pri nižji jelki z oznako J1.

Pri navadni smreki z oznako S1 se je prvi aktiviran zavrti poganjek nahajal šele na višini 192 cm, zadnji zavrti poganjek pa se je nahajal na višini 630 cm. Aktivirani zavrti poganjki so se nahajali še na višini 577, 607 in 617cm. Prve žive iglice so se pojavile na višini 430 cm. Pri navadni smreki z oznako S2 nismo opazili nobenih aktiviranih zavrtih poganjkov. Prve iglice so se pojavile na višini 275 cm. Pri navadni smreki z oznako S1 so se žive iglice pojavile višje kot pri navadni smreki z oznako S2.

Pri obeh rdečih borih ni bilo aktiviranih zavrtih poganjkov. Pri rdečem boru z oznako B1 so se prve žive iglice pojavile na višini 332 cm, pri rdečem boru z oznako B2 pa na višini 552 cm. Pri rdečem boru z oznako B1 so se prve žive iglice pojavile na nižji višini, ker je bilo drevo nižje od rdečega bora z oznako B2.

Preglednica 4: Pojav poganjkov in prvih iglic na različnih višinah vzdolž debla

Pojav poganjkov			Pojav iglic		
Oznaka	Višina na posameznem kosu (cm)	Višina na drevesu (cm)	Oznaka	Višina na posameznem kosu (cm)	Višina na drevesu (cm)
J1/1	66, 106	66, 106	J1/5	20	414
J1/2	1	96	J2/8	17	672
J1/3	67, 78, 96	263, 274, 292	S1/5	50	430
J2/2	92, 94	174, 176	S2/4	12	275
J2/3	53, 78	232, 257	B1/4	24	332
J2/4	32	308	B2/6	88	552
J2/5	75	448			
J2/6	21_{2x}, 30, 75_{2x}	490, 499, 544			
J2/7	14, 29, 36, 44	577, 592, 599, 607			
S1/3	1	192			
S1/**7**	13, 43, 53, 66	577, 607,617, 630			

* Kadar sta se na isti višini pojavila dva poganjka smo to označili z oznako 2x.

4.2 MAKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN IGLIC PRI JELKI

Na površini debla so bili aktivirani zavrti poganjki vidni na način kot prikazuje spodnja slika 8. Bili so dolgi od 3 do 5 cm, njihov premer pa je bil približno do 3 mm. Zaradi tega jih je bilo enostavno razlikovati od ostalih vej prvega reda (slika 8).

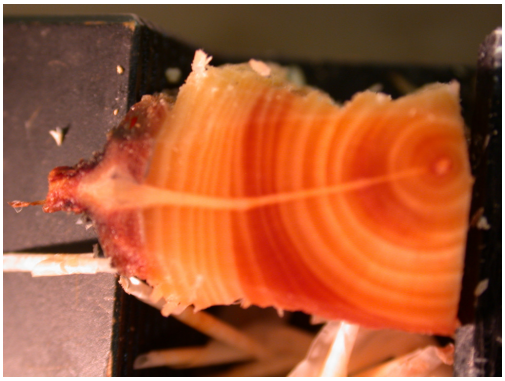
Slika 8: Aktiviran zavrti poganjek pri jelki.

Pri enoletnem vršnem poganjku jelke so poganjki, ki so zaradi fizioloških sprememb ostali zavrti v rasti običajno prisotni v pazduhi iglic. Zelo jasno je mogoče obe strukturi makroskopsko prepoznati na vzdolžnem prerezu enoletnega poganjka (Slika 9). Na starejših delih debla pa je zavrti poganjek na tangencialnem prerezu viden, tako kot prikazuje slika 10. Sled zavrtega poganjka poteka od stržena navzven. Pri jelki se lahko zavrti poganjek kasneje ponovno aktivira. Takemu poganjku pravimo aktiviran zavrti poganjek.

Slika 9: Zavrta poganjka v pazduhi iglic pri eno leto starem debelcu pri jelki.

Slika 10: Dvoletni zavrti poganjek v pazduhi iglice.

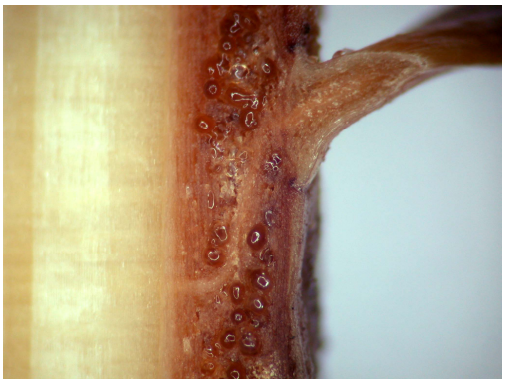
Makroskopski izgled zavrtega poganjka je na starejših delih debla pri jelki nekoliko bolj izrazit (slika 11). Poganjek izvira iz stržena navzven in poteka bolj ali manj pravokotno na letnice. Usmerjenost zavrtega poganjka se spremeni, kjer poteka preko kompresijskega lesa. Kljub temu je usmerjenost poganjka tudi v nadaljevanju pravokotna na letnice. V smeri od stržena proti periferiji se spreminja tudi premer sledi zavrtega poganjka. Premer je v bližini stržena manjši kot na periferiji debla (slika11).



Slika 11: Posnetek prečnega prereza količka pripravljenega za rezanje anatomskih preparatov.

Sled iglice v lesu mlajšega debla pri jelki poteka v eni prečni ravnini, na prehodu v skorjo pa se njena orientacija močno spremeni. Od mesta v lesu do položaja, kjer je iglica vidna na površini skorje je lahko razdalja od 2 do skoraj 5 mm (slika 12).

V nasprotju z zavrtimi poganjki, so sledi iglic na deblu pri jelki običajno zelo jasno vidne kot ovalne točke. Vidne so takrat, ko je skorja pri jelki še gladka, brez ritidoma. Ko iglica odpade ostane ovalna sled (slika13).

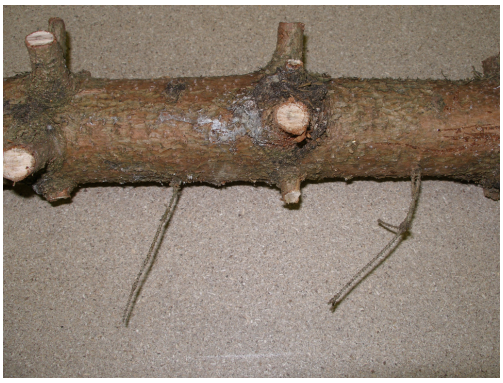


Slika 12: Sled iglice v lesu mlajšega debla pri jelki.

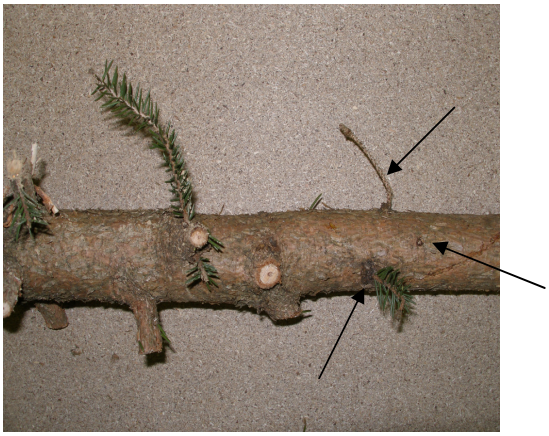
Slika 13: Iglica pri jelki in ovalna sled, ki je nastala pri odpadu iglice pri jelki.

4.3 MAKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN IGLIC PRI NAVADNI SMREKI

Pri navadni smreki so bili zavrti poganjki vidni tako kot male vejice. Dolgi so bili do 7cm in premera okoli 2mm. Zavrti poganjki lahko, kasneje odpadejo, nastane ovalna točka.



Slika 14: Aktivirana zavrta poganjka pri navadni smreki sta odmrla.



Slika 15: Aktiviran zavrti poganjek pri navadni smreki (spodaj desno) in odmrli zavrti poganjek (zgoraj desno), ter ovalna sled nekoč aktiviranega poganjka, ki pa je odmrl in odpadel.

Pri eno leto starem deblu drevesa navadne smreke je viden poganjek v pazduhi iglice. Ta poganjek lahko kasneje ostane v rasti zavrt, kasneje pa se lahko ponovno aktivira. Zelo jasno se poganjek vidi na vzdolžnem pogledu enoletnega poganjka (slika 16). Pri starejših delih debla je aktiviran zavrti poganjek viden kot vejica (slika 17). Kasneje lahko odmre in nastane sled zavrtega poganjka (slika 15).

Slika 16:Poganjek v pazduhi iglice pri enoletni rasti navadne smreke.

Slika 17: Aktivirana zavrta poganjka pri navadni smreki.

Iglice pri navadni smreki so bolj drobne in manjše kot pri jelki. Ko odpadejo brazgotine niso razvidne. Sledi iglice je težko opaziti. Opazovati jih moramo z lupo. Iglice izvirajo iz apikalnega meristema. Tudi pri navadni smreki opazimo pazdušni poganjek in iglico (slika 18).

Pri navadni smreki se zavrti poganjki najpogosteje aktivirajo približno po sedmih letih, to je takrat ko odpadejo iglice. Z razvojem zavrtih poganjkov drevo poizkuša nadomestiti izgubljene iglice, zato omenjen poganjek lahko imenujemo nadomestni poganjek. Pri zelo starih drevesih in pri drevesih v stresu lahko iglice takšnih poganjkov predstavljajo zelo velik delež, tudi do 90% vseh iglic (Roloff 2001).

Poudariti je potrebno, da je sledi zavrtih poganjkov na deblu mogoče dokaj enostavno locirati, če so že aktivirani. Kadar niso zavrti poganjki aktivirani se pojavijo velike težave pri iskanju tovrstnih sledi.

Življenjska doba iglic znaša okrog 7 let. V območjih z onesnaženim zrakom pa se zmanjša na 4. leta. Na večjih nadmorskih višinah se življenjska doba podaljša na 11 let. Iglice najpogosteje odpadejo jeseni. Odstranjevanje iglic pri smreki ima fiziološko ozadje, saj starejše iglice skorajda ne prispevajo več k oskrbi drevesa z asimilati, pač pa živijo praktično samostojno in neučinkovito. Življenjska doba iglic je v bistvu določena z oskrbo z vodo. Konča se zaradi vodnega stresa.

Slika 18: Iglice pri navadni smreki pri enoletnem poganjku

Sled iglice je s prostim očesom slabo vidna, kot je razvidno iz slike 19. Bolje jo opazimo, če jo opazujemo z lupo.

Slika 19: Sled iglice pri navadni smreki na tangencialnem prerezu lesa.

4.4 MAKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN SLEDI IGLIC PRI RDEČEM BORU

Pri rdečem boru pazdušni poganjki in iglica niso bili prisotni, zato se zavrti poganjki niso razvili iz pazdušnega poganjka. Iglice so skupaj v parih. Pri enoletnem poganjku se lepo vidi apikalni meristem. Prisotnih je več brstov iz katerih rastejo iglice. Stranski brsti se kasneje razvijejo v veje (slika 21).

Normalna življenjska doba iglic pri boru, kot navaja starejša nemška literatura pri boru je od 2 do 3 leta. Pri višje ležečih drevesih pa do 5 let. Na počasi rastočih vejah je število generacij iglic zaradi počasnejše debelinske rasti ter kasnejšega zasenčenja večje. Najmočnejše odpadanje iglic se pojavi pozno poleti in zgodaj jeseni, v sušnih obdobjih pa lahko še prej.

Slika 20: Iglice pri rdečem boru.

Slika 21: Apikalni meristem pri rdečem boru.

Slika 22: Stranske vejice pri rdečem boru.

V nasprotju z jelko in smreko se iglice pri rdečem boru nahajajo na kratkih poganjkih. Kratki poganjki imajo izjemno kratko os, ki na konceh podpira dve iglici, kar je asimilacijski organ bora. Dolga je lahko do 8 mm (slika 23). Da se pari iglic nahajajo na kratkih poganjkih je jasno zato, ker se med njima nahaja drobcen težko viden vegetacijski stožec, ki po pravilu po enem letu odmre. Ta mirujoč (zavrt) vegetacijski stožec pa se lahko aktivira v primeru, kadar divjad obžre deblo, ali pa je drevo prizadeto zaradi insektov in se tako razvije dolg poganjek. Kasnejša poškodovanja pa lahko sprožijo aktivacijo zavrtih poganjkov, ki se nahajajo na lokaciji glavnih vej (slika 24).

Pri rdečem boru lahko tako rečemo sledi iglice sled kratkega zavrtega poganjka.

Slika 23: Iglice pri rdečem boru-kratki poganjki.

Slika 24: Aktiviran zavrti poganjek pri rdečem boru.

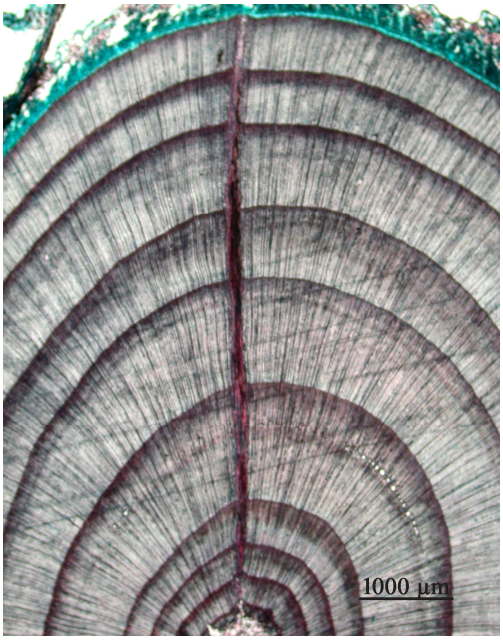
4.5 MIKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN SLEDI IGLIC PRI JELKI

Zavrti poganjek pri jelki je povezan s strženom in sega do skorje. Običajno je usmerjen pravokotno na letnice, kar pa ni vedno tako (slika 25).

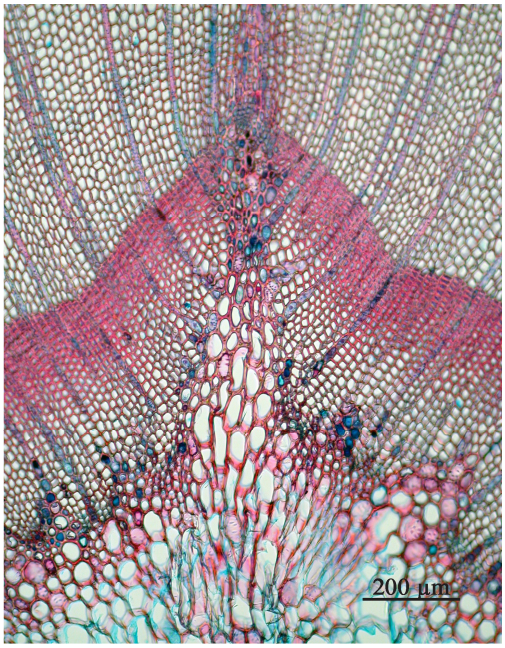
Prehod iz stržena v tkivo zavrtega poganjka je postopen. Zaradi geometrijskih razlogov usmeritev trakovnega tkiva in radialnih nizov traheid lesa debla ni običajna za ksilemsko tkivo (slika 26).

Kot je mogoče ugotoviti iz prečnega prereza sestavljajo sled zavrtega poganjka močno piknjave traheide primarnega ksilema, ki imajo zelo očitne helikalne odebelitve. Celice so z daljšo osjo usmerjene radialno. Na mestu, kjer se celice zavrtega poganjka stikajo s celicami lesa debla, je tkivo deorentirano (slika 27).

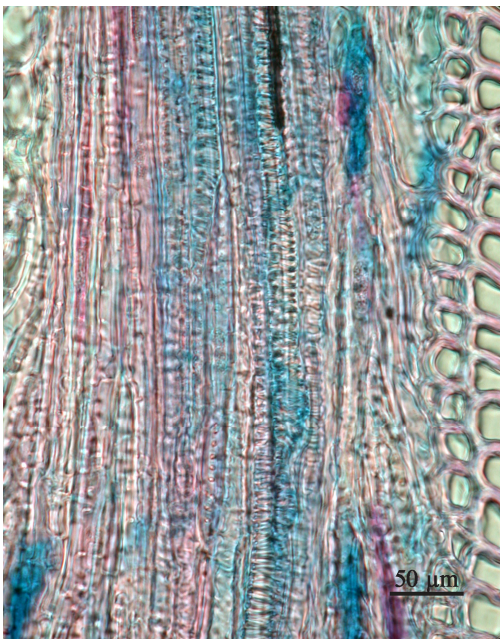
Od okoliškega tkiva je sled zavrtega poganjka mogoče jasno ločiti predvsem zaradi drugačne orientacije celic. Te celice so z daljšo osjo usmerjene v radialni smeri. Dokler je poganjek v rasti zavrt, je njegov premer oziroma debelina enaka v vseh ksilemskih branikah, ki jih preči. Ko se aktivira, pa se njegov premer poveča. Sled zavrtega poganjka je mogoče tudi v skorji razlikovati od sekundarnega floema. Bistvena razlika je morfološka, saj so celice zavrtih poganjkov tudi na tem mestu z daljšo osjo usmerjene radialno, celice sekundarnega floema pa aksialno (slika 28).



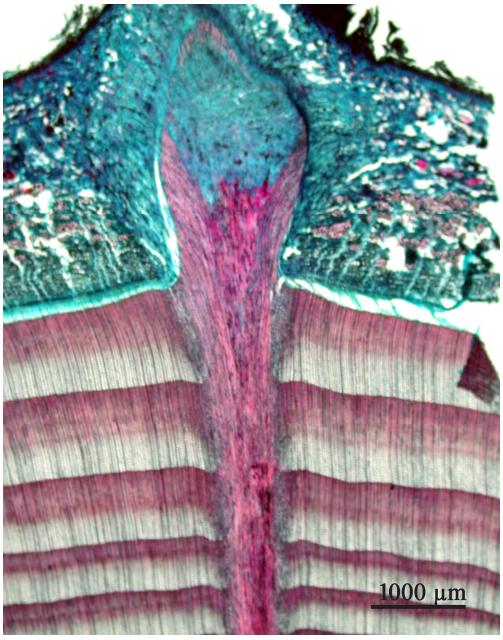
Slika 25: Prečni prerez zavrtega poganjka pri jelki, ki je usmerjen od stržena proti periferiji debla.



Slika 26: Prečni prerez stržena in lesa debla pri jelki, ki vključuje sled radialno usmerjenega zavrtega poganjka.

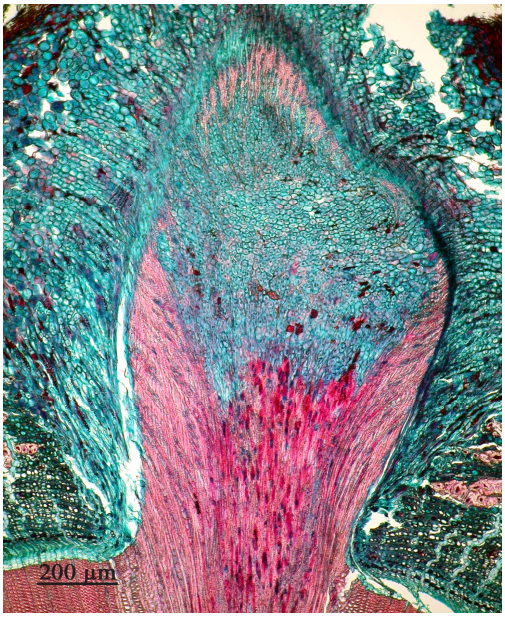


Slika 27: Prečni prerez zavrtega poganjka pri jelki, ki ga sestavljajo piknjave traheide s helikalnimi odebelitvami.

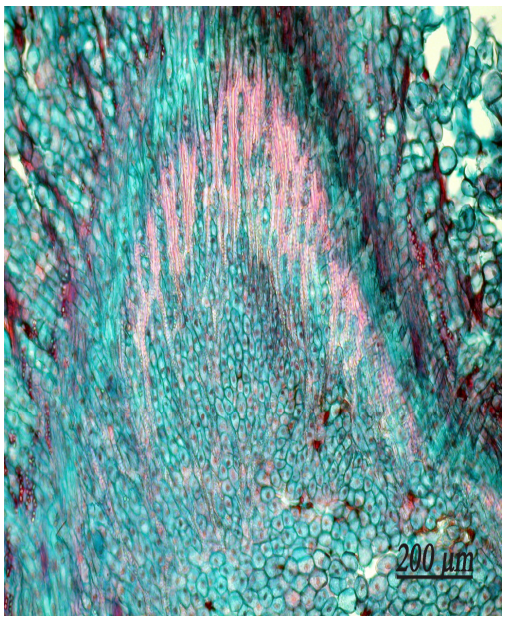


Slika 28: Sled zavrtega poganjka pri jelki, ki poteka do periferije debla.

V skorji je mogoče na koncu zavrtega poganjka opaziti celice, ki imajo meristemski karakter. To je mogoče ugotoviti na osnovi njihove anatomije. Celične stene so nelignificirane in tanke. Vsebujejo gosto celično steno in izrazita jedra, celice so žive (sliki 29 in 30).

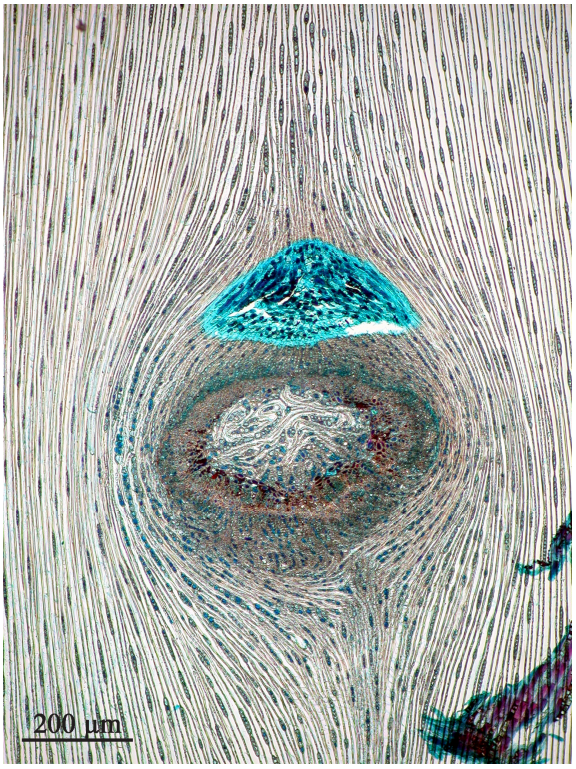


Slika 29: Zavrti poganjek pri jelki, ki ima meristemski karakter.



Slika 30: Meristemske celice zavrtega poganjka pri jelki.

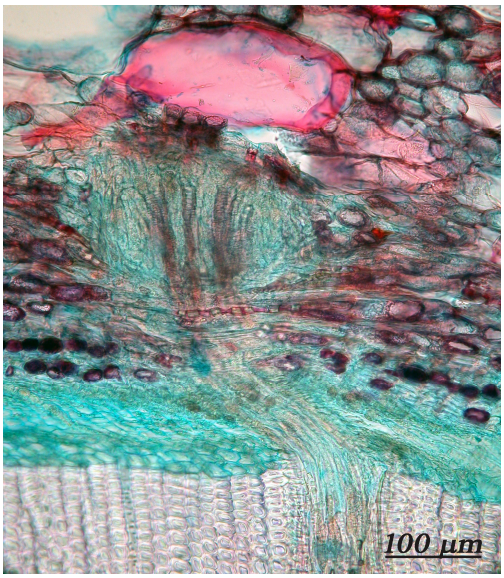
Pri jelki se na tangencialnem prerezu aktiviranega zavrtega poganjka v osrednjem delu pojavljajo deorentirane traheide in močno deorentirano trakovno tkivo. Obdajajo jih celice, ki imajo temno obarvano vsebino in debelo celično steno. Nad sledjo pa je vidna tudi skorja. Na tangencialnem prerezu debla je viden odklon traheid (slika 31).



Slika 31: Sled aktiviranega zavrtega poganjka pri starosti 23 let.

Sled iglice v lesu mlajšega debla pri jelki poteka v eni prečni ravnini, na prehodu v skorjo pa se njena orientacija močno spremeni (glej sliko 12). Pri mikroskopiji je bilo zato na prečnem prerezu izjemno težavno najti sled iglice (slika32). Veliko enostavnejše je bilo to strukturo najti na tangencialnem prerezu (slika 33).

Na tangencialnem prerezu je pri jelki sled iglice prerezana prečno. Tangencialna dimenzija sledi iglic je približno 150 µm. Največji del sledi iglice sestavljajo celice traheide, katerih prečne stene so zelo debele, pikenj ni videti, oblika teh celic pa je ovalna do izodiametrična. Ta vaskularni pramen obdajajo celice, ki imajo nelignificirano lesno tkivo. Na vseh straneh iglice so vidni ksilemski trakovi debla, ki se priložnostjo stikajo z iglico. Na tangencialnem prerezu debla je razločno vidna deorentacija traheid (slika 33).



Slika 32: Prečni prerez iglice pri jelki.

Slika 33: Tangencialni prerez sledi iglice pri jelki.

4.6. MIKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI ZAVRTIH POGANJKOV IN SLEDI IGLIC PRI NAVADNI SMREKI

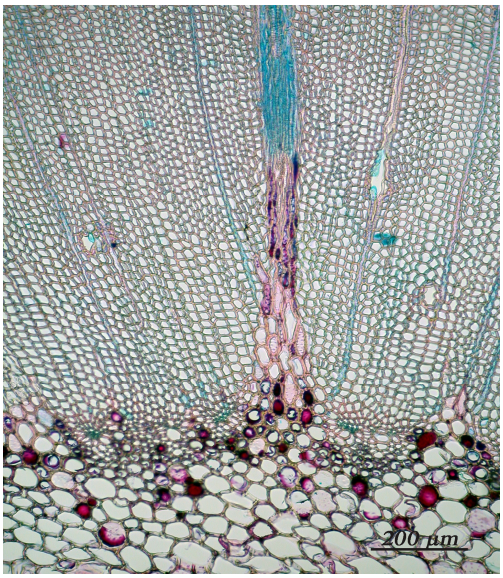
Zgradba zavrtega poganjka pri navadni smreki je podobna kot pri jelki. Poteka od stržena proti periferiji debla. Običajno je usmerjen pravokotno glede na letnice debla (slika 34).

Prehod iz stržena v tkivo debla je postopen (slika 35).

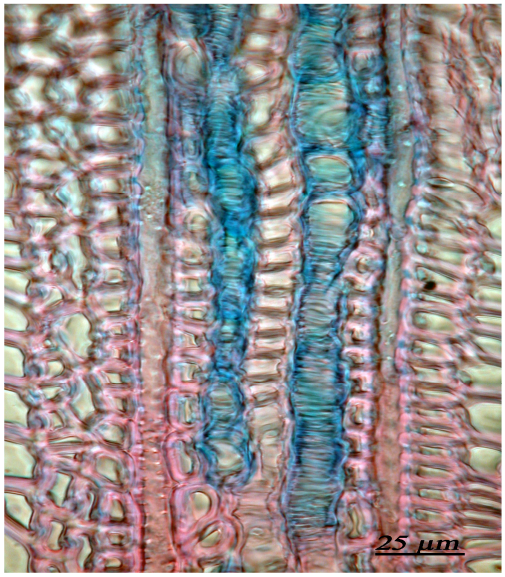
Sled zavrtega poganjka v lesu debla sestavljajo debelostene traheide s helikalnimi odebelitvami, podobno kot pri jelki. Tik ob steni zavrtega poganjka so traheide debla običajno nekoliko deorentirane. Debelina zavrtega poganjka je približno 100 µm (slika 36).

Tudi pri tej drevesni vrsti so celice zavrtih poganjkov usmerjene v radialni smeri. Zavrti poganjek ohrani bolj ali manj konstantno debelino, dokler ostaja v rasti zavrt. Na prehodu zavrtega poganjka iz lesa debla v skorjo debla je kambijev obroč prekinjen (slika 37).

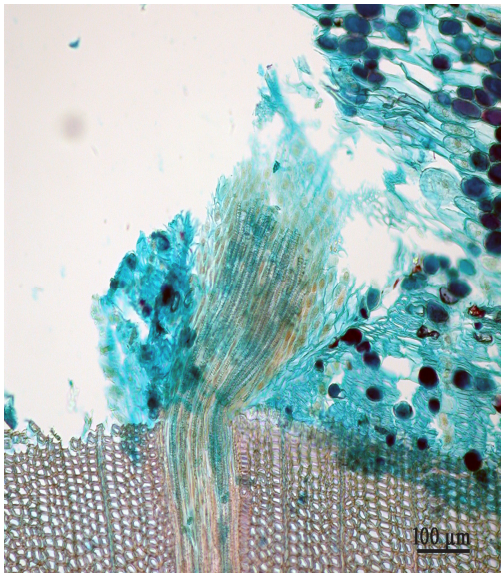
Slika 34: Prečni prerez zavrtega poganjka pri navadni smreki.



Slika 35: Stik stržena in zavrtega poganjka pri navadni smreki.

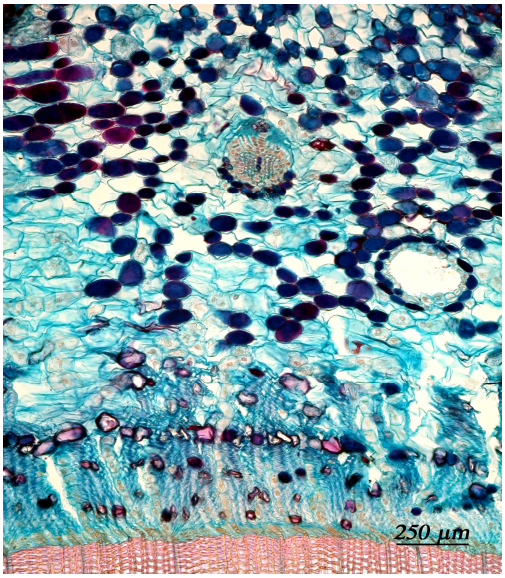


Slika 36: Zavrti poganjek, pri navadni smreki ki ga sestavljajo debelostene traheide s helikalnimi odebelitvami.



Slika 37: Sled zavrtega poganjka pri navadni smreki, ki poteka do periferije debla.

Sled iglice pri smreki je lahko vidna v lesu ali pa v skorji. V lesu kot radialno usmerjeno tkivo, v skorji pa praviloma vidno kot prečno usmerjena vaskularna tkivo, ki pa se izrazito razlikuje od okoliškega sekundarnega tkiva (slika 38).

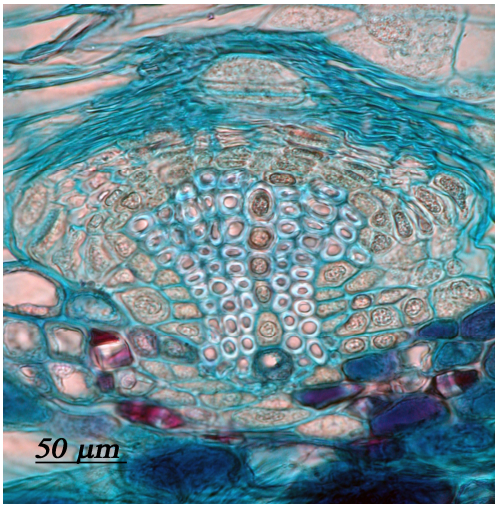


a

b

Slika 38: Sled iglice v skorji pri navadni smreki (a) 4x povečava, (b) 10x povečava.

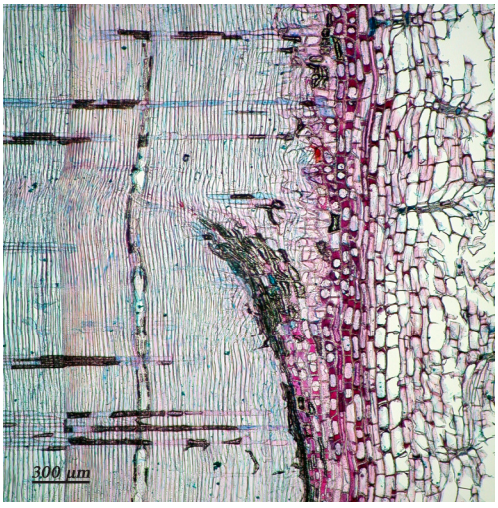
Vaskularno tkivo listne sledi sestavljajo ksilemske in floemske celice. V osrednjem delu sledi iglic se nahajajo ovalne lesne celice, ki imajo debelo celično steno. Ksilemski pramen na dva dela delijo parenhimu podobne celice z gosto celično steno in velikimi jedri. Ksilemske celice pa za tem obdajajo celice floema, sitaste celice z gosto citoplazmo in velikimi jedri. Pikenj v tem tkivu ni bilo mogoče opaziti (slika 39).



Slika 39: Močno povečan prerez sledi iglice v skorji navadne smreke.

Sled iglice v lesu debla pri navadni smreki poteka v eni prečni ravnini, na prehodu v skorjo pa se njena orientacija močno spremeni (glej sliko 12).

Slika 40 zelo nazorno ilustrira povezavo med vaskularnim sistemom iglice in strženom. Na pričujočem vzorcu so se v celicah zaradi sekundarnih sprememb že pojavile rdeče obarvane odložine.



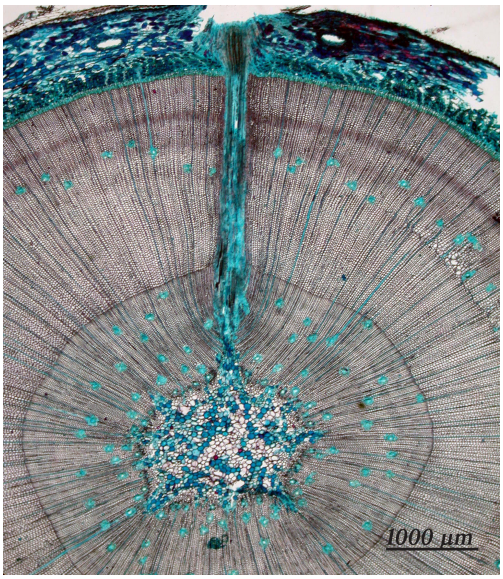
Slika 40: Radialni prerez sledi iglice pri navadni smreki.

4.7 MIKROSKOPSKA ZGRADBA ZAVRTIH POGANJKOV IN SLEDI IGLIC PRI RDEČEM BORU

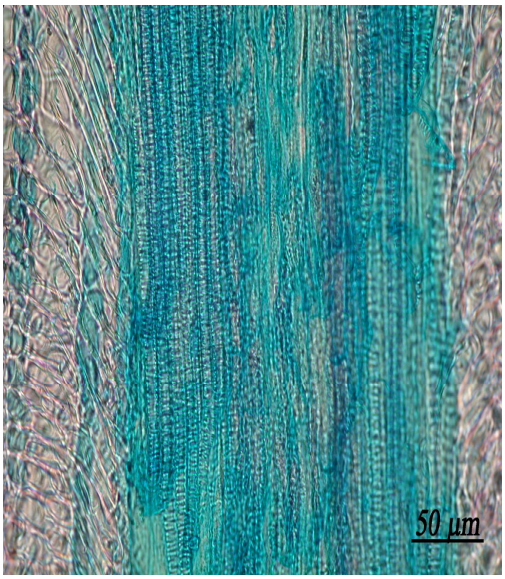
Na prečnem prerezu rdečega bora so sledi kratkih poganjkov zelo jasno videti, saj potekajo od stržena do periferije. Sledi kratkih poganjkov izkazujejo povezanost prevodnega sistema s strženom. Vaskularni sistem kratkega poganjka je usmerjen drugače kot osnovno tkivo debla. Celice so z daljšo osjo usmerjene pravokotno glede na potek aksialnih elementov lesa. Prehod iz stržena v tkivo debla je postopen (slika 41).

Zaradi prisotnosti tako usmerjenega tkiva je na prečnih prerezih prisotna deorentacija osnovnega tkiva lesa. Ta poteka nekoliko pahljačasto. Na tem mestu je viden tudi nastanek novega trakovnega tkiva. Sled kratkega poganjka sestavljajo traheide z izrazito spiralnimi odebelitvami. Pri starejših drevesih so te celice močno lignificirane, zato so obarvane rdeče. Na mestu, kjer se kratki poganjek dotika osnovnega tkiva lesa debla je vidna deorentacija tkiva (slika 42).

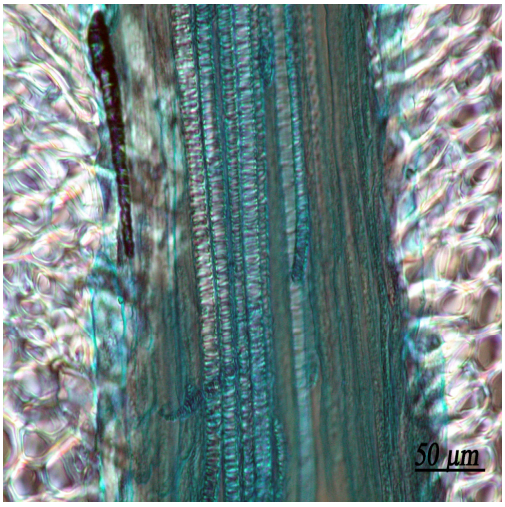
V polarizirani svetlobi so zelo dobro izražene helikalne odebelitve traheid. Poudarjene so celice, ki imajo sekundarne stene (slika 43).



Slika 41: Prečni prerez kratkega poganjka pri Rdečem boru.

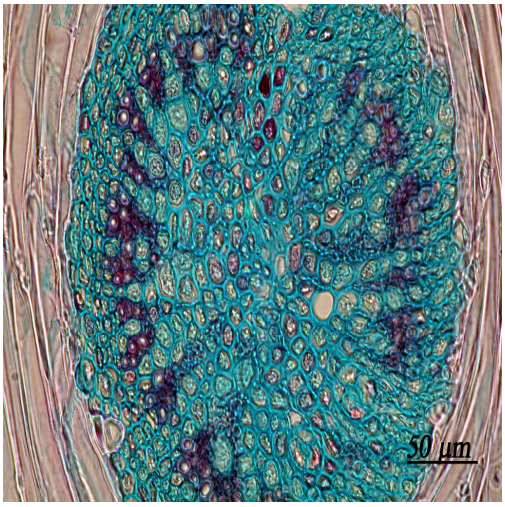


Slika 42: Prečni prerez lesa debla s sledjo kratkega poganjka pri rdečem boru.



Slika 43: Detajl iste sledi kratkega poganjka pri boru v polarizirani svetlobi.

Na tangencialnem prerezu lesa debla je sled kratkega poganjka prerezana prečno. Sled kratkega poganjka sestavljajo parenhimu podobne celice ksilema in floemske celice. V srednjem delu poganjka se nahajajo parenhimu podobne celice, ki imajo relativno debele celične stene, ki pa ne vsebujejo pikenj. Na naših preparatih je bil celični lumen najverjetneje zapolnjen z ostanki celične vsebine. Priložnostno so bila v celičnih lumnih vidna tudi jedra. Po obliki prečnega prereza so celice ovalne do izodiametrične. Za tem centralnim območjem se nahajajo traheide primarnega ksilema, ki so močno lignificirane, kar dokazuje pozitivna reakcija s safraninom. Celična stena je zelo debela, celice same pa so v prerezu ovalne oblike. Helikalnih odebelitev na prečnem prerezu ni mogoče razločiti. Med ksilemskimi celicami poganjka in lesom debla pa so prisotne tudi celice floema. So ovalne oblike z relativno debelimi celičnimi stenami. Ksilemsko tkivo debla kaže jasno deorentacijo okrog sledi kratkega poganjka (slika 44).



Slika 44: Tangencialni prerez kratkega poganjka pri rdečem boru.

5 SKLEP

Za razumevanje zavrtih poganjkov in sledi iglic je potrebno združiti spoznanja, ki izvirajo iz opazovanj drevesa samega oziroma ostalih spoznavnih nivojev, ki jih omogočajo ksilotomske tehnike. To so npr. makroskopske in mikroskopske preiskave ob uporabi različnih tehnik mikroskopije.

Pri jelki in smreki obstajajo makroskopske in mikroskopske razlike zavrtih poganjkov in sledi iglic.

Pri rdečem boru teh razlik ni saj so iglice pravzaprav pritrjene na kratke poganjke. Zavrt poganjek pri boru je pravzaprav zavrt kratek poganjek.

Pri vseh treh drevesnih vrstah je zavrti poganjek mogoče najenostavneje identificirati takrat kadar se aktivira. V nasprotnem primeru ga v tkivu lahko zasledimo samo po naključju.

Sledi iglic in zavrti poganjki pri navadni smreki in jelki ter sledi kratkih poganjkov pri rdečem boru potekajo praviloma pravokotno na letnice.

Zavrti poganjek ohrani konstantno debelino dokler ostane v rasti zavrt. Ko se aktivira se njegova debelina poveča. Sled iglice je ves čas enako debela, približno 150 µm.

Pri jelki in smreki je mogoče sledi iglic in zavrtih poganjkov najenostavneje razlikovati na osnovi njihovih anatomskih posebnosti v skorji. Na koncu zavrtih poganjkov se nahajajo celice, ki imajo meristemski karakter pri čemer pri sledeh iglic tega ni mogoče opaziti.

Pri jelki in smreki sestavljajo sled zavrtih poganjkov radialno usmerjene traheide z debelimi stenami, ki imajo helikalne odebelitve. Ta vaskularni pramen pogosto obdajajo celice, ki imajo nelignificirano lesno tkivo.

6 POVZETEK

V diplomski nalogi smo proučevali makroskopske in mikroskopske posebnosti zavrtih poganjkov in sledi iglic v lesu jelke (*Abies alba* Mill.), navadne smreke (*Picea abies* (L.)Karst.) in rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.). Cilj naloge je bil raziskati zgradbo zavrtih poganjkov in sledi iglic. Na makroskopskem nivoju smo največ uporabili tehniko opazovanja, pri mikroskopiji pa smo preparate opazovali v svetlobnem polju in polarizirani svetlobi.

Za raziskavo smo vzeli po dve drevesi jelke (*Abies alba*Mill), navadne smreke *(Picea abies* (L.)Karst.) in rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.).Takoj po poseku smo drevesa nažagali na približno dolžino enega metra in jih primerno označil, kar je omogočilo kasnejšo rekonstrukcijo debla. V mizarski delavnici smo nato izmerili višino dreves, prsni premer in višino na kateri so se pojavile sledi iglic in zavrtih poganjkov. S tračno žago smo izdelali vzorce, ki so vsebovali aktivirane zavrte poganjke in iglice. Iz vzorcev smo izdelali vzorčke, ki so vsebovali aktivirane zavrte poganjke in iglice. Odrezane vzorčke smo takoj shranili v fiksativ FAA (mešanica formalina, ocetne kisline in alkohola). V fiksativu smo vzorčke hranili 14 dni. Pred izdelavo anatomskih preparatov smo vzorčke spirali v alkoholu. Izdelali smo trajne preparate prečnih, tangencialnih in radialnih prerezov z drsnim mikrotonom LEICA SM 2000R in jih obarvali z barviloma safranin in astro modra. Mikroskopske preiskave in meritve smo opravili s svetlobnim mikroskopom Nikon Eclipse E800, ter sistemom za izdelavo slik.

Ugotovili smo, da pri jelki in navadni smreki obstajajo makroskopske in mikroskopske razlike zavrtih poganjkov in sledi iglic. Pri rdečem boru teh razlik ni saj so iglice pravzaprav pritrjene na kratke poganjke. Zavrt poganjek pri rdečem boru je pravzaprav zavrt kratek poganjek. Če se kratek poganjek kasneje poškoduje nastane aktiviran zavrti poganjek, ki se nahaja praviloma na lokaciji glavnih vej. Pri jelki in navadni smreki zavrti poganjki nastanejo iz poganjkov v pazduhi iglice, ki so ostali v rasti zavrti. Pri navadni smreki se zavrti poganjki najpogosteje aktivirajo približno po sedmih letih, to je takrat ko odpadejo iglice. Pri jelki pa se zavrti poganjki lahko aktivirajo tudi kasneje. Sledi iglice pri jelki in navadni smreki potekajo v lesu debla v eni prečni ravnini, na prehodu v skorjo debla pa se sled iglice močno spremeni.

Pri vseh treh drevesnih vrstah je zavrti poganjek najenostavneje identificirati takrat kadar se aktivira. V nasprotnem primeru ga v tkivu lahko zasledimo samo po naključju. Sledi iglic in zavrti poganjki pri navadni smreki in jelki ter sledi kratkih poganjkov pri rdečem boru potekajo praviloma pravokotno na letnice. Zavrti poganjek ohrani konstantno debelino dokler ostane v rasti zavrt. Ko se aktivira se njegova debelina poveča. Sled iglice je ves čas enako debela. Pri jelki in navadni smreki je mogoče sledi iglic in zavrtih poganjkov najenostavneje razlikovati na osnovi njihovih anatomskih posebnosti v skorji. Na koncu zavrtih poganjkov se nahajajo celice, ki imajo meristemski karakter pri čemer pri sledeh iglic tega ni opaziti. Pri jelki in navadni smreki sestavljajo sled zavrtih poganjkov radialno usmerjene traheide z debelimi stenami, ki imajo helikalne odebelitve. Ta vaskularni pramen pogosto obdajajo celice, ki imajo nelignificirano lesno tkivo.

7 VIRI IN LITERATURA

1. Aalto T., Jalkanen R. 1998. The nedlee trace method. Finnish forest research institute, research institute, Reserch papers 681: str. 36.

2. Čufar K. 2001. Opis lesnih vrst. Študijsko gradivo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 54 str.

3. Čufar K. 2002. Anatomija lesa. Študijsko gradivo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 120 str.

4. Oven P. 2007. Biološki izvor lesne kvalitete. Nerecenzirano študijsko gradivo: 74 str.

5. Pipa R. 1997. Anatomija in tehnologija lesa. Ljubljana, Lesarska založba: 136 str.

6. Roloff A. 2001. Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Stuttgart: 164 str.

8 ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof.dr. Primožu Ovnu za usmerjenje in strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge, univ.dipl.ing. Martinu Zupančiču za opravljeno delo na terenu in za izdelavo preparatov in slik in recenzentki prof.dr. Katarini Čufar za pregled diplomske naloge.