

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Luka KRŽE

**RAZMERJE MED KSILEMSKIM IN FLOEMSKIM PRIRASTKOM
PRI RAZLIČNO VITALNIH JELKAH (*Abies alba* Mill.)**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**THE RELATION BETWEEN XYLEM AND PHLOEM INCREMENT
IN SILVER FIRS (*Abies alba* Mill.) OF DIFFERENT VITALITY**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, kjer so bili v laboratoriju za anatomijo izdelani trajni preparati za svetlobno mikroskopijo in opravljena analiza slike. Terensko delo je potekalo na raziskovalni ploskvi na Ravniku pri Planini.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega dela imenoval prof. dr. Katarino Čufar in za recenzenta dela prof. dr. Primoža Ovna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Luka Krže

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*811.1
KG navadna jelka (*Abies alba* Mill.)/prirastek/ksilem/floem/kambijeva cona
AV KRŽE, Luka
SA ČUFAR, Katarina (mentorica)/OVEN, Primož (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2006
IN RAZMERJE MED KSILEMSKIM IN FLOEMSKIM PRIRASTKOM
PRI RAZLIČNO VITALNIH JELKAH (*Abies alba* Mill.)
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP IX, 48 str., 12 pregl., 27 sl., 3 pril., 15 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Pri 10 navidezno zdravih navadnih jelkah (*Abies alba* Mill.) z Ravnika smo proučevali anatomsko zgradbo floemskih branik v odvisnosti od njihove širine. Ugotavljalci smo razmerje med floemskim in ksilemskim prirastkom in razlike v številu celic v radialnih nizih floemskih in ksilemskih branik po obodu posameznega drevesa. Raziskovali smo zvezo med širino floemske in ksilemske branike, nastale v istem letu ter številom celic v dormantni kambijevi coni. Vzorce tkiv smo odvzeli iz živih dreves z metodo vzorčenja intaktnih tkiv. Trajne anatomske preparate prečnih prerezov smo obarvali z barvilo safranin in astra modro ter jih preiskali pod svetlobnim mikroskopom. Rezultati kažejo, da je bila pri navadni jelki anatomska zgradba floemske branike odvisna od njene širine. Floemske branike so vsebovale 5 do 11 slojev celic (sl.c.). Največkrat so bile sestavljene iz 3 oz. 4 sl.c ranega floema. Bolj ali manj sklenjen tangencialni pas aksialnega parenhima je ločil rani floem od kasnega. Ta je bil najpogosteje sestavljen iz 1 do 3 sl.c. Pri širokih floemskih branikah (8, 9 ali 11 sl.c.) se je v kasnem floemu priložnostno pojavil še drugi, nesklenjen pas aksialnega parenhima. Pri ozkih floemskih branikah (5 do 6 sl.c.) je prevladoval rani floem, pri širših (11 sl.c.) pa kasni. Delitve kambijevih celic so bile na ksilemsko stran intenzivnejše, saj so bile ksilemske branike od 2 do 21 krat širše kot floemske. Ksilemske branike so bile široke 8 do 177 sl.c. Razlike v številu celic v različnih radialnih nizih po obodu drevesa znotraj iste branike so znašale na ksilemski strani do 103, na floemski pa do 4 sl.c. Dormantna kambijeva cona je vsebovala od 5 do 11 sl.c. Kadar je bila kambijeva cona ozka (5 ali 6 sl.c.), sta bili tudi ksilemska in floemska branika ozki; kadar pa je bila široka (9, 10 ali 11 sl.c.), sta bili široki tudi pripadajoči braniki.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*811.1
CX silver fir (*Abies alba* Mill.)/increment/xylem/phloem/cambium
AU KRŽE, Luka
AA ČUFAR, Katarina (supervisor)/OVEN, Primož (co-supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science
and Technology
PY 2006
TI THE RELATION BETWEEN XYLEM AND PHLOEM INCREMENT IN SILVER
FIRS (*Abies alba* Mill.) OF DIFFERENT VITALITY
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO IX, 48 p., 12 tab., 27 fig., 3 ann., 15 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The structure of phloem growth rings was studied in relation to their width in 10
apparently healthy European silver firs (*Abies alba* Mill.) from Ravnik, Slovenia.
The relation between phloem and xylem increment and variation in number of
phloem and xylem cells within different radial rows of the same ring were
researched. Further, the relation between the phloem and xylem growth rings formed
in the same year, and the corresponding number of cells in dormant cambium zone
were investigated. The tissues were taken from living trees using the method of
intact tissue sampling. The investigations were done with a light microscope on
permanently imbedded cross-sections, stained with safranin and astra blue. The
results show that the structure of the phloem growth ring depends on its width. The
phloem increment comprised 5 to 11 sieve cells, mostly with 3 to 4 layers wide early
phloem. More or less continuous tangential band of axial parenchyma usually
separated the early and the late phloem. The late phloem was generally 1 to 3 cells
wide. Wider phloem rings (8, 9 and 11 cell layers) some times contained an
additional discontinuous tangential band of axial parenchyma. Narrow phloem rings
(5 to 6 cell layers wide) contained more early than late phloem, whereas wider rings
(11 cell layers) contained more late phloem. The cambium produced more xylem
than phloem cells. The xylem rings were 2 to 21 times wider than the corresponding
phloem ones. The xylem rings were 8 to 177 cells wide. The differences in the
number of cells within different radial rows of the same rings comprised up to 103
cells in xylem rings, and up to 4 cells in phloem rings. The dormant cambium zone
contained 5 to 11 cell layers. When the cambium zone was narrow (5 to 6 cell layers
wide) the xylem and phloem rings were narrow as well. When the cambium zone
was wide (9, 10 or 11 cell layers) the xylem and phloem rings were also wide.

KAZALO VSEBINE

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

1	UVOD.....	1
2	PREGLED OBJAV.....	2
2.1	ANATOMSKI OPIS LESA NAVADNE JELKE.....	2
2.2	ZGRADBA SKORJE IGLAVCEV.....	3
2.3	NASTANEK CELIC LESA IN SKORJE.....	5
2.4	SEZONSKA AKTIVNOST KAMBIJA.....	7
3	MATERIAL IN METODE DELA.....	8
3.1	OPIS RAZISKOVALNE PLOSKVE IN POIZKUSNIH DREVES.....	8
3.2	ODVZEM VZORCEV.....	9
3.3	PRIPRAVA TRAJNIH ANATOMSKIH PREPARATOV ZA SVETLOBNO MIKROSKOPIOVO Z DRSNIM MIKROSKOPOM.....	10
3.4	ANALIZA SLIKE IN HISTOMETRIJA.....	11
4	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	13
4.1	ANATOMSKA ZGRADBA BRANIKE SEKUNDARNEGA FLOEMA PREISKANIH VZORCEV.....	13
4.2	RAZMERJE MED KSILEMSKIM IN FLOEMSKIM PRIRASTKOM GLEDE NA STRUKTURU FLOEMSKE BRANIKE.....	16
4.2.1	Vzorci, ki so vsebovali enega do tri sloje celic kasnega floema (tip 1).....	16
4.2.2	Vzorci, ki so vsebovali štiri in več slojev celic kasnega floema, oziroma so imeli drugi nesklenjen, tangencialni pas celic aksialnega parenhima (tip 2).....	17
4.2.3	Vzorci, ki so vsebovali štiri in več slojev celic ranega floema (tip 3).....	19
4.2.4	Vzorci v katerih ni bilo prisotnega bolj ali manj sklenjenega tangencialnega pasu aksialnega parenhima (tip 4).....	21
4.2.5	Povprečne vrednosti števila slojev celic kambijkeve cone in ksilemskega prirastka pri različnih strukturah floemske branike.....	22
4.3	ANATOMSKA ZGRADBA FLOEMSKE BRANIKE V POVEZAVI S ŠTEVILOM FLOEMSKIH CELIC.....	23
4.4	VARIABILNOST KSILEMSKEGA IN FLOEMSKEGA PRIRASTKA ZNOTRAJ POSAMEZENEGA DREVESA IN NJUNA RAZMERJA.....	25
4.5	VARIABILNOST SLOJEV CELIC V KAMBIJEVI CONI GLEDE NA POSAMEZNO DREVO NAVADNE JELKE.....	38
4.6	ŠIRINA KAMBIJEVE CONE V POVEZAVI S KSILEMSKIM IN FLOEMSKIM PRIRASTKOM.....	40
5	SKLEPI.....	45
6	POVZETEK.....	46
7	VIRI.....	48

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Poskusne jelke (<i>Abies alba</i>) z Ravnika z osnovnimi značilnostmi (arhiv Katedre za tehnologijo lesa).....	8
Preglednica 2: Datum vzorčenja dreves na Ravniku v dormantnih obdobjih 2001 in 2002.....	9
Preglednica 3: Zgradba in število slojev celic v floemski braniki, število slojev ksilemskih celic in število slojev celic kambijkeve cone v dormantnem stanju (podatki za maj manjkajo, ker je bila kambijeva cona aktivna).....	16
Preglednica 4: Zgradba in število slojev celic v floemski braniki, število slojev ksilemskih celic in število slojev celic v kambijkevi coni.	17
Preglednica 5: Zgradba in število slojev celic v floemski braniki, število slojev ksilemskih celic ter število slojev celic v kambijkevi coni.	18
Preglednica 6: Zgradba in število celic floemske branike, število slojev ksilemskih celic in število slojev celic kambijkeve cone v dormantnem stanju (podatki za maj manjkajo, ker je bila kambijeva cona aktivna).	19
Preglednica 7: Zgradba in število slojev celic floemske branike, število slojev ksilemskih celic ter število slojev celic v kambijkevi coni.	21
Preglednica 8: Povprečne vrednosti števila slojev celic kambijkeve cone in ksilemskega prirastka pri različnih strukturah floemske branike.	22
Preglednica 9: Vzorci razdeljeni v skupine po povprečnem številu slojev sitastih celic v floemski braniki pri navadnih jelkah.....	24
Preglednica 10: Razmerja v številu celic ksilemskega in floemskega prirastka, prikazana od najmanjše do največje vrednosti, pri odvzetih vzorcih navadnih jelk.	37
Preglednica 11: Vzorci so razporejeni v skupine glede na število celic v dormantni kambijkevi coni, s pripadajočimi ksilemskimi in floemskimi prirastki, pri navadnih jelkah.	41
Preglednica 12: Razmerje med številom slojev celic ksilema in floema ter številom slojev celic kambijkeve cone v dormantnem stanju (podatki za maj manjkajo, ker je bila kambijeva cona aktivna), pri navadnih jelkah.....	44

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Ksilem navadne jelke (<i>Abies alba</i> Mill.): (a) prečni, (b) radialni in (c) tangencialni prerez. Merilna črtica = 100 µm	2
Slika 2: Prečni prerez floemske branike navadne jelke (pokončna daljica), sitasta celica (modra puščica), radialni floemski trak (zelena puščica), aksialna parenhimska celica (rdeča puščica). Merilna črtica = 100 µm	5
Slika 3: Prečni prerez kambijkeve cone navadne jelke v dormantnem obdobju (rdeča daljica). Merilna črtica = 100 µm.....	7
Slika 4: Shematski prikaz odvzema vzorca: (a) odstranitev odmrle skorje, vertikalna vzporedna reza z Olfa nožem, (b) horizontalna vzporedna zaseka z dletom pod kotom približno 45°, (c) horizontalna zaseka z dletom pod pravim kotom, (d) ločitev vzorca od preostalega tkiva.....	9
Slika 5: Odvzem vzorcev lesa, kambijkeve cone in skorje za anatomske analize. a) Odvzemna mesta intaktnih tkiv z odstranjениm ritidomom na obodu debla navadne jelke, b) odvzeto tkivo v obliki količka s plastjo nekolabiranega floema in delčkom ritidoma, c) vzorci, trajno shranjeni v penicilinkah s 70% etanolom. (Foto a in b:M. Zupančič).....	10
Slika 6: Prečni prerez lesa, kambijkeve cone in skorje pri navadni jelki. a) Celica ranega floema (vijolična puščica), celica kasnega floema (modra puščica), parenhimska celica (rumena puščica), celica kambijkeve cone (rdeča puščica), ksilemska celica (zelena puščica). b) Z daljicami so označena preiskovana tkiva: floemska branika (rdeča daljica), kambijkeva cona (rumena daljica) in ksilemska branika (modra daljica). Merilna črtica = 100 µm.....	12
Slika 7: Shematski prikaz floemske branike pri navadni jelki.....	14
Slika 8: Prečni prerez različnih zgradbenih tipov floemske branike pri navadni jelki: a) tip 1, b) tip 2, c) tip 3, d) tip 4. Floemsko braniko označuje rdeča daljica. Merilna črtica = 100 µm	15
Slika 9: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki (oranžna daljica), ki vsebuje enega do tri sloje sitastih celic kasnega floema (rdeča daljica) (tip 1). Kambijkeva cona (rumena daljica) in del ksilemske branike (modra puščica). Merilna črtica = 100 µm	17
Slika 10: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki (oranžna daljica), ki vsebuje štiri ozioroma več slojev sitastih celic kasnega floema (rdeča daljica) (tip2). Kambijkeva cona (rumena daljica) in del ksilemske branike (modra puščica). Merilna črtica = 100 µm	18
Slika 11: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki s prisotnim drugim nesklenjenim tangencialnem pasom aksialnega floemskega parenhima (oranžna daljica) (tip 2). Kambijkeva cona (rumena dajica), del ksilemske branike (modra puščica), celica prvega sklenjenega tangencialnega pasu aksialnega paranhima (rumena puščica) in celica drugega nesklenjenega tangencialnega pasu aksialnega paranhima (rdeča puščica). Merilna črtica = 100 µm	19
Slika 12: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki (oranžna daljica), ki vsebuje štiri ozioroma več slojev sitastih celic ranega floema (rdeča daljica) (tip 3). Kambijkeva cona (rumena daljica) in del ksilemske branike (modra daljica). Merilna črtica = 100 µm	20

Slika 13: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki brez prisotnega aksialnega floemskega parenhima (rdeča daljica) (tip 4). Kambijeva cona (rumena daljica) in ksilemska branika (modra daljica). Merilna črtica = 100 µm	21
Slika 14: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 90.....	25
Slika 15: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 61.....	26
Slika 16: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 54.....	27
Slika 17: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 300.....	28
Slika 18: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 180.....	29
Slika 19: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 163.....	30
Slika 20: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 151.....	31
Slika 21: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 147.....	32
Slika 22: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 141.....	33
Slika 23: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 113.....	34
Slika 24: Linearna zveza med ksilemskim in floemskim prirastkom, pri vseh preučevanih vzorcih navadne jelke.....	36
Slika 25: Največje, najmanjše in povprečno število slojev celic kambijkeve cone, pri poučevanih jelkah v dormantnem obdobju.	39
Slika 26: Linearna zveza med ksilemskim prirastkom in številom celic v dormantni kambijkevi coni, pri vseh preučevanih vzorcih navadne jelke. $R^2 = 55,8\%$, $p < 0,001$	42
Slika 27: Linearna zveza med floemskim prirastkom in številom celic v dormantni kambijkevi coni, pri vseh preučevanih vzorcih navadne jelke.	43

KAZALO PRILOG

Priloga A: Zgradba floema in pripadajoče število floemskih slojev celic z oznakami vzorcev, pri navadnih jelkah.

Priloga B: Ksilemski in floemski prirastek ter število slojev celic dormantne kambijeve cone, pri preučevanih vzorcih navadne jelke. Podatki za maj manjkajo, ker je bila kambijeva cona aktivna. *180–01-okt – floem porušen

Priloga C: Povprečni ksilemski in floemski prirastek, pri različnem številu slojev celic v kambijevi coni, pri navadnih jelkah.

1 UVOD

Debelinska rast dreves se začne s celičnimi delitvami v kambijevi coni, čemur sledi diferenciacija derivatov v odrasle celice ksilema in floema. Za drevesne vrste zmernega pasu je značilno periodično menjavanje obdobjij rasti in mirovanja. Dodajanje novih celic je v normalnih pogojih veliko intenzivnejše na ksilemsko kot na floemsко stran. V fiziološko zelo zaostrenih pogojih je lahko floemski prirastek večji od ksilemskega. Slednji lahko tudi izostane (Oven, 1993, Gričar in sod., 2005b). Širine floemskih in ksilemskih branik se po obodu posameznega drevesa spremenjajo in s tem tudi razmerje med floemskim in ksilemskim prirastkom.

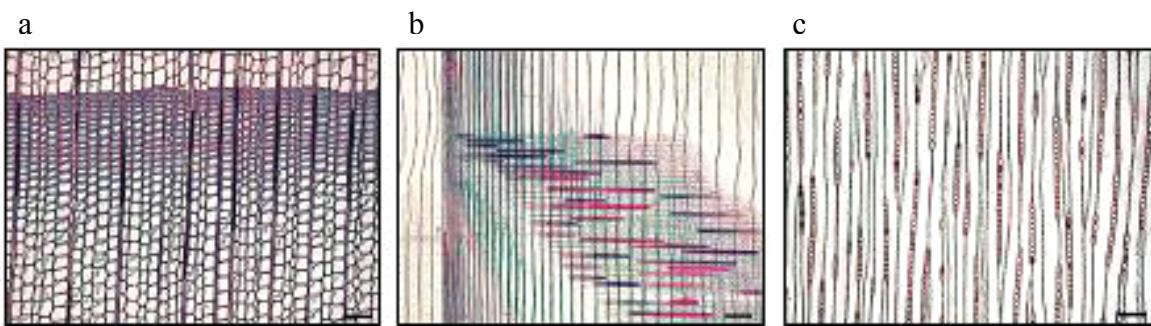
Cilji pričajoče diplomske naloge so bili:

- a) na intaktnih vzorcih tkiv navidezno zdravih navadnih jelk (*Abies alba* Mill.) z Ravnika, ki so bili odvzeti v dormantnih obdobjih 2001 in 2002, določiti razmerje med ksilemskim in floemskim prirastkom iste sezone;
- b) proučiti variabilnost v številu celic v floemskih in ksilemskih branikah po obodu posameznega drevesa;
- c) proučiti anatomsko zgradbo floemske branike v odvisnosti od njene širine;
- d) raziskati zvezo med številom celic v dormantni kambijevi coni ter širino floemskih in ksilemskih branik.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ANATOMSKI OPIS LESA NAVADNE JELKE

Zgradba lesa iglavcev je enostavnejša od zgradbe lesa listavcev. Pri navadni jelki (slika 1) največji delež celičnega tkiva predstavljajo aksialne traheide in sicer nad 90% celotnega lesnega tkiva (Fengel in Wegener 1989). Traheida je mrtva neperforirana lesna celica, ki jo s kongeneričnimi elementi povezujejo obokane piknje (Torelli, 1990). Povprečna dolžina traheid jelke znaša 4,3 mm, tangencialni premer pa do 50 μm (Fengel in Wegener, 1989). Traheide so urejene v radialnih nizih. Vse celice istega radialnega niza so potomke iste fuziformne inicialke. Na začetku vegetacijske sezone nastanejo traheide ranega lesa z velikimi lumni, proti koncu vegetacijske sezone pa traheide kasnega lesa z majhnimi lumni. Radialni premer traheid iz ranega lesa proti kasnemu pada, medtem ko debelina celičnih sten narašča. Traheide ranega lesa so zaradi velikih lumnov pomembne za prevajanje vode, traheide kasnega lesa z debelimi celičnimi stenami pa zagotavljajo trdnost lesa (Fengel in Wegener, 1989). Pri navadni jelki na trakovno tkivo odpade do 10% lesnega tkiva (Fengel in Wegener, 1989). Trakovi so homocelularni, in jih sestavljajo močno piknjave parenhimske celice. V križnih poljih med aksialnimi traheidami in trakovnimi parenhimskimi celicami se nahajajo taksodiodne polobokane piknje, preko katerih se vrši komunikacija med omenjenima tipoma celic. Aksialni parenhim je redek. Normalnih smolnih kanalov ni.



Slika 1: Ksilem navadne jelke (*Abies alba* Mill.): (a) prečni, (b) radialni in (c) tangencialni prerez. Merilna črtica = 100 μm .

2.2 ZGRADBA SKORJE IGLAVCEV

S skorjo označujemo vsa tkiva zunaj vaskularnega kambija, ki so rezultat delovanja obeh sekundarnih oz. lateralnih meristemov: vaskularnega in plutnega kambija oziroma felogena (Torelli, 1990). Skorjo delimo na njen živi del ali liče, ki sega od vaskularnega kambija do najmlajšega (najglobjega oz. kambiju najbližjega) periderma in zunanji mrtvi del, ki se imenuje ritidom ali lubje in obsega vsa tkiva zunaj njega (Torelli, 1990). Skorja opravlja krovno in skladiščno funkcijo ter prevajanje asimilatov iz listov po vejah in deblu do korenin. Za razliko od prevajanja vode, ki ga opravljajo mrtve celice lesa, je prevajanje hrane aktivni transport, ki ga lahko opravljajo le žive celice in pri iglavcih poteka po sitastih celicah (Čufar, 2001). To so podolgovate celice, ki se na koncu prekrivajo. Na tem mestu je predvsem v radialnih stenah največ sitastih polj z modificiranimi piknjami. Sitaste celice so brez jedra in vakuole. Preživetje jim omogočajo specializirane parenhimske celice t.i. Strassburgerjeve celice, s katerimi so sitaste celice fiziološko povezane. Strassburgerjeve celice so specializirane parenhimske celice trakov in aksialnega parenhima. Sitaste celice prevajajo hrano, dokler so del prevodnega floema, kar traja eno do dve leti. Znak, da celice niso več prevodne, je pojav kaloze, ki zatesni sitasta polja. Sitaste celice in Strassburgerjeve celice kolabirajo in odmro (Čufar, 2001).

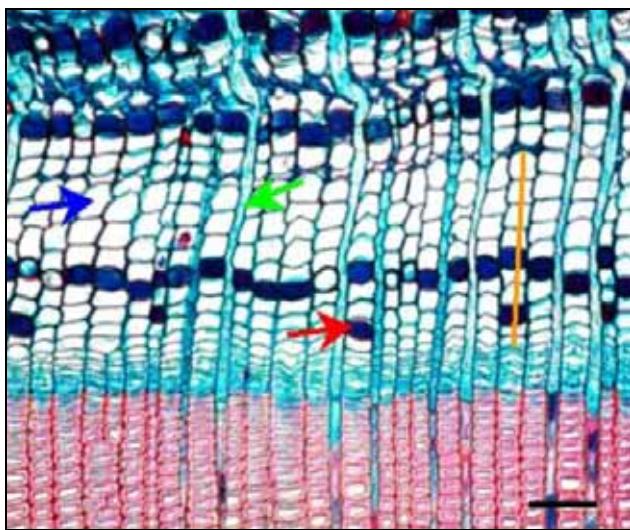
Aksialni sistem sekundarnega floema pri jelki je sestavljen iz sitastih in aksialnih parenhimskih celic. Razporeditev celic ni etažna. Floemskega aksialnega parenhima je pri jelki dokaj malo. Njegova osnovna naloga je prevajanje in skladiščenje hrane. Zlasti v starejši skorji vsebuje razne ergastične substance, kot so kristali, tanini, lipidi ipd. Parenhimske celice so žive, dokler jih ne odreže najmlajši periderm. Kot del žive skorje so se po potrebi sposobne deliti in rasti. Najizrazitejša sprememba parenhimskih celic je površinska rast (hipertrofija, inflacija) ter naknadna rast in diferenciacija v različne tipe debelostenih sklereid ter v sluzne celice. V zunanjem delu se razvijejo tangencialno ovalni smolni kanali (0,5 – 2 mm). Običajna sestavina jelove skorje so tudi smolne votlinice in medcelični prostori (Oven, 1993). Sklereide so mrtve celice z odebelenimi in lignificiranimi celičnimi stenami. Pojavijo se tudi gnezda sklereid, nastala s sklerifikacijo floemskega parenhima. Gnezda sklereid imajo slojasto odebeline celične stene in majhne pore. Njihovo število narašča od mlajšega proti starejšemu floemu (Čufar, 2001).

V starejših delih žive skorje so prisotne velike sluzne celice. To so celice s smolnato ali sluzasto vsebino, ki domnevno nastanejo z modifikacijo velikih robnih (marginalnih) trakovnih celic (Torelli, 1990).

Floemska vlakna so pri iglavcih zelo redka in pogosto izostanejo. Zagotavlja večjo trdoto in trdnost skorje. Pri vrstah iz družine borovk (*Pinaceae*), torej tudi pri jelkah, niso prisotna (Holheide, 1951, Čufar, 2001). Radialni sistem floema sestavljajo floemski trakovi. Pri jelki so enoredni in sestojijo iz parenhimskih celic in sicer iz običajnih parenhimskih in Strassburgerjevih celic. Te se med seboj po obliku le malo razlikujejo, a imajo različno funkcijo.

Branike sekundarnega floema sestojijo iz ranega in kasnega dela, ki ju ločuje bolj ali manj sklenjen pas aksialnega floemskega parenhima. Branike so v povprečju široke 0,13 mm (Oven, 1997) (slika 2).

Periderm je sestavljen iz treh tkiv. Felogen ali plutni kambij producira navzven felem ali pluto, navznoter pa feloderm. V primerjavi s kambijem je zgradba felogena razmeroma preprosta, saj sestoji le iz enega tipa celic. Pri jelki prvi, površinski felogen slej ali prej nadomestijo novi, postopoma vse globje ležeči felogeni oziroma peridermi (Torelli, 1990, Čufar, 2001). Prvi površinski periderm lahko deluje več let (50 do 75). Ritidom se kot močno sklerificirana mrtva skorja mestoma pojavlja že od 12. leta dalje, v večjem obsegu pa relativno pozno in sicer po 50 do 70-tih letih. Ko se ritidom razvije, kmalu odpade (Oven, 1997). Pri nastanku lubja ne gre zgolj za »odrezovanje« neprevodnega floema oz. ličja, temveč še za dodatne anatomske in kemične spremembe. Parenhimske celice lahko začno znova rasti, pri čemer se sitasti elementi, če so še odprti ali če niso kolabirali, povsem stisnejo. Slednjič se tkivo, ki bo postalo del lubja oz. bo odmrlo, še lignificira. Šele tako spremenjen sekundarni floem ali ličje, novi periderm odreže oziroma izdvoji. Lubje starejših debel je luskasto (Čufar, 2001).



Slika 2: Prečni prerez floemske branike navadne jelke (pokončna daljica), sitasta celica (modra puščica), radialni floemski trak (zelena puščica), aksialna parenhimska celica (rdeča puščica). Merilna črtica = 100 μm

2.3 NASTANEK CELIC LESA IN SKORJE

Les ali sekundarni ksilem je produkt vaskularnega kambija. Skorja ali sekundarni floem pa vaskularnega in plutnega kambija. V pričujoči diplomski nalogi nas zanima predvsem delovanje vaskularne kambijeve cone oz. njegovi derivati.

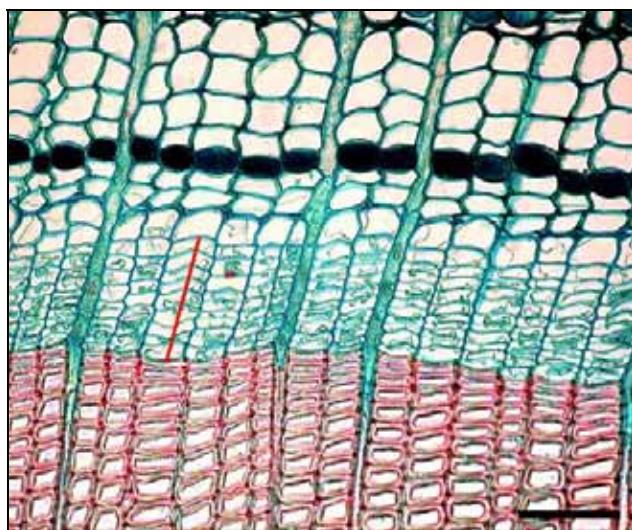
Nastajanje novih elementov lesa in skorje se začne s periklinimi delitvami celic vaskularne kambijeve cone. Vaskularni kambij je sekundarni lateralni meristem, pri čemer se njegova aktivnost izraža kot debelinska rast drevesa, ki omogoča večanje volumna prevodnega in skladiščnega sistema ter formiranje mehanskih in zaščitnih tkiv. Kambij je sloj aktivno se delečih celic, ki na notranjo, centripetalno stran producira sekundarni ksilem, na zunano, centrifugalno stran pa sekundarni floem ali liče (Torelli, 1990). Po enoslojnem konceptu je kambij sestavljen le iz enega sloja inicialk, kambijeva cona pa zajema kambijeve inicialke ter ksilemske in floemske materinske celice. Po večslojnem konceptu kambij obsega tako inicialke kot materinske celice ksilema in floema (Oven, 1999). V pričujoči diplomski nalogi smo uporabili izraz kambijeva cona. Kambijevi coni sestavljata dva tipa inicialk: trakovne inicialke, iz katerih nastanejo radialni elementi, in vretenaste ali fuziformne inicialke, ki producirajo aksialne elemente.

Celice ksilema in floema nastajajo s periklnimi delitvami v vaskularni kambijevi coni, ki potekajo v tangencialni ravnini. Ker z njimi nastajajo nova vaskularna tkiva ksilema in floema, se imenujejo tudi aditivne delitve. Aditivne delitve se vršijo v kambijevih inicialkah ter materinskih celicah (Larson, 1994). Pri aditivni delitvi inicialke kambijeve cone nastaneta dve hčerinski celici. Ena je materinska celica in se lahko še nekajkrat deli, preden se diferencira v odraslo celico ksilema ali floema, druga pa obdrži meristemski značaj (Torelli, 2000). Poleg intenzivnosti in trajanja delitvene aktivnosti, je letni prirastek lesa ali skorje odvisen tudi od razmerja med ksilemskimi in floemskimi derivati, ki jih proizvedejo kambijeve inicialke. Delitvena aktivnost materinskih celic je v normalnih pogojih na ksilemsko stran veliko intenzivnejša kot na floemsko, kar razloži znatno nesorazmerje med floemskim in ksilemskim prirastkom. V fiziološko bolj izostrenih pogojih pa se lahko to razmerje zmanjša ali celo obrne (Oven, 1993). Razvoj meristemskih derivatov v elemente različnih tkivnih sistemov odraslega rastlinskega telesa imenujemo diferenciacija. Diferenciacija obsega številne medsebojno povezane procese biokemične, fiziološke in morfološke narave, ki vodijo k specializaciji celic (Torelli, 1990). Diferenciacija je razdeljena na več faz, ki so med seboj povezane. Najprej je determinacija, ki določi smer diferenciacije celice oziroma njen identitet (Torelli, 2000). V fazi površinske rasti lahko celica nekajkrat poveča svoje dimenzije. Sledi faza debelitve celične stene, kjer se na primarno steno odloži masivna in toga večslojna sekundarna celična stena, ki se pri traheidah lignificira, pri sitastih celicah iz družine borovk pa ne. Traheida na koncu odmre in protoplazma v lumnu se razkroji, medtem ko sitasta celica opravlja svojo funkcijo kot živa. V procesu celične diferenciacije se celice struktorno in/ali biokemično ločijo od inicialke kambijeve cone (Torelli, 1998, 2000; Čufar, 2001).

Z multiplikativnimi delitvami nastajajo nove kambijeve inicialke, s čimer lahko kambijeva cona sledi večanju obsega drevesa. V primitivnejši kambijevi coni z dolgimi fuziformnimi inicialkami so multiplikativne delitve psevdotransverzalne, pri naprednejši kambijevi coni s kratkimi fuziformnimi inicialkami pa radialne antikline (Torelli, 1998).

2.4 SEZONSKA AKTIVNOST KAMBIJA

Za drevesne vrste zmernega pasu je značilno periodično menjavanje obdobjij aktivnosti in dormance (mirovanja) vaskularnega kambija, ki je v splošnem povezano z izmenjavami hladnih in toplih ali pa deževnih in sušnih obdobjij. V aktivnem obdobju potekajo v kambijevi coni celične delitve, čemur sledi diferenciacija derivatov v odrasle elemente ksilema ozziroma floema. Meristemska aktivnost se navadno prične spomladi s celičnimi delitvami v kambijevi coni in zaključi pozno poleti s popolnim razvojem zadnjih nastalih celic (Larson, 1994). Celice kambijeve cone se od sosednjih floemskih in ksilemskih celic ločijo po ožji radialni dimenziji lumnov ter tanjši nelignificirani celični steni. Število celic kambijeve cone v vegetacijskem obdobju nakazuje ravnovesje med stopnjo produkcije ter stopnjo diferenciacije derivatov kambijeve cone (Oven, 1993). Ko se pričnejo delitve, širina kambijeve cone naraste. Dokler se ohranja ravnovesje med stopnjo celičnih delitev in stopnjo diferenciacije, je širina kambijeve cone bolj ali manj konstantna. Ko je stopnja diferenciacije hitrejša od stopnje delitev, pa se kambijeva cona prične ožati. Slednjič delitve popolnoma izostanejo. Večina kambijevih derivatov se diferencira v celice ksilema ali floema in kambijeva cona je široka le nekaj celic (Oven, 1993) (slika 3).



Slika 3: Prečni prerez kambijeve cone navadne jelke v dormantnem obdobju (rdeča daljica). Merilna črtica = 100 μm

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 OPIS RAZISKOVALNE PLOSKVE IN POIZKUSNIH DREVES

Eksperiment smo zastavili na desetih izbranih jelkah z Ravnika pri Planini (približno 50 km JV od Ljubljane), kjer je Katedra za tehnologijo lesa spremljala zdravstveno stanje 300 testnih dreves, od leta 1987 (Čufar, 1997). Ravnik se nahaja na nadmorski višini 500 - 700 m, v valovitem kraškem svetu. Gozdno vegetacijo predstavlja dinarsko jelovo – bukov gozd s primesjo javorja in bresta, *Omphalodo fagetum* (sin. *Abieti – Fagetum dinaricum*) (Čufar, 1990). Na tem rastišču navadna jelka predstavlja dominantno drevesno vrsto. Kamninsko podlago sestavljajo dolomiti in apnenec. Testna drevesa so odrasla, vladajoča ali sovladajoča in zdrava ali različno prizadeta. Stara so približno 150 let z debelnim premerom v prsni višini okrog 50 cm. V raziskavo smo vključili deset navidezno zdravih jelk št. 90, 61, 54, 113, 141, 147, 151, 163, 180, 300. V preglednici 1 so navedeni osnovni podatki o drevesih.

Preglednica 1: Poskusne jelke (*Abies alba*) z Ravnika z osnovnimi značilnostmi (arhiv Katedre za tehnologijo lesa).

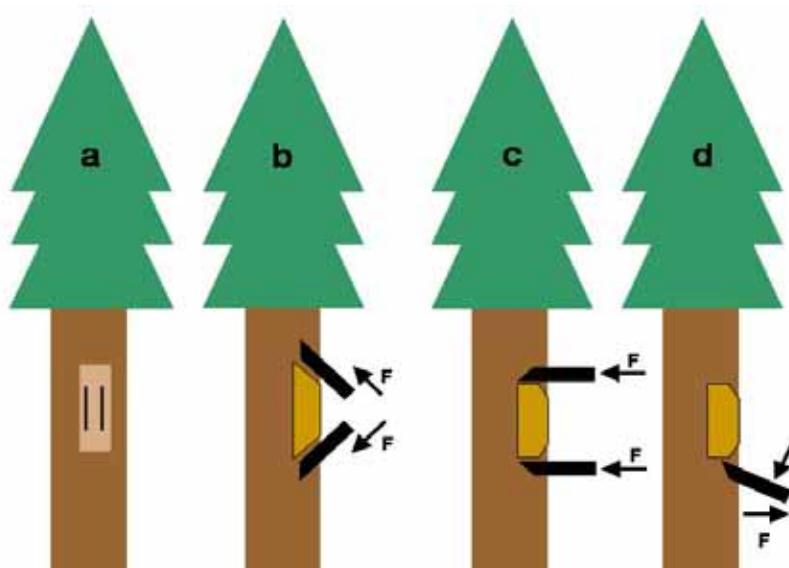
Številka drevesa	Širina ksilemskih branik 1989 [mm]	Osutost 1999 [%]
90	2,8	20
61	2,0	15
54	2,6	20
113	2,8	5
141	3,8	20
147	4,1	25
151	7,4	25
163	3,0	20
180	5,4	0
300	2,5	15

3.2 ODVZEM VZORCEV

V diplomski nalogi smo opravili raziskave na intaktnih tkivih. Vzorce intaktnih tkiv so sodelavci Katedre za tehnologijo lesa, odvzemali v dormantnih obdobjih 2001 in 2002. Časovne sheme vzorčenja so bile zasnovane v okviru raziskave procesa diferenciacije terminalnih traheid v dormantnem obdobju, pri navadni jelki (Gričar in sod., 2005a). Datumi odvzema vzorcev so prikazani v preglednici 2. Pri odvzemuh tkiva so uporabili Olfa nož, dleto in kladivo. Odvzem vzorcev je potekal po fazah, ki so prikazane na sliki 4. Vzorci ($1 \times 1 \times 3 \text{ cm}^3$) so bili odvzeti iz živih dreves v prsni višini (1,3 m nad tlemi) in so zajemali najmlajši del žive skorje, kambijkevo cono in največ dve ksilemski braniki (slika 5).

Preglednica 2: Datumi vzorčenja dreves na Ravniku v dormantnih obdobjih 2001 in 2002.

Odvzem	Datum
1.	17.10.2001
2.	14.11.2001
3.	6.3.2002
4.	8.5.2002
5.	18.9.2002
6.	18.10.2002



Slika 4: Shematski prikaz odvzema vzorca: (a) odstranitev odmrle skorje, vertikalna vzporedna reza z Olfa nožem, (b) horizontalna vzporedna zaseka z dletom pod kotom približno 45° , (c) horizontalna zaseka z dletom pod pravim kotom, (d) ločitev vzorca od preostalega tkiva.



Slika 5: Odvzem vzorcev lesa, kambijkeve cone in skorje za anatomske analize. a) Odvzemna mesta intaktnih tkiv z odstranjenim ritidomom na obodu debla navadne jelke, b) odvzeto tkivo v obliki količka s plastjo nekolabiranega floema in delčkom ritidoma, c) vzorci, trajno shranjeni v penicilinkah s 70% etanolom. (Foto a in b:M. Zupančič)

Odvzemna mesta so bila razporejena po obodu debla in medsebojno razmaknjena za vsaj 10 cm (slika 5a), da novi vzorec ne bi vseboval travmatskih smolnih kanalov in poranitvenega lesa, ki nastanejo kot odziv kambijkeve cone na mehansko poškodbo. Tako po odvzemu so vzorce shranili v prahovki s fiksacijsko tekočino FAA (25 ml 37% formaldehida, 25 ml 100% ocetne kisline in 450 ml 50% etanola) (slika 5c) ter jih prenesli v laboratorij za nadaljnjo obdelavo za pripravo trajnih anatomskih preparatov prečnih prerezov.

3.3 PRIPRAVA TRAJNIH ANATOMSKIH PREPARATOV ZA SVETLOBNO MIKROSKOPIJO Z DRSNIM MIKROSKOPOM

Po približno enem tednu so fiksirane vzorce pričeli dehidrirati v etanolni vrsti (30%, 50%, 70%). V vsaki raztopini so bili vzorci pet do sedem dni. Ko so bili vzorci v 50% alkoholu, so jim z britvico odstranili odvečni del kolabiranega floema in starejše branike ksilema. V delavnici so s krožno žago odrezali poševni del količka na vsaki strani tako, da je imel količek po obdelavi obliko kvadra. Vzorce so trajno shranili v označenih penicilinkah v 70% etanolu (Slika 5c). Trajne anatomske preparate prečnih prerezov za histometrične preiskave so pripravili sodelavci Katedre za tehnologijo lesa. Z drsnim mikrotomom Leica SM 2000R in jeklenim nožem so prečne površine najprej izravnali tako, da je nož odrezoval po celi površini vzorca. Sledilo je rezanje 25 µm debelih tkivnih rezin z novim ostrim nožem. Tekom rezanja je bilo potrebno količek močiti z alkoholom. Odrezane tkivne rezine so s pomočjo čopiča prenašali na urna stekla. Sledilo je diferencialno

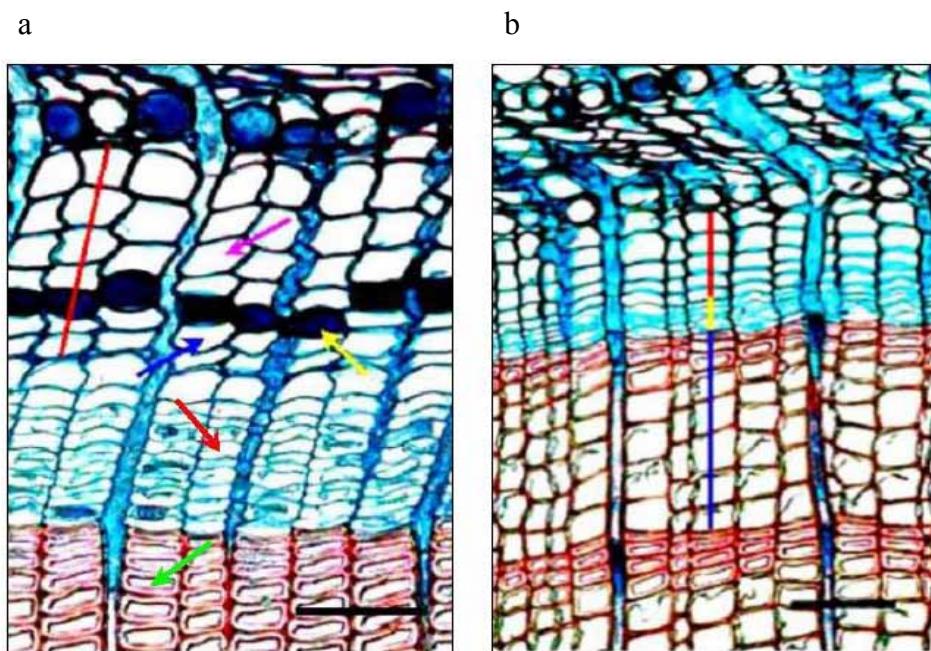
barvanje in vklapljanje rezin. Odrezano histološko rezino so najprej obarvali z barvilo safranin (0,5% barvila v 95% etanolu), ki je polifenolne komponente, kot je lignin, obarvalo rdeče. Rezine so v barvili pustili najmanj deset minut, nakar je sledilo spiranje s 95% etanolom. Nato so rezine 30 sekund barvali še z barvilo astra modro (0,5% barvila v 95% etanolu) in tako obarvali še preostale komponente, predvsem celulozo. Sledilo je spiranje s 95% etanolom. Obarvane rezine so s pomočjo pincete prenesli na objektno stekelce in nato kanili vklopni medij – Euparal. Tkiva prepojena z vklopnim medijem so prekrili s krovnim stekelcem, z iglami iztisnili morebitne zračne mehurčke v vklopnom mediju in preparate obtežili z 200 g kovinskimi utežmi. Posamezne preparate so označili enako kot pripadajoče vzorce odvzete iz dreves.

3.4 ANALIZA SLIKE IN HISTOMETRIJA

Vse potrebne histometrične analize smo opravili s sistemom za analizo slik sestavljenim iz svetlobnega mikroskopa (Nikon Eclipse E800), digitalne kamere (PIXELink, PL-A66Z Camera kit), osebnega računalnika in programa za analizo slike Lucia G _4.8. Uporabili smo presevno mikroskopijo v svetlem polju s polarizirano svetlobo. Za opazovanje in meritve smo uporabili objektive z 1×, 2×, 4× in 10× povečavo. Analiza slike slikovne informacije spremeni v numerične (Levanič, 1999). Sistem nam je omogočal, da smo potrebne analize opravili na neposreden način na t.i. »živi sliki«. Delo je potekalo tako, da smo preparate namestili na objektno mizo mikroskopa ter preko zajema želenega področja preparata s kamero, na računalniškem zaslonu dobili živo sliko. Ob vsakem premiku na preparatu se je istočasno spremenila tudi slika na ekranu. Pred meritvami smo razdalje na zaslonu umerili oziroma kalibrirali s standardnim merskim sistemom (mm ali µm), za vsak posamezen objektiv. Za lažje analize smo po potrebi med delom na mikroskopu spremenjali osvetlitev in globinsko ostrino slike. Program Lucia G 4.8 nam je omogočal poljubne nastavitev kontrasta, svetlosti in deleža rdeče, zelene oziroma modre barve (sistem RGB) na ekranu. Z obračanjem kamere oziroma merilne mize smo lahko nastavili optimalno mesto za merjenje in štetje celic ksilemske in floemske branike ter kambijkeve cone. Vse meritve smo shranili v tekstovne datoteke (txt) poimenovane z ustreznimi

kraticami. Rezultate meritev smo v nadaljevanju prenesli v program Microsoft Excel in jih obdelali.

Histometrične raziskave smo opravili na najkvalitetnejši rezini na preparatu, kjer smo prešteli celice v popolnoma oblikovanih ksilemskih in floemskih branikah 2001 oziroma 2002. Prešteli smo tudi celice v kambijevi coni (slika 6). Zaradi variabilnosti v številu slojev celic kambijeve cone ter floemske in ksilemske branike, smo analize opravili v treh radialnih nizih vsakega preparata in izračunali povprečje. Celice kambijeve cone smo določali po modro obarvanih primarnih celičnih stenah in ozkih radialnih dimenzijah. Floemske sitaste celice smo identificirali po nelognificiranih, modro obarvanih sekundarnih celičnih stenah. Celice aksialnega floemskega parenhima smo prepoznali po obarvani vsebinji v celičnih lumnih. Za ksilemske celice pa so bile značilne lignificirane, rdeče obarvane celične stene in prazni lumni.

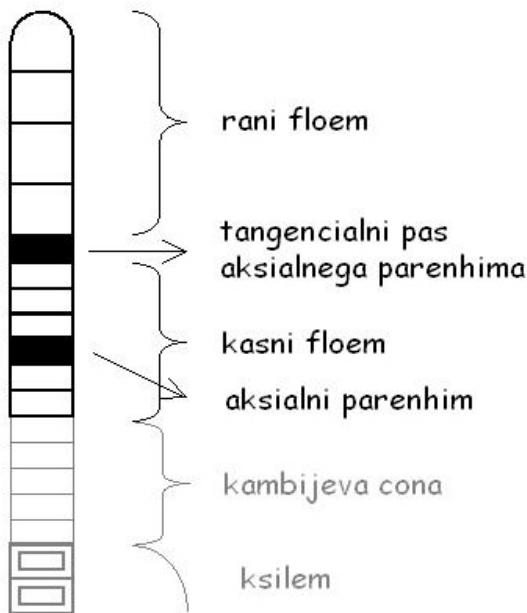


Slika 6: Prečni prerez lesa, kambijeve cone in skorje pri navadni jelki. a) Celica ranega floema (vijolična puščica), celica kasnega floema (modra puščica), parenhimska celica (rumena puščica), celica kambijeve cone (rdeča puščica), ksilemska celica (zeleni puščici). b) Z daljicami so označena preiskovana tkiva: floemska branika (rdeča daljica), kambijeva cona (rumena daljica) in ksilemska branika (modra daljica). Merilna črtica = 100 µm

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 ANATOMSKA ZGRADBA BRANIKE SEKUNDARNEGA FLOEMA PREISKANIH VZORCEV

Pri jelki je bilo mogoče razločno prepoznati le strukturo ene ali dveh najmlajših branik prevodnega nekolabiranega sekundarnega floema, z razmeroma preprosto zgradbo (slika 7). Branike so sestavljene v glavnem iz sitastih celic in v manjši meri iz aksialnega parenhima in floemskeih trakov. Floemska vlakna niso prisotna. Ker ima jelka sitaste celice z nelognificirano sekundarno celično steno, so bile te dobro vidne pod polarizirano svetlobo. Parenhimske celice smo prepoznali po obarvani vsebinji v celičnih lumnih (kristali, tanini, lipidi itd). Prve (inicialne) sitaste celice ranega floema so imele zunanje, centrifugalne, tangencialne celične stene nekoliko zaobljene. Sitaste celice ranega floema so imele velike radialne dimenzijs in tanke celične stene. Sitaste celice kasnega floema pa so bile bolj sploščene (manjše radialne dimenzijs) z debelejšimi celičnimi stenami. Tangencialni pas aksialnega parenhima je razmejeval sitaste celice ranega in kasnega floema. Razen pri zelo ozkih branikah je bil praviloma vedno bolj ali manj sklenjen. Pri širših branikah se je v nekaterih primerih v kasnem floemu pojavil še drugi pas aksialnega parenhima, ki nikoli ni bil sklenjen. V nekaterih primerih so pri ozkih branikah celice kasnega floema izostale, vključno z aksialnim parenhimom. Nekolabiranemu floemu je sledil kolabirani floem, ki nastane že po prvem ali drugem letu. Floemski prirastek je podvržen relativno hitrim sekundarnim spremembam tkiva, kot so kolaps, sklerifikacija in inflacija aksialnega parenhima. Starejše floemsko tkivo pri navadni jelki se sčasoma zgneči v radialni smeri, deformira in kasneje tudi odpade.

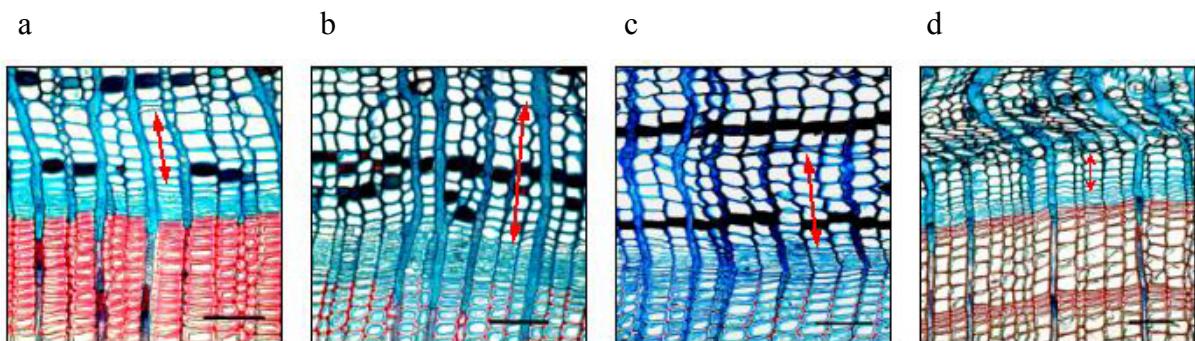


Slika 7: Shematski prikaz floemske branike pri navadni jelki.

Na splošno je floemski prirastek pri odvzetih vzorcih navadnih jelk vseboval pet do 11 slojev sitastih celic. V večini primerov je bil rani floem sestavljen iz treh do štirih slojev sitastih celic, čemur je sledil tangencialni pas aksialnega parenhima (slika 7, glej tudi prilog A). V nekaj primerih je pri ozkih branikah pas aksialnega parenhima izostal, tako da so bile v floemski braniki prisotne le sitaste celice ranega floema. Pri izrazito širokih branikah pa se je v nekaterih preučevanih vzorcih pojavil še drugi pas aksialnega floemskega parenhima.

Odločili smo se, da glede na število celic in anatomsko zgradbo floemske branike, vzorce razvrstimo v sledeče skupine (slika 8):

1. vzorci, ki so vsebovali enega do tri sloje celic kasnega floema (tip 1),
2. vzorci, ki so vsebovali štiri in več sloje celic kasnega floema, oziroma so imeli drugi nesklenjen, tangencialni pas celic aksialnega parenhima (tip 2),
3. vzorci, ki so vsebovali štiri in več sloje celic ranega floema (tip 3),
4. vzorci v katerih ni bilo prisotnega bolj ali manj sklenjenega tangencialnega pasu aksialnega parenhima (tip 4).



Slika 8: Prečni prerez različnih zgradbenih tipov floemske branike pri navadni jelki: a) tip 1, b) tip 2, c) tip 3, d) tip 4. Floemsko braniko označuje rdeča daljica. Merilna črtica = 100 μm

V nadaljevanju smo na vzorcih razdeljenih v omenjene skupine proučili zvezo med floemskim in ksilemskim prirastkom ter številom celic v kambijevi coni.

4.2 RAZMERJE MED KSILEMSKIM IN FLOEMSKIM PRIRASTKOM GLEDE NA STRUKTURU FLOEMSKE BRANIKE

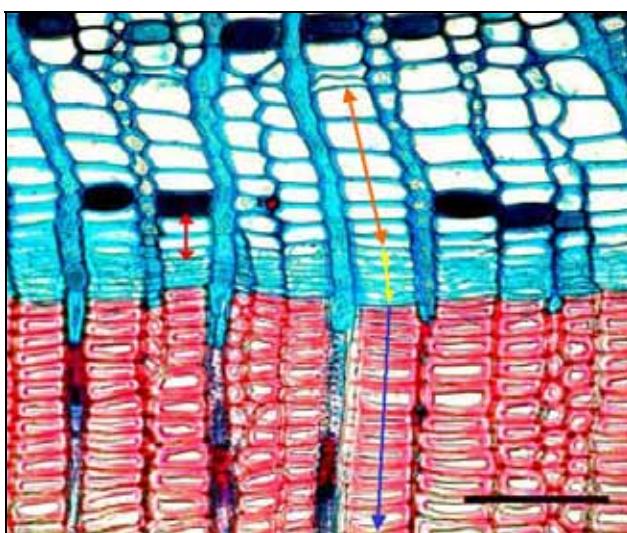
4.2.1 Vzorci, ki so vsebovali enega do tri sloje celic kasnega floema (tip 1)

Floemska branika tipa 1 se je v preučevanih vzorcih pojavila največkrat (slika 9), tako da smo v to skupino uvrstili 47 od 60 vzorcev (preglednica 3). Število celic v kambijevi coni je pri istih vzorcih vsebovalo med pet in devet slojev, večinoma sedem do osem slojev. Ksilemski prirastek je znašal od 15 do 150 slojev celic, srednja vrednost je bila 55 slojev celic. Večina vzorcev je imela 30 do 70 slojev celic.

Preglednica 3: Zgradba in število slojev celic v floemski braniki, število slojev ksilemskih celic in število slojev celic kambijeve cone v dormantnem stanju (podatki za maj manjkajo, ker je bila kambijeva cona aktivna).

KB – število slojev celic v ksilemski braniki, KC – število slojev celic v kambijevi coni, KF – sitaste celice kasnega floema, RF – sitaste celice ranega floema, AP1 - prvi pas aksialnega floemskega parenhima. Število pred kraticami pomeni število slojev določenih celic.

Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzemja	Zgradba floemske branike tipa 1			KB	KC
			1. meritev	2. meritev	3. meritev		
90	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-4RF	35	6
90	2001	maj	AP1-4RF	2KF-4RF	2KF-3RF	23	/
90	2001	okt.	1KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	15	5
90	2001	nov.	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	3KF-AP1-4RF	37	8
90	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-4RF	59	9
90	2002	okt.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	3KF-3RF	17	6
61	2001	mar.	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-4RF	41	7
61	2001	maj	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	3KF-4RF	50	/
61	2001	okt.	1KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-3RF	38	8
61	2001	nov.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-5RF	61	9
61	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	3KF-4RF	29	7
61	2002	okt.	2KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	3KF-3RF	25	6
54	2001	maj	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	28	/
54	2001	okt.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	51	7
54	2001	nov.	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	52	7
54	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-AP1-4RF	26	6
300	2001	mar.	2KF-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-AP1-3RF	35	6
300	2001	maj	2KF-4RF	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	21	/
300	2001	nov.	1KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	30	6
300	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-4RF	2KF-AP1-4RF	21	7
180	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-AP1-3RF	106	8
180	2001	maj	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	150	/
180	2002	sep.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	74	8
163	2001	mar.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-4RF	60	8
163	2001	maj	2KF-AP1-5RF	3KF-AP1-5RF	3KF-5RF	41	/
163	2001	okt.	1KF-AP1-4RF	AP1-5RF	1KF-AP1-4RF	40	7
163	2001	nov.	1KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-AP1-4RF	57	8
163	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	37	7
163	2002	okt.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	32	8
151	2001	mar.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-4RF	129	9
151	2001	maj	2KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-4RF	112	/
151	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	61	8
147	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	78	7
147	2001	maj	2KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	53	/
147	2001	okt.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	66	8
147	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	79	8
147	2002	sep.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	90	7
147	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	63	9
141	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	77	7
141	2001	maj	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-4RF	75	/
141	2001	okt.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	57	8
141	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	105	9
141	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	114	7
113	2001	mar.	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-4RF	46	6
113	2001	maj	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-3RF	58	/
113	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-4RF	48	9
113	2002	okt.	2KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-3RF	19	6
			povprečje:		55	7	



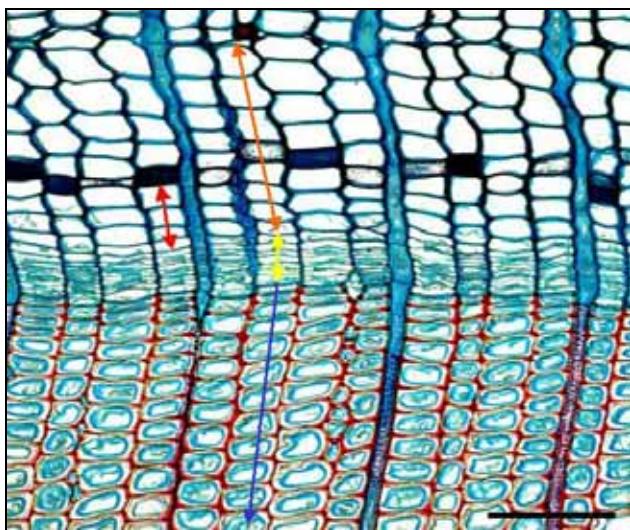
Slika 9: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki (oranžna daljica), ki vsebuje enega do tri sloje sitastih celic kasnega floema (rdeča daljica) (tip 1). Kambijeva cona (rumena daljica) in del ksilemske branike (modra puščica). Merilna črtica = 100 µm

4.2.2 Vzorci, ki so vsebovali štiri in več slojev celic kasnega floema, oziroma so imeli drugi nesklenjen, tangencialni pas celic aksialnega parenhima (tip 2)

Vzorcev, ko je kasni floem vseboval štiri ali več slojev sitastih celic (tip 2), je bilo v preučevanih primerih osem (preglednica 4, slika 10). Ksilemski prirastek je največkrat štel preko 100 slojev celic. Izbjema je bilo drevo št. 54, kjer je ksilemska branika štela 57 oziroma 61 slojev celic. Povprečno število celic v ksilemski braniki je znašalo 125 slojev. Število celic v kambijevi coni je bilo visoko in sicer med 7 – 11 sloji. V treh primerih se je v kasnem lesu pojavil drugi pas aksialnega floemskega parenhima, ki pa ni bil sklenjen.

Preglednica 4: Zgradba in število slojev celic v floemski braniki, število slojev ksilemskih celic in število slojev celic v kambijevi coni.

KB – število slojev celic v ksilemski braniki, KC - število slojev celic v kambijevi coni, KF – sitaste celice kasnega floema, RF – sitaste celice ranega floema, AP1 - prvi pas aksialnega floemskega parenhima, AP2 – drugi pas aksialnega floemskega parenhima. Število pred kraticami pomeni število slojev določenih celic.



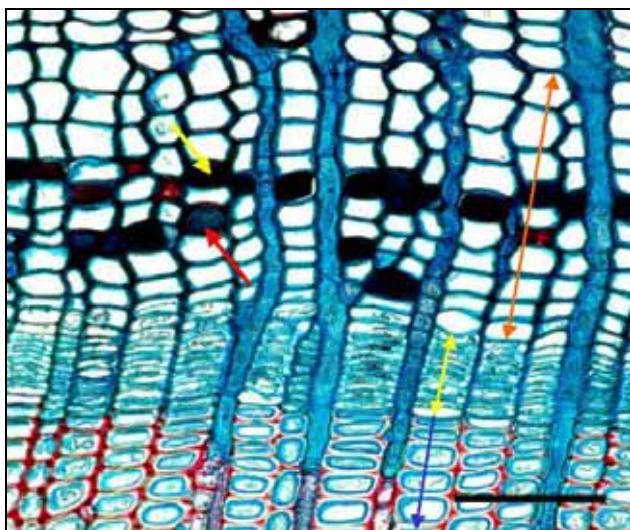
Slika 10: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki (oranžna daljica), ki vsebuje štiri oziroma več slojev sitastih celic kasnega floema (rdeča daljica) (tip2). Kambijeva cona (rumena daljica) in del ksilemske branike (modra puščica). Merilna črtica = 100 μm

V vzorcih, kjer se je pojavil drugi pas aksialnega floemskega parenhima (slika 11), je bilo število celic v kambijevi coni visoko; med devet in deset sloji. Širok je bil tudi ksilemski prirastek in je variral med 114 - 177 sloji celic (preglednica 5). Drugi tangencialni pas aksialnega parenhima v nobenem primeru ni bil sklenjen in se je pri preučevanih vzorcih navadne jelke pojavil le trikrat, pri dveh drevesih (št. 180 in 151).

Preglednica 5: Zgradba in število slojev celic v floemski braniki, število slojev ksilemskih celic ter število slojev celic v kambijevi coni.

KB – število slojev celic v ksilemski braniki, KC – število slojev celic v kambijevi coni, KF – sitaste celice kasnega floema, RF – sitaste celice ranega floema, AP1- prvi pas aksialnega floemskega parenhima, AP2 – drugi pas aksialnega floemskega parenhima. Število pred kraticami pomeni število slojev določenih celic.

Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzemja	Zgradba floemske branike tipa 2			KB	KC
			1. meritev	2. meritev	3. meritev		
180	2002	okt.	2KF-AP2-3KF-AP1-3RF	3KF-AP2-2KF-AP2-1KF-AP1-3RF	5KF-AP1-4RF	177	10
151	2002	sep.	2KF-AP2-3KF-AP1-3RF	2KF-AP2-1KF-AP1-4RF	5KF-AP1-3RF	173	9
151	2002	okt.	1KF-AP2-2KF-AP1-3RF	1KF-AP2-2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-3RF	144	9
povprečja:						165	9



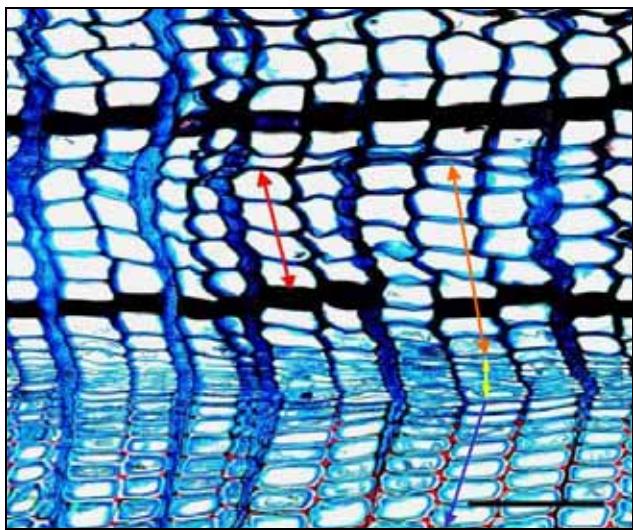
Slika 11: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki s prisotnim drugim nesklenjenim tangencialnem pasom aksialnega floemskega parenhima (oranžna daljica) (tip 2). Kambijeva cona (rumena dajica), del ksilemske branike (modra puščica), celica prvega sklenjenega tangencialnega pasu aksialnega parenhima (rumena puščica) in celica drugega nesklenjenega tangencialnega pasu aksialnega parenhima (rdeča puščica). Merilna črtica = 100 µm

4.2.3 Vzorci, ki so vsebovali štiri in več slojev celic ranega floema (tip 3)

V nobenem od osmih preučevanih vzorcev tipa 3 (slika 12) se ni pojavilo več kot pet slojev celic ranega floema (preglednica 6). Število slojev celic v kambijevi coni je variralo med sedem in devet. Ksilemski prirastek je štel od 37 do 61 slojev celic. Povprečna vrednost ksilemskega prirastka je bila 51 slojev celic.

Preglednica 6: Zgradba in število celic floemske branike, število slojev ksilemskih celic in število slojev celic kambijeve cone v dormantnem stanju (podatki za maj manjkajo, ker je bila kambijeva cona aktivna). KB – število slojev celic v ksilemski braniki, KC - število slojev celic v kambijevi coni, KF - sitaste celice kasnega floema, RF – sitaste celice ranega floema, AP1- prvi pas aksialnega floemskega parenhima. Število pred kraticami pomeni število slojev določenih celic.

Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzema	Zgradba floemske branike tipa 3			KB	KC
			1. meritev	2. meritev	3. meritev		
90	2001	nov.	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	3KF-AP1-4RF	37	8
90	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-4RF	59	9
61	2001	maj	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	3KF-4RF	50	/
61	2001	nov.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-5RF	61	9
54	2001	mar.	4KF-AP1-4RF	4-KF-AP1-5RF	5-KF-AP1-3RF	61	7
163	2001	mar.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-4RF	60	8
163	2001	maj	2KF-AP1-5RF	3KF-AP1-5RF	3KF-5RF	41	/
163	2001	okt.	1KF-AP1-4RF	AP1-5RF	1KF-AP1-4RF	40	7
			povprečja:		51	8	



Slika 12: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki (oranžna daljica), ki vsebuje štiri oziroma več slojev sitastih celic ranega floema (rdeča daljica) (tip 3). Kambijeva cona (rumena daljica) in del ksilemske branike (modra daljica). Merilna črtica = 100 μm

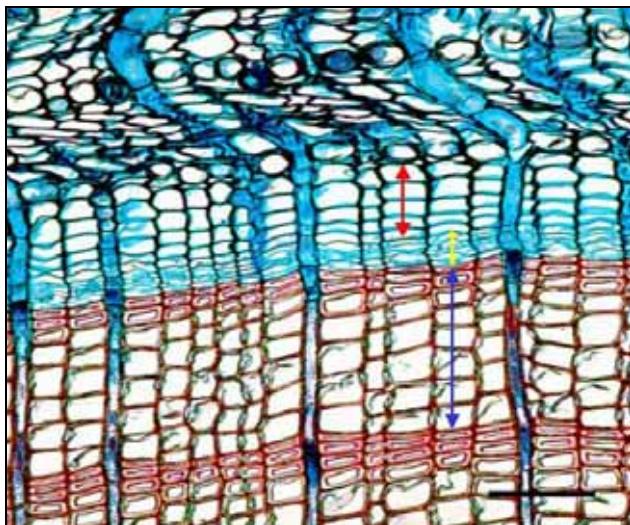
4.2.4 Vzorci v katerih ni bilo prisotnega bolj ali manj sklenjenega tangencialnega pasu aksialnega parenhima (tip 4)

Pri jelki št. 300 je floemska branika vsebovala le sloje celic ranega floema (tip 4). V obeh primerih je priraslo pet slojev celic (slika 13). Ksilemski prirastek je obsegal osem do deset slojev celic, število celic v kambijevi coni pa je bilo od pet do šest slojev (preglednica 7).

Preglednica 7: Zgradba in število slojev celic floemske branike, število slojev ksilemskih celic ter število slojev celic v kambijevi coni.

KB – število slojev celic v ksilemski braniki, KC - število slojev celic v kambijevi coni, RF – sitaste celice ranega floema. Število pred kraticami pomeni število slojev določenih celic.

Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzema	Zgradba floemske branike tipa 4			KB	KC
			1. meritev	2. meritev	3. meritev		
300	2001	okt.	5RF	5RF	5RF	10	6
300	2002	sep.	5RF	5RF	5RF	8	5
			povprečje		9	6	



Slika 13: Prečni prerez floemske branike pri navadni jelki brez prisotnega aksialnega floemskega parenhima (rdeča daljica) (tip 4). Kambijeva cona (rumena daljica) in ksilemska branika (modra daljica). Merilna črtica = 100 µm

4.2.5 Povprečne vrednosti števila slojev celic kambijeve cone in ksilemskega prirastka pri različnih strukturah floemske branike

V preglednici 8 so prikazane povprečne vrednosti števila slojev celic kambijeve cone in povprečne vrednosti števila slojev celic v ksilemski braniki, pri različnih tipih zgradbe floemske branike. V primerih, kjer so se pojavili eden do trije sloji celic kasnega floema, je bil povprečen ksilemski prirastek 55 slojev celic. Kambijeva cona je bila v povprečju sestavljena iz sedmih slojev celic. Pri štirih ali več slojih celic kasnega floema, je ksilemski prirastek v povprečju znašal 125 slojev celic. Povprečno število celic v kambijevi coni pa je bilo devet slojev. V treh primerih se je pojavil drugi tangencialni pas aksialnega floemskega parenhima in takrat je bil ksilemski prirastek širok okoli 165 slojev celic. V kambijevi coni je bilo povprečno devet slojev celic. Kadar so se pojavili štirje ali več slojev ranega floema, je ksilemska branika štela okoli 51 slojev celic. V kambijevi coni pa je bilo povprečno osem slojev celic. V dveh primerih je tangencialni pas aksialnega parenhima izostal. Takrat je bil ksilemski prirastek zelo ozek in je znašal v povprečju devet slojev celic. Kambijeva cona pa je bila sestavljena iz šestih slojev celic.

Preglednica 8: Povprečne vrednosti števila slojev celic kambijeve cone in ksilemskega prirastka pri različnih strukturah floemske branike.

Zgradba floemske branike	Št. celic kambijeve cone	Št. celic v ksilemski braniki
Tip 1	7	55
Tip 2	9	125
Tip 3	8	51
Tip 4	6	9

4.3 ANATOMSKA ZGRADBA FLOEMSKE BRANIKE V POVEZAVI S ŠTEVILOM FLOEMSKIH CELIC

V eksperiment je bilo vključenih 60 vzorcev navadne jelke. Za analize smo uporabili 59 vzorcev, saj je bila skorja vzorca 180-01-okt. porušena (preglednica 9). Število celic v floemski braniki je variralo od pet do 11 slojev. Pet slojev floemskih celic se je pojavilo v petih primerih. Od tega je v dveh primerih izostal aksialni floemski parenhim in so bile prisotne le celice ranega floema. V enem primeru se je aksialni parenhim sporadično pojavljal, v dveh primerih pa je bil skorajda sklenjen. V primerih kjer je bil prisoten kasni floem, je bil le ta zelo ozek in je štel en do dva sloja celic (preglednica 9). Najpogosteje smo v floemski braniki navadne jelke zasledili šest slojev celic in sicer 26-krat. Rani floem je bil sestavljen iz treh ali štirih slojev sitastih celic, ki jih je od kasnega floema ločeval bolj ali manj sklenjen tangencialni pas aksialnega parenhima. Kasni floem je bil sestavljen iz enega do treh slojev celic in je le redko izostal. Sedem slojev floemskih celic se je pojavilo v 17-tih primerih. Rani floem je bil sestavljen iz treh do petih slojev sitastih celic. Tangencialni pas aksialnega parenhima je bil praviloma sklenjen. Kasni floem pa je vseboval enega do štiri sloje celic. Osem slojev floemskih celic smo zabeležili v sedmih primerih. V teh floemskih branikah so celice ranega floema varirale med tremi in petimi sloji. Prvi pas aksialnega floemskega parenhima je bil navadno sklenjen. Kasni floem pa je vseboval dva do pet slojev celic. V kasnem lesu se je pojavil drugi, nesklenjeni pas aksialnega floemskega parenhima, ki je bil značilen le za širše floemske branike. V treh primerih je bil floemski prirastek širok devet slojev celic. Rani floem je bil sestavljen iz treh do petih slojev celic. Prvi pas aksialnega floemskega parenhima je bil skoraj popolnoma sklenjen. Kasni floem je vseboval tri do pet slojev celic. V enem primeru smo v kasnem floemu zasledili drugi nesklenjeni pas aksialnega floemskega parenhima. V floemski braniki smo pri enem primeru našeli 11 slojev celic. Rani floem je štel tri do štiri sloje celic. Prvi pas aksialnega floemskega parenhima je bil popolnoma sklenjen. Drugi pas aksialnega floemskega parenhima se je pojavil v dveh nesklenjenih pasovih. Kasni floem pa je vseboval pet oz. šest slojev celic.

Preglednica 9: Vzorci razdeljeni v skupine po povprečnem številu slojev sitastih celic v floemski braniki pri navadnih jelkah.

FB – število slojev celic v floemski braniki, KF - celice kasnega floema, RF – celice ranega floema, AP1 - prvi pas aksialnega floemskega parenhima, AP2 – drugi pas aksialnega floemskega parenhima. Število pred kraticami pomeni število slojev določenih celic. *180–01-okt – floem porušen

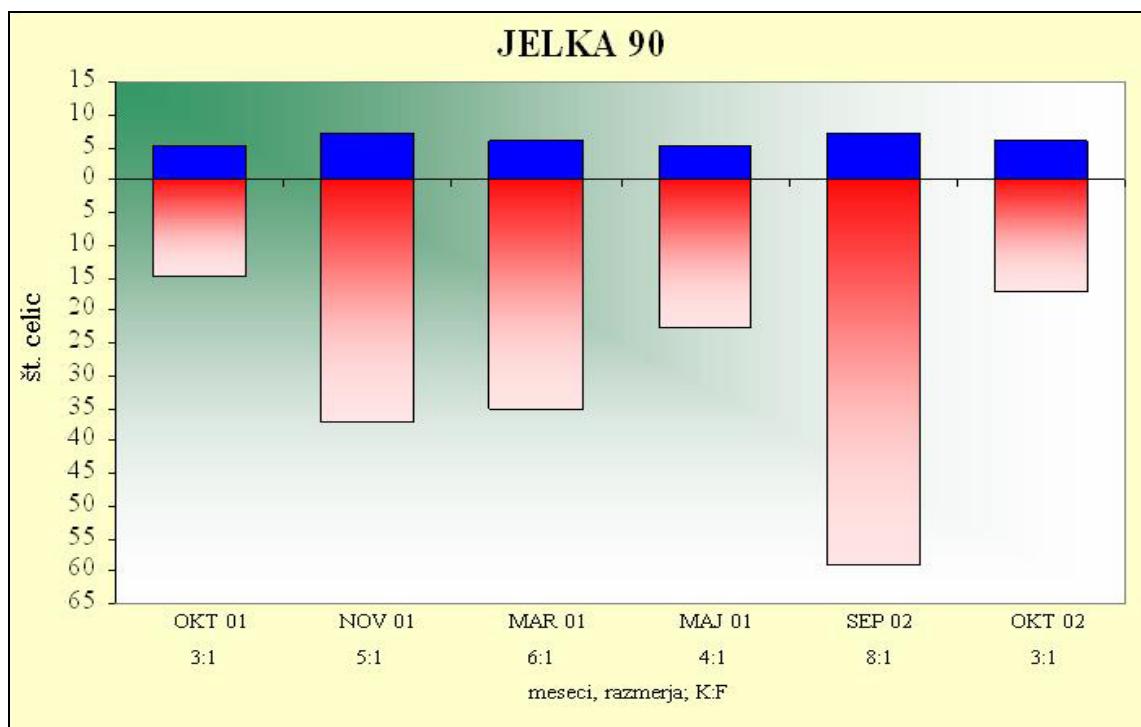
Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzema	Zgradba floemske branike			FB
			1. meritev	2. meritev	3. meritev	
90	2001	maj	AP1-4RF	2KF-4RF	2KF-3RF	5
90	2001	okt.	1KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	5
61	2001	okt.	1KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-3RF	5
300	2001	okt.	5-RF	5-RF	5-RF	5
300	2002	sep.	5RF	5RF	5RF	5
90	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-4RF	6
90	2002	okt.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	3KF-3RF	6
61	2001	mar.	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-4RF	6
61	2002	okt.	2KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	3KF-3RF	6
54	2001	maj	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	6
54	2001	okt.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	6
54	2001	nov.	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	6
300	2001	mar.	2KF-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-AP1-3RF	6
300	2001	maj	2KF-4RF	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	6
300	2001	nov.	1KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	6
180	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-AP1-3RF	6
163	2001	okt.	1KF-AP1-4RF	AP1-5RF	1KF-AP1-4RF	6
163	2001	nov.	1KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-AP1-4RF	6
163	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
163	2002	okt.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
147	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
147	2001	maj	2KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	6
147	2001	okt.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	6
147	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	6
147	2002	sep.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
147	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	6
141	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
141	2001	okt.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	6
113	2001	mar.	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-4RF	6
113	2001	maj	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-3RF	6
113	2002	okt.	2KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-3RF	6
90	2001	nov.	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	3KF-AP1-4RF	7
90	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-4RF	7
61	2001	maj	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	3KF-4RF	7
61	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	3KF-4RF	7
54	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-AP1-4RF	7
300	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-4RF	2KF-AP1-4RF	7
180	2001	maj	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	7
180	2002	sep.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	7
163	2001	mar.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-4RF	7
151	2001	mar.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-4RF	7
151	2001	maj	2KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-4RF	7
151	2001	okt.	3KF-AP1-3RF	4KF-AP1-3RF	4KF-3RF	7
151	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	7
141	2001	maj	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-4RF	7
141	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	7
141	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	7
113	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-4RF	7
61	2001	nov.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-5RF	8
54	2002	sep.	3KF-AP1-3RF	3KF-2AP1-4RF	4KF-AP1-3RF	8
163	2001	maj	2KF-AP1-5RF	3KF-AP1-5RF	3KF-5RF	8
151	2002	okt.	1KF-AP2-2KF-AP1-3RF	1KF-AP2-2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-3RF	8
141	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	4KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	8
113	2001	okt.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	5KF-AP1-3RF	8
113	2002	sep.	4KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	8
54	2001	mar.	4KF-AP1-4RF	4-KF-AP1-5RF	5-KF-AP1-3RF	9
180	2001	nov.	3KF-AP1-4RF	4KF-AP1-4RF	3KF-4RF	9
151	2002	sep.	2KF-AP2-3KF-AP1-3RF	2KF-AP2-1KF-AP1-4RF	5KF-AP1-3RF	9
180	2002	okt.	2KF-AP2-3KF-AP1-3RF	3KF-AP2-2KF-AP2-1KF-AP1-3RF	5KF-AP1-4RF	11

V floemskih branikah, širokih med pet in osem slojev celic, je bil delež ranega floema večji v primerjavi s kasnim floemom. Pri zelo širokih branikah (enajst slojev celic) pa se je razmerje obrnilo.

4.4 VARIABILNOST KSILEMSKEGA IN FLOEMSKEGA PRIRASTKA ZNOTRAJ POSAMEZNEGA DREVESA IN NJUNA RAZMERJA

Na vsakem izmed desetih dreves je bilo opravljenih šest odvzemov vzorcev. Štirje odvzemi vzorcev so bili opravljeni za ksilemski in floemski prirastek 2001 ter dva za 2002.

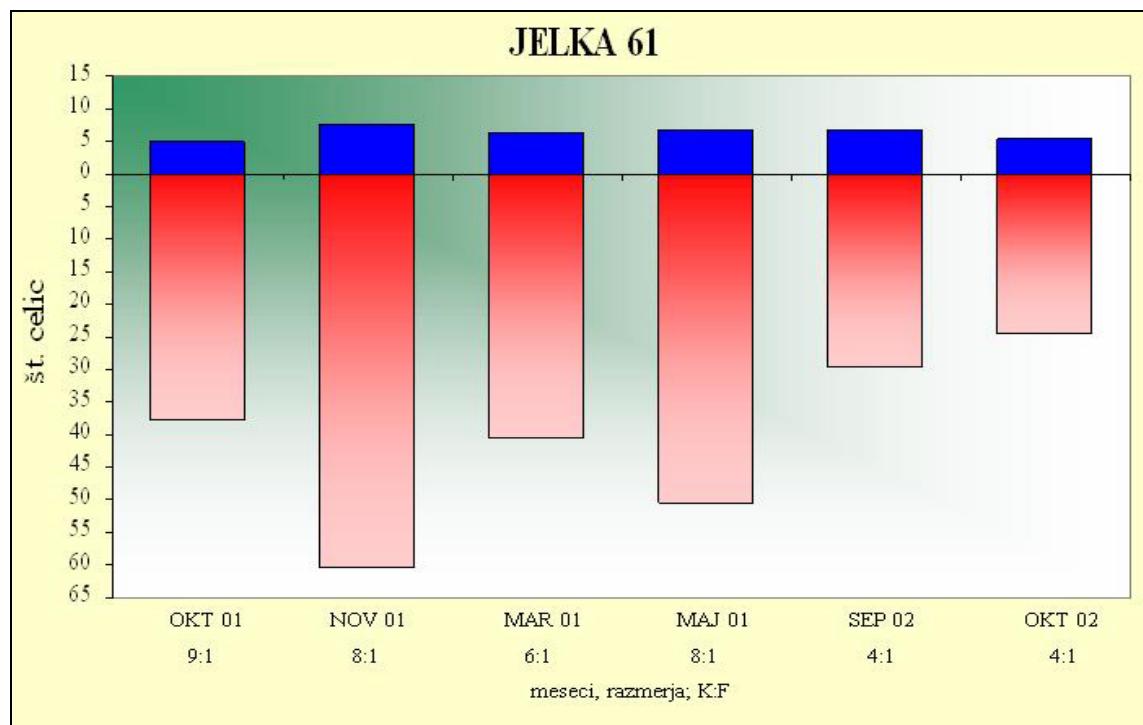
Pri jelki št. 90 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa variralo med 15 in 37 sloji, v branikah 2002 pa med 17 in 59 sloji. Floemski prirastek v branikah 2001 je variral med pet in sedem slojev celic, v branikah 2002 pa od šest do sedem. Razmerje v številu celic med ksilemskim in floemskim prirastkom v letu 2001, je znašalo med 3:1 in 6:1, v letu 2002 pa od 3:1 do 8:1 (slika 14).



Slika 14: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 90.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,
K:F – ksilem:floem

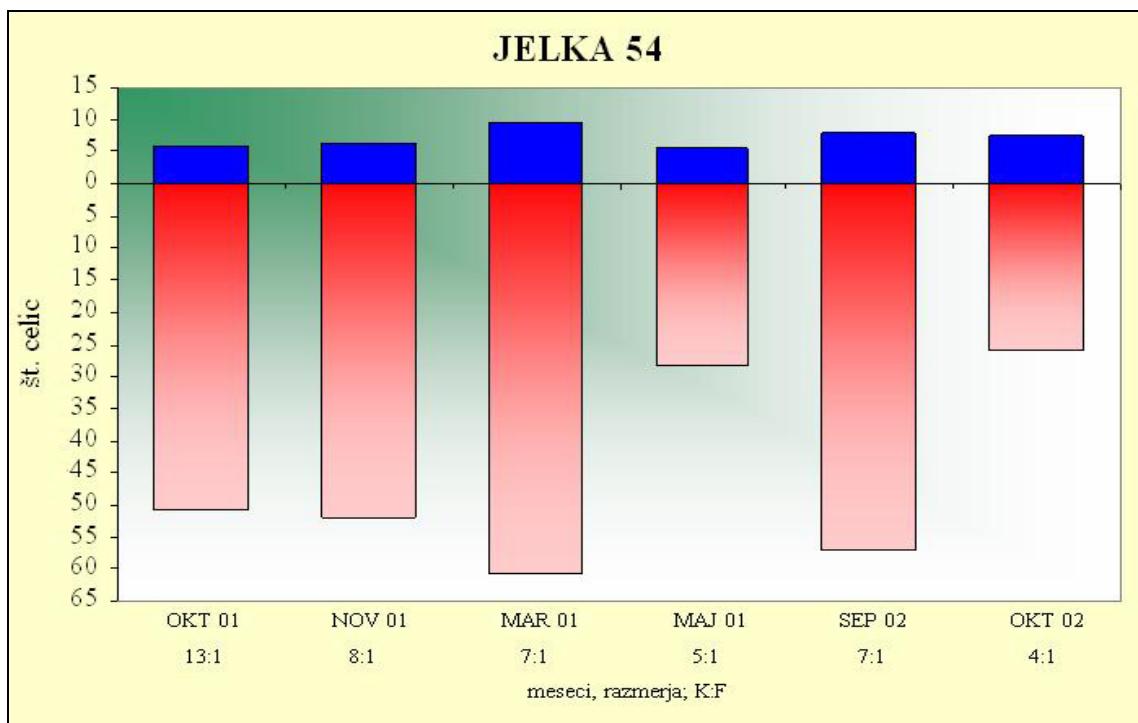
Pri jelki št. 61 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa variralo med 38 in 61 sloji, v branikah 2002 pa med 25 in 29 sloji. Floemski prirastek v branikah 2001 je variral med pet in osem slojev celic, v branikah 2002 pa od šest do sedem. Razmerje v številu slojev celic med ksilemskim in floemskim prirastkom v letu 2001, je znašalo med 6:1 in 9:1, v letu 2002 pa je bilo v obeh primerih 4:1 (slika 15).



Slika 15: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 61.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,
K:F – ksilem:floem

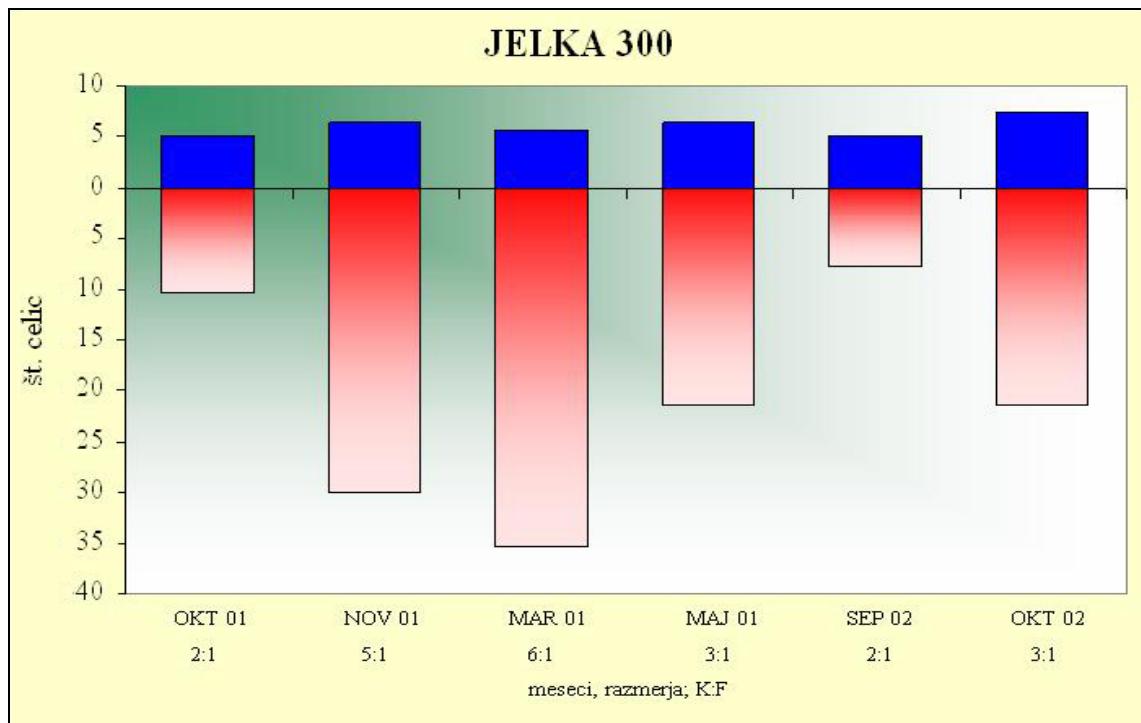
Pri jelki št. 54 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa variralo med 28 in 61 sloji, v branikah 2002 pa med 26 in 57 sloji. Floemski prirastek v branikah 2001 je variral med šest in devet slojev celic, v branikah 2002 pa od sedem do osem. Razmerje v številu slojev celic med ksilemskim in floemskim prirastkom v letu 2001, je znašalo med 5:1 in 13:1, v letu 2002 pa od 4:1 do 7:1 (slika 16).



Slika 16: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 54.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,
K:F – ksilem:floem

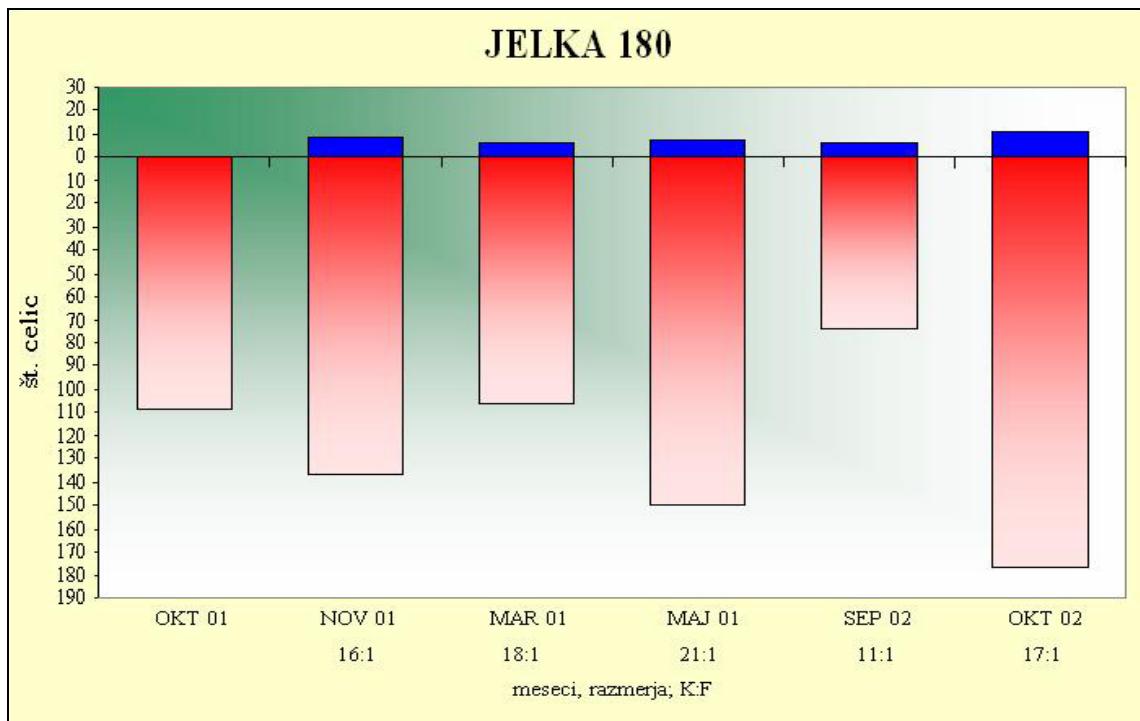
Pri jelki št. 300 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa variralo med deset in 35 sloji, v branikah 2002 pa med osem in 21 sloji. Floemski prirastek v branikah 2001 je variral od pet do šest slojev celic, v branikah 2002 pa med pet in sedem. Razmerje v številu slojev celic med ksilemskim in floemskim prirastkom v letu 2001, je znašalo med 2:1 in 6:1, v letu 2002 pa od 2:1 do 3:1 (slika 17).



Slika 17: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 300.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,
K:F – ksilem:floem

Pri jelki št. 180 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa variralo med 106 in 150 sloji, v branikah 2002 pa med 74 in 177 sloji. Floemski prirastek v branikah 2001 je variral od šest do devet slojev celic, v branikah 2002 pa med sedem in 11. Razmerje v številu slojev celic med ksilemskim in floemskega prirastkom, je znašalo med 16:1 in 21:1 v letu 2001, v letu 2002 pa od 11:1 do 17:1 (slika 18).

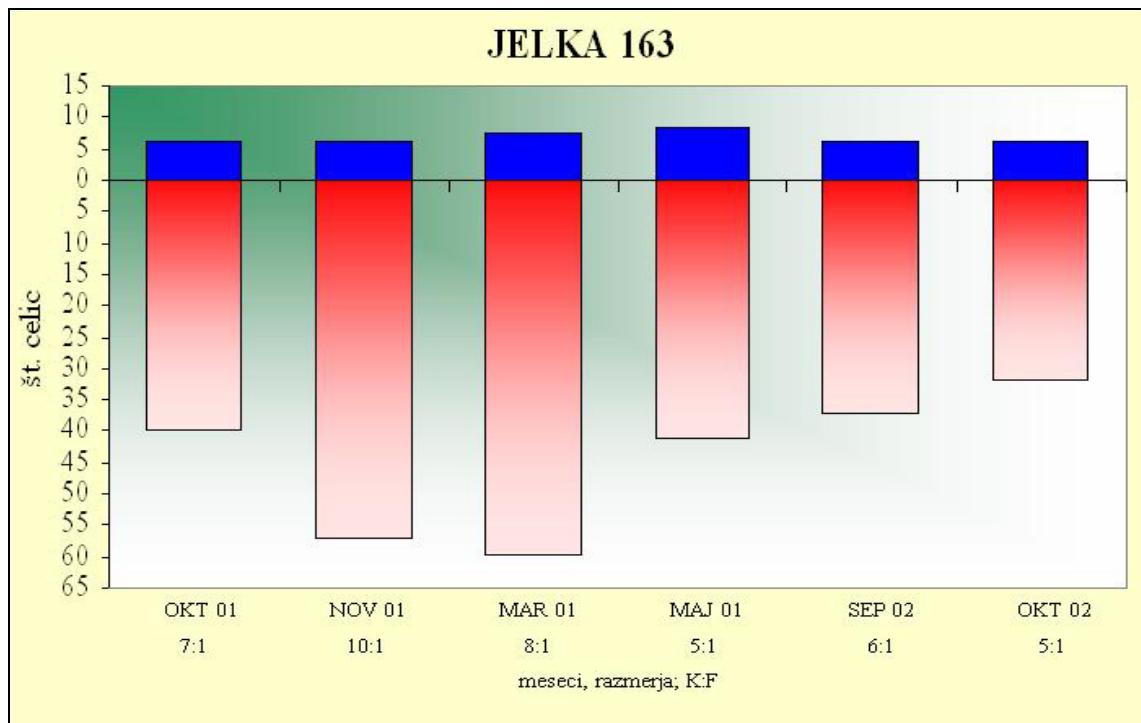


Slika 18: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 180.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,

K:F – ksilem:floem, Okt 01 – floem porušen

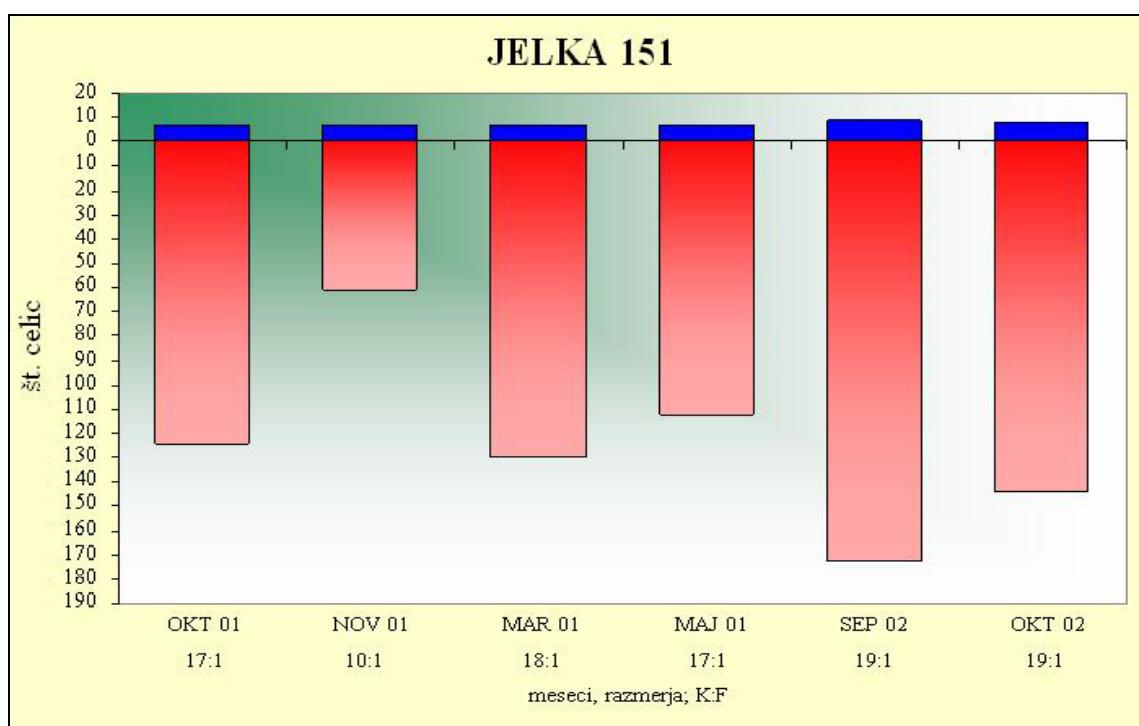
Pri jelki št. 163 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa variralo med 40 in 60 sloji, v branikah 2002 pa med 32 in 37 sloji. Floemskega prirastek v branikah 2001 je variral od šest do osem, v branikah 2002 pa je bil v obeh primerih šest slojev celic. Razmerje v številu slojev celic med ksilemskim in floemskega prirastkom, je znašalo med 5:1 in 10:1 v letu 2001 in od 5:1 do 6:1 v letu 2002 (slika 19).



Slika 19: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 163.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,
K:F – ksilem:floem

Pri jelki št. 151 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa, variralo med 61 in 129 sloji, v branikah 2002 pa od 144 do 173 sloji. Floemski prirastek v branikah 2001 je variral med šest in sedem slojev celic, v branikah 2002 pa od osem do devet. Razmerje v številu slojev celic med ksilemskim in floemskim prirastkom, je znašalo med 10:1 in 18:1 v letu 2001, v letu 2002 pa je bilo v obeh primerih 19:1 (slika 20).

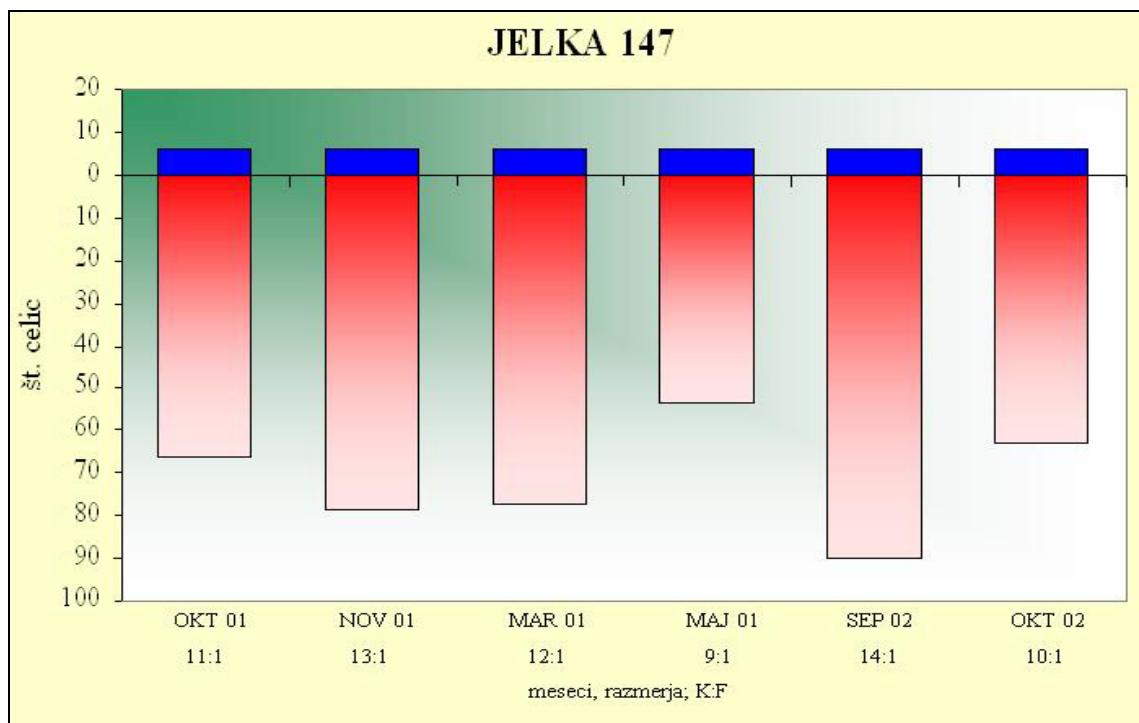


Slika 20: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 151.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,

K:F – ksilem:floem

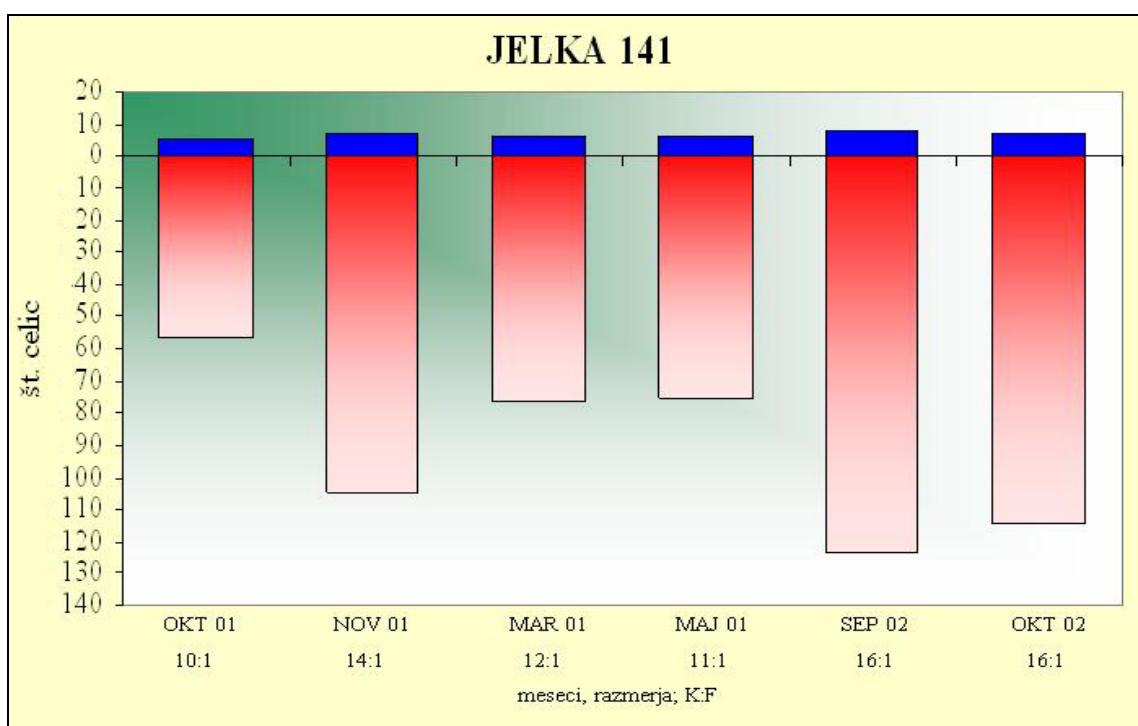
Pri jelki št. 147 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa variralo med 53 in 79 sloji, v branikah 2002 pa med 63 in 90 sloji. Floemski prirastek je bil v branikah 2001 in 2002, šest slojev celic. Razmerje v številu slojev celic med ksilemskim in floemskim prirastkom, je znašalo med 9:1 in 13:1 v letu 2001, v letu 2002 pa od 10:1 do 14:1 (slika 21).



Slika 21: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 147.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,
K:F – ksilem:floem

Pri jelki št. 141 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa, variralo med 57 in 105 sloji, v branikah 2002 pa med 114 in 124 sloji. Floemski prirastek v branikah 2001 je variral med šest in sedem slojev celic v branikah 2002 pa od sedem do osem. Razmerje v številu slojev celic med ksilemskim in floemskim prirastkom, je znašalo med 10:1 in 14:1 v letu 2001, v letu 2002 pa je bilo v obeh primerih 16:1 (slika 22).

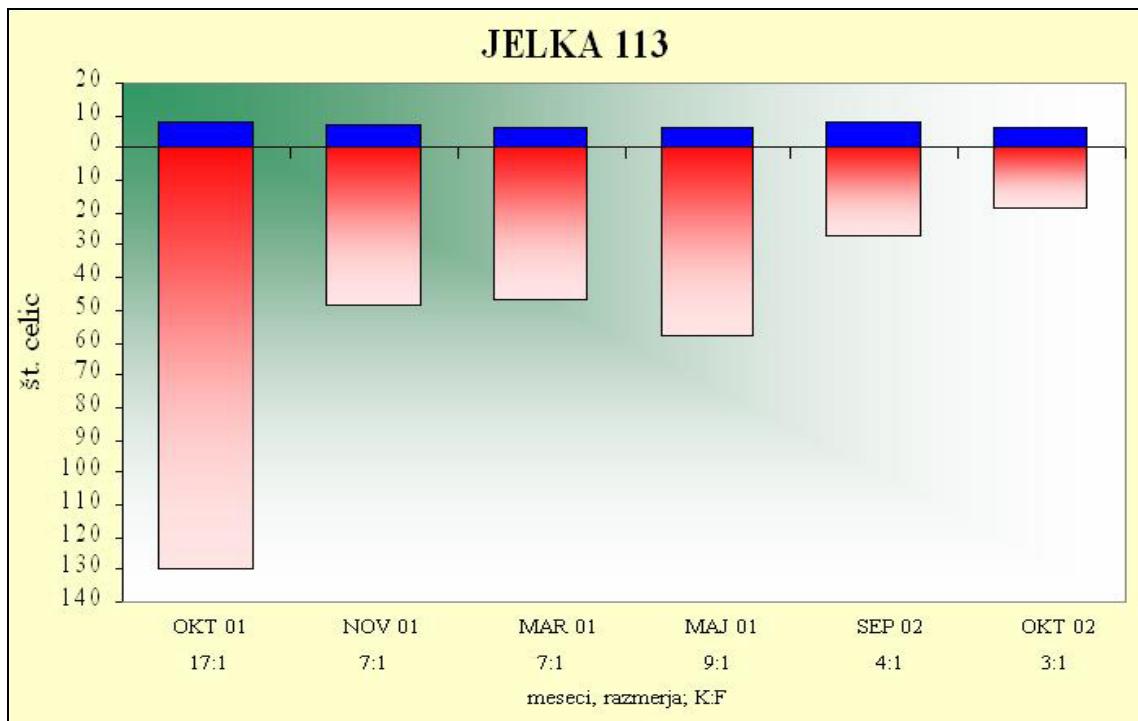


Slika 22: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 141.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,

K:F – ksilem:floem

Pri jelki št. 113 je število celic v ksilemskih branikah 2001, na različnih mestih po obodu drevesa, variralo med 46 in 130 sloji, v branikah 2002 pa med 19 in 27 sloji. Floemski prirastek je variral od šest do osem slojev celic v branikah 2001 in enako v branikah 2002. Razmerje v številu slojev celic med ksilemskim in floemskim prirastkom, je znašalo med 7:1 in 17:1 v letu 2001, in od 3:1 do 4:1 v letu 2002 (slika 23).

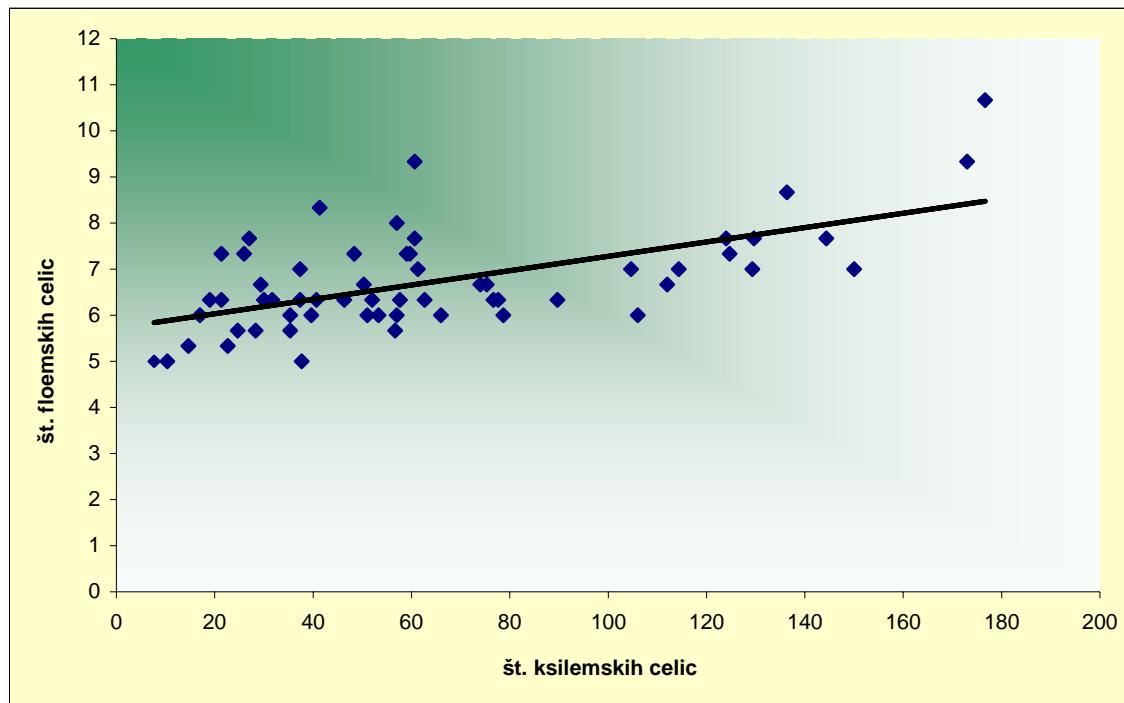


Slika 23: Grafični prikaz razmerja med številom slojev celic, ksilemskega in floemskega prirastka, pri jelki št. 113.

Legenda: ksilemske celice, floemske celice, mesec – odvzem vzorca, leto – leto branike,
K:F – ksilem:floem

Največja variabilnost v številu ksilemskih slojev celic po obodu drevesa, se je v ksilemski braniki 2001 pojavila pri jelki št. 113 (med 46 in 130 sloji), v ksilemski braniki 2002 pa pri jelki št. 180 (med 74 – 177 sloji). Najmanjša variabilnost v številu celic ksilemske branike 2001 je bila pri jelki št. 163 (med 40 – 60 sloji), v ksilemski braniki 2002 pa pri jelki št. 61 (med 25 – 29 sloji). Največja variabilnost v številu celic po obodu drevesa se je v floemski braniki 2001 pojavila pri jelkah št. 54 in 180 (med šest in devet slojev) ter pri jelki št. 61 (med pet in osem slojev), v floemski braniki 2002 pa pri jelki št. 180 (med sedem in 11 sloji). Floemski prirastek 2001 je bil najbolj enakomeren pri jelki št. 147, kjer je pri vseh odvzetih vzorcih znašal 6 slojev celic. Floemski prirastek 2002 pa pri jelkah št. 163 in 147, kjer je v obeh primerih ravno tako znašal šest slojev celic.

Največja variabilnost v razmerju med ksilemskim in floemskim prirastkom 2001 se je pojavila pri jelki št. 113; med 7:1 – 17:1. Visoka variabilnost se je pojavila tudi v jelkah št. 54 (med 5:1 - 13:1) in 151 (med 10:1 - 18:1). Med branikami 2002 pa je bila visoka variabilnost pri jelkah št. 180 (med 11:1 - 17:1) in 90 (med 3:1 – 8:1). Najmanjša variabilnost v razmerju med ksilemskim in floemskim prirastkom 2001 se je pojavila pri jelki št. 61 (med 6:1 - 9:1) in 90 (med 3:1 – 6:1). V branikah 2002 pa se razmerje med ksilemom in floemom po obodu drevesa ni spremenilo pri jelkah št. 61 (4:1), 151 (19:1) in pri jelki št. 141 (16:1) (preglednica 10). V splošnem je bil ksilemski prirastek pri vseh proučevanih vzorcih nekajkrat širši od floemskega (slika 24). Ravno tako je bila variabilnost v številu celic po obodu drevesa na ksilemski strani večja kot na floemski.



Slika 24: Linearna zveza med ksilemskim in floemskim prirastkom, pri vseh preučevanih vzorcih navadne jelke.

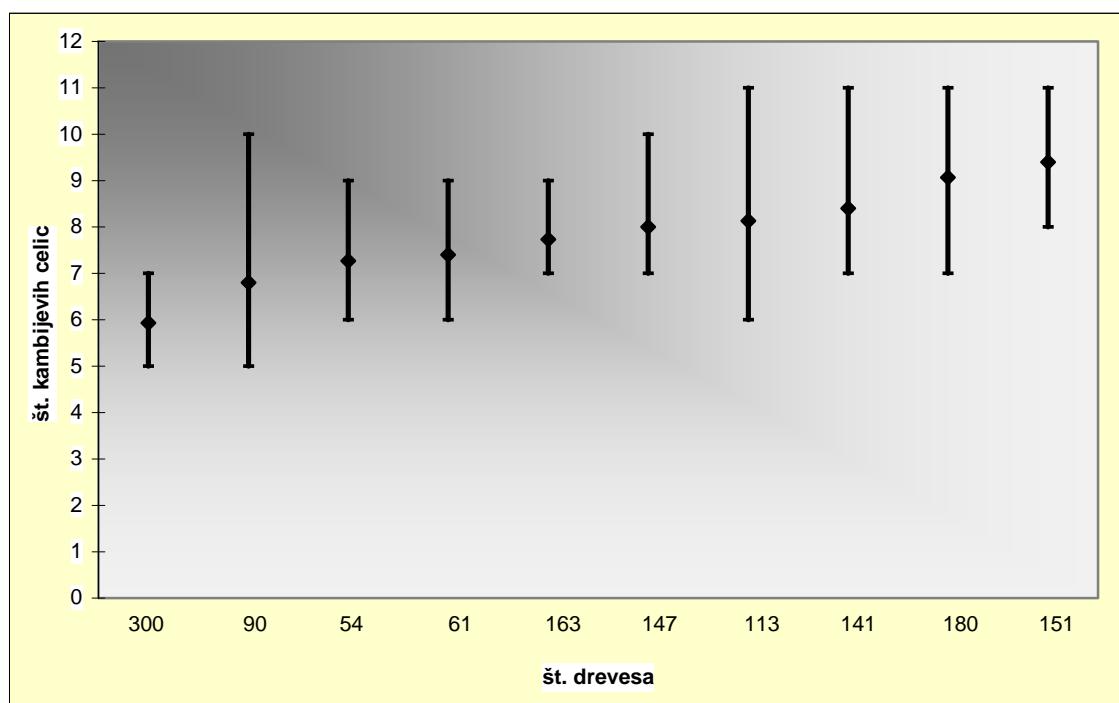
Preglednica 10: Razmerja v številu celic ksilemskega in floemskega prirastka, prikazana od najmanjše do največje vrednosti, pri odvzetih vzorcih navadnih jelk.

Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzema	Razmerje; ksilem:floem
300	2002	sep.	1,533
300	2001	okt.	2,067
90	2001	okt.	2,750
90	2002	okt.	2,833
300	2002	okt.	2,909
113	2002	okt.	2,947
300	2001	maj	3,368
113	2002	sep.	3,522
54	2002	okt.	3,545
90	2001	maj	4,250
61	2002	okt.	4,353
61	2002	sep.	4,400
300	2001	nov.	4,737
163	2001	maj	4,960
54	2001	maj	5,000
163	2002	okt.	5,000
90	2001	nov.	5,333
90	2001	mar.	5,889
163	2002	sep.	5,895
300	2001	mar.	6,235
61	2001	mar.	6,421
54	2001	mar.	6,500
113	2001	nov.	6,591
163	2001	okt.	6,611
54	2002	sep.	7,125
113	2001	mar.	7,316
61	2001	maj	7,550
61	2001	nov.	7,913
90	2002	sep.	8,045
163	2001	mar.	8,136
54	2001	nov.	8,211
147	2001	maj	8,889
113	2001	maj	9,105
61	2001	okt.	9,417
163	2001	nov.	9,500
151	2001	nov.	9,684
147	2002	okt.	9,895
141	2001	okt.	10,000
147	2001	okt.	11,000
180	2002	sep.	11,100
141	2001	maj	11,300
141	2001	mar.	12,105
147	2001	mar.	12,263
54	2001	okt.	12,750
147	2001	nov.	13,111
147	2002	sep.	14,158
141	2001	nov.	14,952
180	2001	nov.	15,731
141	2002	sep.	16,173
141	2002	okt.	16,333
180	2002	okt.	16,563
151	2001	maj	16,800
113	2001	okt.	16,913
151	2001	okt.	17,000
180	2001	mar.	17,611
151	2001	mar.	18,476
151	2002	sep.	18,536
151	2002	okt.	18,826
180	2001	maj	21,429

4.5 VARIABILNOST SLOJEV CELIC V KAMBIJEVI CONI GLEDE NA POSAMEZNO DREVO NAVADNE JELKE

Na sliki 25 so prikazane najmanjše, največje in povprečne vrednosti števila celic v kambijevi coni, izračunane iz vseh odvzetih vzorcev za posamezno drevo. Vrednosti so podane na eno decimalno mesto natančno. Raziskave smo opravili le na vzorcih odvzetih v dormantnem obdobju, zato smo vzorce tukaj odvzetih v začetku maja izključili iz analiz, saj so se celične delitve v kambijevi coni že začele.

Pri jelki št. 90 je število celic v kambijevi coni znašalo med pet in deset slojev. Povprečna vrednost pa je znašala sedem slojev (slika 25). Število celic v kambijevi coni je pri jelki št. 61 znašalo med šest in devet slojev, povprečna vrednost je bila sedem slojev. Pri jelki št. 54 je število celic v kambijevi coni variralo med šest in devet slojev. Povprečna vrednost vseh vzorcev je znašala sedem slojev celic. Število celic kambijkeve cone je pri jelki št. 300 znašalo med pet in sedem slojev. Povprečna vrednost v preiskovanih vzorcih je bila šest slojev celic (slika 25). Pri jelki št. 180 je število celic v kambijevi coni variralo od sedem do 11 slojev, povprečna vrednost pa je znašala devet slojev celic. Pri jelki št. 163 je število slojev celic kambijkeve cone znašalo med sedem in devet. Povprečna vrednost preiskovanih vzorcev je bila osem slojev celic. Število celic v kambijevi coni pri jelki št. 151, je znašalo med osem in 11 slojev. Povprečna vrednost vseh vzorcev je bila devet slojev celic. Pri jelki št. 147 je število celic v kambijevi coni variralo od sedem do deset slojev, povprečna vrednost pa je znašala osem slojev celic. Pri jelki št. 141 je bilo število celic kambijkeve cone med sedem in 11 slojev. Povprečna vrednost vseh vzorcev je bila osem slojev celic. Število celic v kambijevi coni je pri jelki št. 113 variralo med šest in 11 slojev. Povprečna vrednost je znašala osem slojev celic.



Slika 25: Največje, najmanjše in povprečno število slojev celic kambijkeve cone, pri poučevanih jelkah v dormantnem obdobju.

V splošnem so vzorci vsebovali med pet in 11 slojev celic v kambijkevi coni. Povprečne vrednosti pri odvzetih vzorcih navadne jelke so znašale med šest in devet slojev celic, vendar je večina (sedem dreves) imela v povprečju med sedem in osem slojev celic.

Najvišje število slojev celic v kambijkevi coni se je pojavilo pri jelkah št. 180, 151, 141 in 113, najmanjše pa pri jelkah št. 90 in 300. Največja variabilnost v številu slojev celic kambijkeve cone se je pojavila pri jelkah št. 90 in 113, kjer je znašala do pet slojev celic.

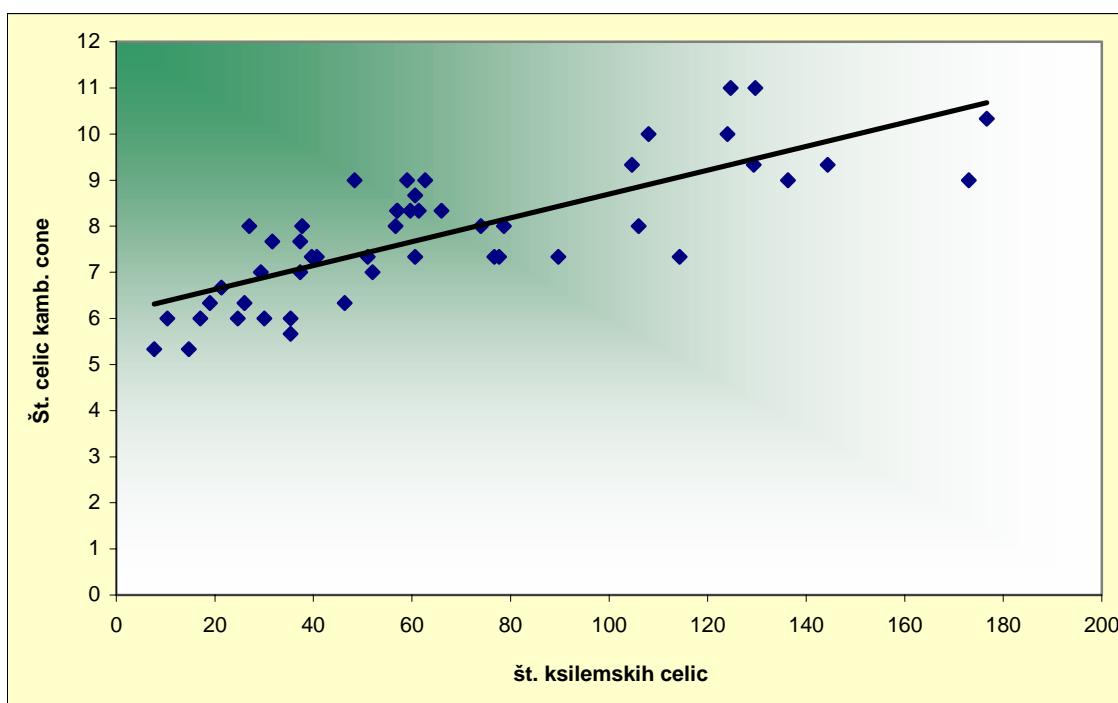
4.6 ŠIRINA KAMBIJEVE CONE V POVEZAVI S KSILEMSKIM IN FLOEMSKIM PRIRASTKOM

V eksperiment je bilo vključenih 60 različnih vzorcev tkiv odvzetih iz desetih odraslih dreves navadne jelke. Za preučevanje kambijeve cone v dormantnem stanju smo uporabili 50 vzorcev (preglednica 11). Kot smo že omenili so bili preostali vzorci odvzeti v maju, ko so delitve v kambijevi coni že potekale in je število celic naraslo. V posameznem drevesu se je število celic v kambijevi coni v vzorcih odvzetih na različnih mestih po obodu drevesa, kakor tudi v letih 2001 in 2002 spreminja (glej tudi prilogo B). V vseh odvzetih vzorcih se je pet slojev celic v kambijevi coni pojavilo le dvakrat (preglednica 11). Takrat je ksilemski prirastek variral med osem in 15 slojev celic (v povprečju 12), floemski prirastek pa je v obeh primerih znašal pet slojev celic. V devetih primerih je bila kambijeva cona široka šest slojev celic. Tu je ksilemski prirastek variral med deset in 46 slojev celic, s povprečno vrednostjo 27 celic. Floemski prirastek je variral med pet in sedem, vendar je v večini primerov priraslo šest slojev celic. V dvanajstih primerih se je v kambijevi coni pojavilo sedem slojev celic. Ksilemski prirastek je znašal med 21 in 114 slojev celic, povprečna vrednost pa je bila 58 slojev ksilemskih celic. Floemski prirastek je variral med šest in devet slojev celic, vendar je v večini primerov znašal šest slojev celic. V trinajstih primerih se je v kambijevi coni pojavilo osem slojev celic. Ksilemski prirastek je variral med 27 in 106 slojev celic in je v povprečju znašal 58 slojev celic. V floemski braniki je število slojev celic variralo med pet in osem, povprečna vrednost pa je znašala sedem slojev celic. V devetih primerih je bila kambijeva cona široka devet slojev celic (preglednica 11). Tedaj je število celic v ksilemski braniki variralo od 48 do 173 slojev celic, povprečna vrednost pa je bila 102 sloja celic. Floemski prirastek je variral med šest in devet, povprečje pa je bilo osem slojev celic. V treh primerih se je v kambijevi coni pojavilo deset slojev celic. Ksilemski prirastek je znašal med 108 in 177 slojev celic, povprečna vrednost pa je bila 136 slojev celic. Floemski prirastek je variral med osem in 11, povprečje pa je znašalo 10 slojev celic. Le v dveh primerih smo zasledili 11 slojev celic kambijkeve cone. Ksilemski prirastek je bil širok 125 oziroma 130 slojev celic. Na floemski strani pa smo v prvem primeru našteli sedem, v drugem pa osem slojev celic.

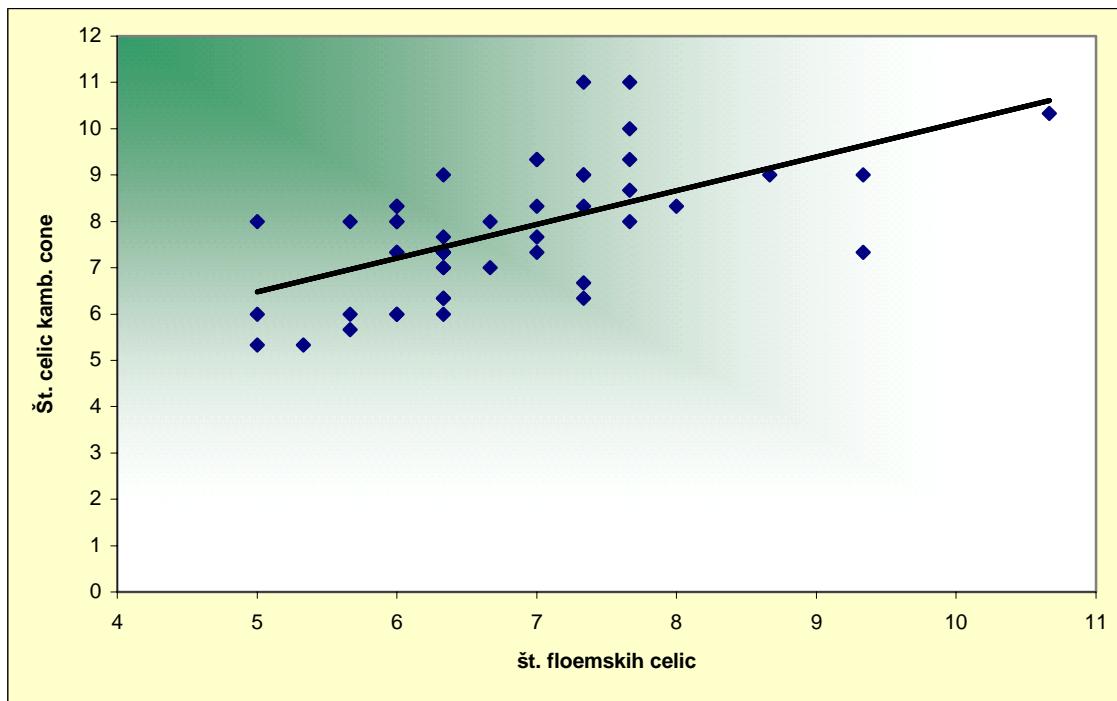
Preglednica 11: Vzorci so razporejeni v skupine glede na število celic v dormantni kambijevi coni, s pripadajočimi ksilemskimi in floemskimi prirastki, pri navadnih jelkah.

Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzemja	Št. slojev celic v ksilemski braniki	Št. slojev celic v floemski braniki	Št. slojev celic kambijeve cone
90	2001	okt.	15	5	5
300	2002	sep.	8	5	5
300	2001	mar.	35	6	6
90	2001	mar.	35	6	6
90	2002	okt.	17	6	6
61	2002	okt.	25	6	6
300	2001	okt.	10	5	6
300	2001	nov.	30	6	6
54	2002	okt.	26	7	6
113	2001	mar.	46	6	6
113	2002	okt.	19	6	6
300	2002	okt.	21	7	7
61	2002	sep.	29	7	7
54	2001	nov.	52	6	7
163	2002	sep.	37	6	7
61	2001	mar.	41	6	7
54	2001	mar.	61	9	7
54	2001	okt.	51	6	7
163	2001	okt.	40	6	7
147	2001	mar.	78	6	7
147	2002	sep.	90	6	7
141	2001	mar.	77	6	7
141	2002	okt.	114	7	7
90	2001	nov.	37	7	8
163	2002	okt.	32	6	8
61	2001	okt.	38	5	8
180	2001	mar.	106	6	8
180	2002	sep.	74	7	8
147	2001	nov.	79	6	8
141	2001	okt.	57	6	8
113	2002	sep.	27	8	8
54	2002	sep.	57	8	8
163	2001	mar.	60	7	8
163	2001	nov.	57	6	8
151	2001	nov.	61	7	8
147	2001	okt.	66	6	8
61	2001	nov.	61	8	9
90	2002	sep.	59	7	9
180	2001	nov.	136	9	9
151	2002	sep.	173	9	9
147	2002	okt.	63	6	9
113	2001	nov.	48	7	9
151	2001	mar.	129	7	9
151	2002	okt.	144	8	9
141	2001	nov.	105	7	9
141	2002	sep.	124	8	10
180	2002	okt.	177	11	10
151	2001	okt.	125	7	11
113	2001	okt.	130	8	11

V kambijevi coni je bilo v povprečju sedem slojev celic (glej tudi prilogo C). Kot že omenjeno, je število celic v kambijevi coni variralo med pet in 11 slojev, vendar sta se obe mejni vrednosti pojavili le dvakrat. Ko je bilo v kambijevi coni pet slojev celic, je bil ksilemski prirastek izrazito majhen (med osem in 15 slojev celic). Pri majhnem številu slojev celic v kambijevi coni (pet ali šest), ksilemski prirastek ni bil nikoli širok. Višji prirastki so se začeli pojavljati pri sedmih slojih celic kambijeve cone, vendar le izjemoma. Z naraščanjem števila kambijevih celic je praviloma naraščala tudi širina ksilemskega prirastka (slika 26). Pri široki kambijevi coni (devet, deset in 11, slojev celic) je bil ksilemski prirastek vedno širok (povprečno nad 102 sloja celic). Število celic v dormantni kambijevi coni, torej odraža število celic v ksilemskem prirastku. Na floemski strani smo zasledili podobno situacijo. Pri ozki kambijevi coni je bil manjši tudi floemski prirastek, pri široki kambijevi coni pa je bilo ravno obratno (slika 27). Kljub temu pa je floemski prirastek veliko manj variral (od pet do 11 slojev celic) v primerjavi s ksilemskim (od osem do 177 slojev celic). Razmerja ksilemskega in floemskega prirastka, s pripadajočim številom slojev celic kambijeve cone, so prikazana v preglednici 12.



Slika 26: Linearna zveza med ksilemskim prirastkom in številom celic v dormantni kambijevi coni, pri vseh preučevanih vzorcih navadne jelke. $R^2 = 55,8\%$, $p < 0,001$



Slika 27: Linearna zveza med floemskim prirastkom in številom celic v dormantni kambijevi coni, pri vseh preučevanih vzorcih navadne jelke.

Preglednica 12: Razmerje med številom slojev celic ksilema in floema ter številom slojev celic kambijeve cone v dormantnem stanju (podatki za maj manjkajo, ker je bila kambijeva cona aktivna), pri navadnih jelkah.

Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzema	Razmerje; ksilem:floem	Št. slojev celic kambijeve cone
90	2001	mar.	6:1	6
90	2001	maj	4:1	/
90	2001	okt.	3:1	5
90	2001	nov.	5:1	8
90	2002	sep.	8:1	9
90	2002	okt.	3:1	6
61	2001	mar.	6:1	7
61	2001	maj	8:1	/
61	2001	okt.	9:1	8
61	2001	nov.	8:1	9
61	2002	sep.	4:1	7
61	2002	okt.	4:1	6
54	2001	mar.	6:1	7
54	2001	maj	5:1	/
54	2001	okt.	13:1	7
54	2001	nov.	8:1	7
54	2002	sep.	7:1	8
54	2002	okt.	4:1	6
300	2001	mar.	6:1	6
300	2001	maj	3:1	/
300	2001	okt.	2:1	6
300	2001	nov.	5:1	6
300	2002	sep.	2:1	5
300	2002	okt.	3:1	7
180	2001	mar.	18:1	8
180	2001	maj	21:1	/
180	2001	nov.	16:1	9
180	2002	sep.	11:1	8
180	2002	okt.	17:1	10
163	2001	mar.	8:1	8
163	2001	maj	5:1	/
163	2001	okt.	7:1	7
163	2001	nov.	10:1	8
163	2002	sep.	6:1	7
163	2002	okt.	5:1	8
151	2001	mar.	18:1	9
151	2001	maj	17:1	/
151	2001	okt.	17:1	11
151	2001	nov.	10:1	8
151	2002	sep.	19:1	9
151	2002	okt.	19:1	9
147	2001	mar.	12:1	7
147	2001	maj	9:1	/
147	2001	okt.	11:1	8
147	2001	nov.	13:1	8
147	2002	sep.	14:1	7
147	2002	okt.	10:1	9
141	2001	mar.	12:1	7
141	2001	maj	11:1	/
141	2001	okt.	10:1	8
141	2001	nov.	15:1	9
141	2002	sep.	16:1	10
141	2002	okt.	16:1	7
113	2001	mar.	7:1	6
113	2001	maj	9:1	/
113	2001	okt.	17:1	11
113	2001	nov.	7:1	9
113	2002	sep.	4:1	8
113	2002	okt.	3:1	6

5 SKLEPI

Pri navadni jelki je anatomska zgradba floemske branike odvisna od njene širine. V preučevanih vzorcih je bila floemska branika široka od pet do 11 slojev sitastih celic. Struktura ranega floema je bila v vseh primerih bolj ali manj enotna.

Rani floem je bil v splošnem sestavljen iz treh do štirih slojev sitastih celic z velikimi radialnimi dimenzijami in tankimi, nelognificiranimi celičnimi stenami. Bolj ali manj sklenjen tangencialni pas aksialnega parenhima je ločil rani floem od kasnega. Pri ožjih floemskih branikah (pet slojev sitastih celic) aksialni parenhim ni bil sklenjen in je v nekaterih primerih celo izostal. Kasni floem je bil najpogosteje sestavljen iz enega do treh slojev sitastih celic, ki so imele manjše radialne dimenzije in debelejše, nelognificirane celične stene. Pri širokih floemskih prirastkih (osem, devet in enajst slojev celic) se je v kasnem floemu priložnostno pojavil še drugi, nesklenjen pas aksialnega parenhima.

Pri ozkih floemskih branikah, sestavljenih iz pet do šest slojev celic, je bil delež ranega floema večji od kasnega, pri širših branikah (11 slojev celic) pa se je razmerje obrnilo.

Delitve kambijevih celic so bile na ksilemsko stran intenzivnejše, saj je bil v vseh primerih ksilemski prirastek nekajkrat večji od floemskega (od 2:1 do 21:1). Ksilemske branike proučevanih vzorcev pri navadni jelki so bile široke od osem do 177 slojev celic.

Variabilnost v številu celic po obodu posameznega drevesa je bila na ksilemski strani večja (do 103 slojev celic), kot na floemski (do štiri sloje celic).

Dormantna kambijeva cona je vsebovala od pet do 11 slojev celic. Pri majhnem številu celic v kambijevi coni (pet ali šest slojev celic) sta bila ksilemski in floemski prirastek ozka, pri velikem številu celic (devet, 10 in 11 slojev celic) pa široka. Število celic v dormantni kambijevi coni, torej odraža število celic v ksilemskem in floemskem prirastku.

6 POVZETEK

Pri navidezno zdravih navadnih jelkah (*Abies alba* Mill.) smo proučili anatomsko zgradbo floemske branike glede na njeno širino. Določili smo razmerje med floemskim in ksilemskim prirastkom in preučili variabilnost v številu celic floemskih in ksilemskih branik po obodu posameznega drevesa. Raziskali smo zvezo med širino floemske in ksilemske branike ter številom celic v dormantni kambijevi coni.

Vzorčna drevesa je predstavljalo deset navidezno zdravih odraslih jelk z Ravnika (600 m n.m.) pri Planini. Iz živih dreves smo v prsni višini (1,3 m nad tlemi) odvzemali intaktne vzorce tkiv ($1 \times 1 \times 3 \text{ cm}^3$), ki so zajemali notranji del floema, kambijevo cono in zunanji del ksilema. Vzorčenje smo opravili v dormantnih obdobjih 2001 in 2002 (oktober 01, november 01, marec 02, maju 02, september 02 in oktober 02). Vzorce smo takoj po odvzemu fiksirali v FAA (formalin, etanol, ocetna kislina) in dehidrirali v etanolni vrsti (30%, 50% in 70%). Z jeklenimi noži in drsnim mikrotomom Leica SM 2000R smo pripravili rezine za trajne anatomske preparate prečnih prerezov, ki smo jihobarvali z barviloma safranin in astra modro. Mikroskopske preiskave in meritve smo opravili s svetlobnim mikroskopom Nikon Eclipse E800 (presevna mikroskopija in polarizirana svetloba) ter s sistemom za analizo slike Lucia G 4.8. Za obdelavo podatkov smo uporabili program Microsoft Excel.

Celice kambijkeve cone smo določili po modroobarvanih primarnih celičnih stenah in ozkih radialnih dimenzijah. Floemske sitaste celice smo identificirali po nelognificiranih, modroobarvanih sekundarnih celičnih stenah. Celice aksialnega floemskega parenhima smo prepoznali po obarvani vsebini v celičnih lumnih. Za ksilemske celice pa so bile značilne lignificirane, rdeče obarvane celične stene in prazni lumni.

Pri navadni jelki je anatomska zgradba floemske branike odvisna od njene širine. V preučevanih vzorcih je bila floemska branika široka od pet do 11 slojev sitastih celic. Struktura ranega floema je bila v vseh primerih bolj ali manj enotna.

Rani floem je bil v splošnem sestavljen iz treh do štirih slojev sitastih celic z velikimi radialnimi dimenzijami in tankimi, nelognificiranimi celičnimi stenami. Bolj ali manj sklenjen tangencialni pas aksialnega parenhima je ločil rani floem od kasnega. Pri ožjih floemskih branikah (pet slojev sitastih celic) aksialni parenhim ni bil sklenjen in je v nekaterih primerih celo izostal. Kasni floem je bil najpogosteje sestavljen iz enega do treh slojev sitastih celic, ki so imele manjše radialne dimenzije in debelejše, nelognificirane celične stene. Pri širokih floemskih prirastkih (osem, devet in enajst slojev celic) se je v kasnem floemu priložnostno pojavil še drugi, nesklenjen pas aksialnega parenhima.

Pri ozkih floemskih branikah, sestavljenih iz pet do šest slojev celic, je bil delež ranega floema večji od kasnega, pri širših branikah (11 slojev celic) pa se je razmerje obrnilo.

Delitve kambijevih celic so bile na ksilemsko stran intenzivnejše, saj je bil v vseh primerih ksilemski prirastek nekajkrat širši od floemskega (od 2:1 do 21:1). Ksilemske branike proučevanih vzorcev pri navadni jelki so bile široke med osem in 177 slojev celic.

Variabilnost v številu celic po obodu posameznega drevesa je bila na ksilemski strani večja (do 103 slojev celic), kot na floemski (do štiri sloje celic).

Dormantna kambijeva cona je vsebovala od pet do 11 slojev celic. Pri majhnem številu celic v kambijevi coni (pet ali šest slojev celic) sta bila ksilemski in floemski prirastek ozka, pri velikem številu celic (devet, 10 in 11 slojev celic) pa je bilo ravno obratno. Število celic v dormantni kambijevi coni, torej odraža število celic v ksilemskem in floemskem prirastku.

7 VIRI

- Čufar K. 1990. Električna upornost tkiv, prirastne značilnosti in odziv na poškodbe pri zdravih in obolelih jelkah. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 167 str.
- Čufar K. 1997. Umiranje jelke (*Abies alba* Mill.) v Sloveniji: pregled raziskav katedre za tehnologijo lesa. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52: 165-186
- Čufar K. 2001. Anatomija lesa. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 120 str.
- Fengel D., Wegener G. 1989. Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Berlin, Walter de Gruyter: 613 str.
- Gričar J., Čufar K., Oven P., Schmitt U. 2005a. Differentiation of terminal latewood tracheids in silver during autumn. Annals of Botany, 95: 959-965
- Gričar J., Čufar K., Oven P. 2005b. Sezonska dinamika ksilogeneze in floemogeneze pri navadni jelki (*Abies alba* Mill), Zbornik gozdarstva in lesarstva, 78: 57-68
- Holdheide W. 1951. Anatomie mitteleuropäischer Gehölzrinden (mit mikrophotographischem Atlas). V: Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Freund H. (ed.). Frankfurt am Main, Umschau Verlag: 193-365
- Larson P. R. 1994. The vascular cambium. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag,: 725 str.
- Levanič T. 1999. Računalniško podprtta analiza slike mikro- in makroobjektov. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 59: 141-167

Oven P. 1993. Anatomija skorje in njen odziv na mehanska poškodovanja pri zdravih in prizadetih jelkah (*Abies alba* Mill.). Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 97 str.

Oven P. 1997. Odziv sekundarnega floema in ksilema ter kambija na mehanske poškodbe bele jelke (*Abies alba* Mill.), navadne smreke (*Picea abies* Karst.), rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.) in evropskega macesna (*Larix decidua* Mill.). Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 167 str.

Oven P. 1999. Odziv drevesnih tkiv na poškodbe in infekcijo. 2. Kambijeva cona. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 58: 189-217

Torelli N. 1990. Les in skorja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 70 str.

Torelli N. 1998. Zunaj kambijska rast celic v lesu dvokaličnic. Les, 50, 10: 293-298

Torelli N. 2000. Ksilogeneza. Les, 52, 10: 325- 335

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Katarini Čufar, da mi je omogočila izdelavo diplomske naloge v Katedri za tehnologijo lesa. Hvala tudi za strokovne napotke, zaupanje in vsestransko pomoč tekom izdelave diplomske naloge.

Zahvaljujem se recenzentu prof. dr. Primožu Ovnu za skrben pregled in strokovne predloge izboljšav diplomske naloge.

Jožici Gričar se iskreno zahvaljujem za nesebično vsestransko pomoč, učenje, koristne nasvete in vodenje skozi celotno izdelavo diplomske naloge.

Zahvaljujem se strokovnemu sodelavcu Martinu Zupančiču univ. dipl. inž. in Petru Cundru inž., za terenski odvzem vzorcev in izdelavo kvalitetnih preparatov.

Iskrena hvala mladima raziskovalcema Leni in Maksu ter ponovno vsem zgoraj naštetim za prijateljski odnos, nesebično pomoč in vsestransko razširjanje obzorja na področju lesarstva. Opravljanje diplomske naloge mi je bilo zaradi vas v veselje.

Na koncu se s spoštovanjem zahvaljujem svoji družini, ki mi je skozi celoten študij nudila tako moralno kot finančno podporo.

Vsem iskrena Hvala!

PRILOGE

Priloga A: Zgradba floema in pripadajoče število floemskih slojev celic z oznakami vzorcev, pri navadnih jelkah.

Priloga B: Ksilemski in floemski prirastek ter število slojev celic dormantne kambijeve cone, pri preučevanih vzorcih navadne jelke.

Priloga C: Povprečni ksilemski in floemski prirastek, pri različnem številu slojev celic v kambijevi coni, pri navadnih jelkah.

PRILOGE

Priloga A: Zgradba floema in pripadajoče število floemskeih slojev celic z oznakami vzorcev, pri navadnih jelkah.

KF – sitaste celice kasnega floema, RF – sitaste celice ranega floema, AP1 - prvi pas aksialnega floemskega parenhima, AP2 – drugi pas aksialnega floemskega parenhima. Število pred kraticami pomeni število slojev celic. *180–01–okt – floem porušen

Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzema	Zgradba floemske branike			Št. slojev celic v floemski braniki
			1. meritev	2. meritev	3. meritev	
90	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-4RF	6
90	2001	maj	API-4RF	2KF-4RF	2KF-3RF	5
90	2001	okt.	1KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	5
90	2001	nov.	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	3KF-AP1-4RF	7
90	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-4RF	7
90	2002	okt.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	3KF-3RF	6
61	2001	mar.	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-4RF	6
61	2001	maj	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	3KF-4RF	7
61	2001	okt.	1KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-3RF	5
61	2001	nov.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-5RF	8
61	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	3KF-4RF	7
61	2002	okt.	2KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	3KF-3RF	6
54	2001	mar.	4KF-AP1-4RF	4-KF-AP1-5RF	5-KF-AP1-3RF	9
54	2001	maj	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	6
54	2001	okt.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	6
54	2001	nov.	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	6
54	2002	sep.	3KF-AP1-3RF	3KF-2AP1-4RF	4KF-AP1-3RF	8
54	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-AP1-4RF	7
300	2001	mar.	2KF-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-AP1-3RF	6
300	2001	maj	2KF-4RF	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-5RF	6
300	2001	okt.	5-RF	5-RF	5-RF	5
300	2001	nov.	1KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	6
300	2002	sep.	5RF	5RF	5RF	5
300	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-4RF	2KF-AP1-4RF	7
180	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-AP1-3RF	6
180	2001	maj	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	7
180	2001	okt.	/	/	/	/
180	2001	nov.	3KF-AP1-4RF	4KF-AP1-4RF	3KF-4RF	9
180	2002	sep.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	7
180	2002	okt.	2KF-AP2-3KF-AP1-3RF	3KF-AP2-2KF-AP2-1KF-AP1-3RF	5KF-AP1-4RF	11
163	2001	mar.	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-5RF	2KF-AP1-4RF	7
163	2001	maj	2KF-AP1-5RF	3KF-AP1-5RF	3KF-5RF	8
163	2001	okt.	1KF-AP1-4RF	API-5RF	1KF-AP1-4RF	6
163	2001	nov.	1KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-AP1-4RF	6
163	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
163	2002	okt.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
151	2001	mar.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-4RF	7
151	2001	maj	2KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-4RF	7
151	2001	okt.	3KF-AP1-3RF	4KF-AP1-3RF	4KF-3RF	7
151	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	7
151	2002	sep.	2KF-AP2-3KF-AP1-3RF	2KF-AP2-1KF-AP1-4RF	5KF-AP1-3RF	9
151	2002	okt.	1KF-AP2-2KF-AP1-3RF	1KF-AP2-2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-3RF	8
147	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
147	2001	maj	2KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	6
147	2001	okt.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	6
147	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	6
147	2002	sep.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
147	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	6
141	2001	mar.	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-4RF	6
141	2001	maj	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	2KF-AP1-4RF	7
141	2001	okt.	2KF-AP1-4RF	1KF-AP1-3RF	2KF-AP1-3RF	6
141	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	7
141	2002	sep.	2KF-AP1-4RF	4KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	8
141	2002	okt.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	7
113	2001	mar.	3KF-AP1-3RF	1KF-AP1-4RF	2KF-4RF	6
113	2001	maj	2KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	3KF-3RF	6
113	2001	okt.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	5KF-AP1-3RF	8
113	2001	nov.	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-AP1-4RF	7
113	2002	sep.	4KF-AP1-4RF	3KF-AP1-3RF	2KF-AP1-4RF	8
113	2002	okt.	2KF-AP1-3RF	3KF-AP1-3RF	3KF-3RF	6

Priloga B: Ksilemski in floemski prirastek ter število slojev celic dormantne kambijeve cone, pri preučevanih vzorcih navadne jelke. Podatki za maj manjkajo, ker je bila kambijeva cona aktivna. *180–01–okt – floem porušen

Št. drevesa	Leto branike	Mesec odvzema	Št. slojev celic v ksilemski braniki	Št. slojev celic v floemski braniki	Št. slojev celic kambijeve cone
90	2001	mar.	35	6	6
90	2001	maj	23	5	/
90	2001	okt.	15	5	5
90	2001	nov.	37	7	8
90	2002	sep.	59	7	9
90	2002	okt.	17	6	6
61	2001	mar.	41	6	7
61	2001	maj	50	7	/
61	2001	okt.	38	5	8
61	2001	nov.	61	8	9
61	2002	sep.	29	7	7
61	2002	okt.	25	6	6
54	2001	mar.	61	9	7
54	2001	maj	28	6	/
54	2001	okt.	51	6	7
54	2001	nov.	52	6	7
54	2002	sep.	57	8	8
54	2002	okt.	26	7	6
300	2001	mar.	35	6	6
300	2001	maj	21	6	/
300	2001	okt.	10	5	6
300	2001	nov.	30	6	6
300	2002	sep.	8	5	5
300	2002	okt.	21	7	7
180	2001	mar.	106	6	8
180	2001	maj	150	7	/
180	2001	okt.	108	/	10
180	2001	nov.	136	9	9
180	2002	sep.	74	7	8
180	2002	okt.	177	11	10
163	2001	mar.	60	7	8
163	2001	maj	41	8	/
163	2001	okt.	40	6	7
163	2001	nov.	57	6	8
163	2002	sep.	37	6	7
163	2002	okt.	32	6	8
151	2001	mar.	129	7	9
151	2001	maj	112	7	/
151	2001	okt.	125	7	11
151	2001	nov.	61	7	8
151	2002	sep.	173	9	9
151	2002	okt.	144	8	9
147	2001	mar.	78	6	7
147	2001	maj	53	6	/
147	2001	okt.	66	6	8
147	2001	nov.	79	6	8
147	2002	sep.	90	6	7
147	2002	okt.	63	6	9
141	2001	mar.	77	6	7
141	2001	maj	75	7	/
141	2001	okt.	57	6	8
141	2001	nov.	105	7	9
141	2002	sep.	124	8	10
141	2002	okt.	114	7	7
113	2001	mar.	46	6	6
113	2001	maj	58	6	/
113	2001	okt.	130	8	11
113	2001	nov.	48	7	9
113	2002	sep.	27	8	8
113	2002	okt.	19	6	6

Priloga C: Povprečni ksilemski in floemski prirasteek, pri različnem številu slojev celic v kambijevi coni, pri navadnih jelkah.

Št. slojev celic kambijkeve cone	Št. slojev celic v ksilemski braniki	Št. slojev celic v floemski braniki
5	12	5
6	27	6
7	58	6
8	58	6
9	102	8
10	136	10
11	128	8
Povprečje: 7		

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Luka KRŽE

**RAZMERJE MED KSILEMSKIM IN FLOEMSKIM
PRIRASTKOM PRI RAZLIČNO VITALNIH JELKAH
(*Abies alba* Mill.)**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2006