

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boštjan PACEK

**VARIABILNOST DINAMIKE NASTAJANJA LESA
PRI SMREKAH S POKLJUKE V LETIH
2005, 2006, 2007**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boštjan PACEK

**VARIABILNOST DINAMIKE NASTAJANJA LESA PRI SMREKAH S
POKLJUKE V LETIH 2005, 2006, 2007**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**VARIABILITY OF WOOD FORMATION DYNAMICS IN SPRUCE
FROM POKLJUKA IN YEARS 2005, 2006, 2007**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

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 izdelani preparati, opravljena je bila analiza slike ter statistična obdelava podatkov.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Primoža Ovna, za recenzenta pa doc. dr. Tomislava Levaniča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Boštjan Pacek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*811
KG	kambijeva aktivnost/nastanek lesa/pining/Pokljuka/smreka/(<i>Picea abies</i> (L.) Karst)
AV	PACEK, Boštjan
SA	OVEN, Primož (mentor)/ LEVANIČ, Tom (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	VARIABILNOST DINAMIKE NASTAJANJA LESA PRI SMREKAH S POKLJUKE V LETIH 2005, 2006, 2007
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VIII, 34 str., 44 sl., 12 pril., 18 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Z metodo »pining« smo na Pokljuki v letih 2005, 2006 in 2007 raziskovali nastajanje ksilema in s tem variabilnost dinamike nastajanja lesa pri petih različnih smrekah. Enkrat tedensko smo jih poškodovali z iglo. Začeli smo v letu 2005 (od 11. 5. do 5. 10.), nadaljevali v letu 2006 (od 12. 5. do 11. 10.) in nato še v letu 2007 (od 26. 4. do 12. 9.), nato pa so drevesa posekali. V tem času je nastalo 197 anatomskih preparatov, ki smo jih pripravili za mikroskopijo. Ranitev z iglo je povzročila nekrozo kambija, nastanek kalusa in ranitvenega lesa. Zaradi ranitve z metodo »pining« smo lahko določili začetek delitvene aktivnosti kambija. Ta je bil v različnih letih in pri posameznih drevesih precej različen. Najprej se je delitev začela v letu 2007 pri smrekah 1 in 2 že v času od 3. 5. – 11. 5., pri smrekah 3, 5 in 6 pa od 11. 5. – 18. 5., nato v letu 2005 pri smrekah 1, 2 in 6 v času od 25. 5. – 1. 6. 2005 ter pri smrekah 3 in 5 teden kasneje, od 1. 6. – 8. 6. 2005, in na koncu v letu 2006 pri smrekah 1, 2 in 6 v času od 23. 5. – 1. 6. 2006, medtem ko pri smrekah 3 in 5 šele od 14. 6 – 21. 6. 2006. Tudi zaključek rastne sezone je bil pri posameznih drevesih različen; najprej se je kambijeva delitvena aktivnost zaključila v letu 2007 pri smrekah 3, 5 in 6 v tednu od 2. 8. – 8. 8. 2007, pri smreki 1 od 8. 8. – 16. 8. 2007 in smreki 2 od 16. 8. – 22. 8. 2007, nato v letu 2006 pri smreki 3 v tednu od 2. 8. – 8. 8. 2006, sledile so smreke 1, 5 in 6 od 16. 8. – 24. 8. 2006 ter pri smreki 2 od 30. 8. – 6. 9. 2006, najdlje pa je trajala v letu 2005, ko se je najprej zaključila pri smreki 3 v tednu od 17. 8. – 24. 8. 2005, sledile so smreke 1, 2 in 5, kjer se je delitvena aktivnost zaključila od 24. 8. – 31. 8. 2005, nazadnje pa še pri smreki 6, od 31. 8. – 7. 9. 2005. Na začetek in konec delitvene aktivnosti kambijeve cone lahko vpliva zdravstveno stanje posameznega drevesa, prav tako pa so pomembni tudi zunanji dejavniki, kot so temperatura in padavine.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*811
CX cambial activity/wood formation/pinning/Pokljuka/Norway spruce/*Picea abies* (L.) Karst)
AU PACEK, Boštjan
AA OVEN, Primož (supervisor)/ LEVANIČ, Tom (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina C. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2016
TI VARIABILITY DYNAMICS OF WOOD FORMATION IN SPRUCE FROM POKLJUKA IN YEARS 2005, 2006, 2007
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO VIII, 34 p., 44 fig., 12 ann., 18 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The study of the formation of xylem and the variability of wood formation dynamics in five different spruces on Pokljuka in 2005, 2006 and 2007 was conducted by using the 'pinning' method. All the trees were pinned once a week with a needle. The pinning started in 2005 (from 11. 5. to 5. 10.), continued in 2006 (from 12. 5. to 11. 10.), and finished in 2007 (from 26. 4. to 12. 9.), after which the trees were cut down. 197 anatomical specimens were extracted and prepared for microscopy. Pinning caused necrosis of cambial cells, the formation of callus and typical wound wood. The method enabled us to determine the start of cambium division activity, which differed significantly in all three years and for individual trees. The cambium activity started first in 2007, in spruces 1 and 2 as early as 3. 5. – 11. 5., and in spruces 3, 5 and 6 between 11. 5. – 18. 5. In 2005, the cambium activity took place in the period from 25. 5. – 1. 6. 2005 in spruces 1, 2, and 6, while in spruces 3 and 5, it happened a week later, from 1. 6. – 8. 6. 2005. Finally, in 2006, it started in spruces 1, 2 and 6 in the period from 23. 5. – 1. 6. 2006, and only between 14. 6. – 21. 6. 2006 in spruces 3 and 5. The end of growing season differed for individual trees as well. Cambium division activity finished first in 2007 in spruces 3, 5 and 6 in the week between 2. 8. – 8. 8. 2007, in spruce 1 between 8. 8. – 16. 8. 2007 and in spruce 2 between 16. 8. – 22. 8. 2007. In 2006, it finished between 2. 8. – 8. 8. 2006 in spruce 3, followed by spruces 1, 5 and 6 between 16. 8. – 24. 8. 2006, and between 30. 8. – 6. 9. 2006 in spruce 2. The longest cambium activity took place in 2005, with the first finish during the week of 17. 8. – 24. 8. 2005 in spruce 3, followed by spruces 1, 2 and 5 between 24. 8. – 31. 8. 2005 and finally by spruce 6 between 31. 8. – 7. 9. 2005. The beginning and the end of the division activities in the cambial zone are affected by the health status of individual trees, as well as by external factors, e.g. temperature and precipitation.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VI
KAZALO PRILOG	VIII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 DENDROLOŠKI OPIS SMREKE (povzeto po Brus, 2011)	2
2.2 ZGRADBA SMREKOVINE	2
2.2.1 Makroskopska zgradba	2
2.2.2 Mikroskopska zgradba	3
2.3 NASTANEK LESA	3
2.3.1 Diferenciacija traheid	3
2.4 METODA PINING	4
3 MATERIAL IN METODE	6
3.1 OPIS RAZISKOVALNIH PLOSKEV IN POSKUSNIH DREVES	6
3.2 ZASTAVITEV POSKUSOV	6
3.3 POSEK DREVES IN OBDELAVA VZORCEV V DELAVNICI	9
3.4 IZDELAVA ANATOMSKIH PREPARATOV	9
3.5 HISTOMETRIJA	9
4. REZULTATI IN RAZPRAVA	11
4.1 ANATOMSKI ZNAKI ZA DOLOČANJE KSILEMSKEGA PRIRASTKA Z METODO PINING	11
4.2 TRAJANJE SEZONSKE AKTIVNOSTI KAMBIJA IN DINAMIKA NASTAJANJA LESA	12
4.2.1 Dinamika nastajanja ksilemske branike v letu 2005	14
4.2.2 Dinamika nastajanja ksilemske branike v letu 2006	17
4.2.3 Dinamika nastajanja ksilemske branike v letu 2007	19
4.2.4 Primerjava nastajanja lesa v treh zaporednih letih za posamezno drevo	22
4.2.5 Primerjava nastajanja lesa pri preiskanih drevesih	28
5 SKLEPI	31
6 POVZETEK	32
7 VIRI	33
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Shematski prikaz oblikovanja traheide iz kambijeve celice (Gričar, 2010)	4
Slika 2: Shema odziva tkiv na vbodno iglo pri <i>Pinus taeda</i> (Demšar, 2004)	5
Slika 3: Prikaz označbe segmentov v naravnem okolju	7
Slika 4: Prikaz segmentov in vbodov na posamezni smreki	7
Slika 5: Shematski prikaz z iglo prebodenih tkiv v prečnem prerezu (Gričar, 2006)	8
Slika 6: Shematski prikaz razporeditev vbodov v prečnem prerezu na enem nivoju	8
Slika 7: Prikaz merilnih mest in merjenih znakov na vzorcu	10
Slika 8: Kambijeva aktivnost se še ni začela	11
Slika 9: Traheide med letnico in kalusom kažejo na začetek kambijeve aktivnosti	11
Slika 10: Konec kambijeve aktivnosti	12
Slika 11: Nastanek kalusa (K), travmatskih smolnih kanalov (TSK), poranitvenega lesa (PL) in ksilemski prirastek (KS)	12
Slika 12: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti v letu 2005	13
Slika 13: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti v letu 2006	13
Slika 14: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti v letu 2007	14
Slika 15: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 1 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	15
Slika 16: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 2 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	15
Slika 17: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 3 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	15
Slika 18: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 5 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	16
Slika 19: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 6 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	16
Slika 20: Povprečno tedensko nastajanje lesa za vseh pet dreves v letu 2005, izraženo kot število celic in širina prirastka	16
Slika 21: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 1 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	17
Slika 22: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 2 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	18
Slika 23: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 3 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	18
Slika 24: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 5 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	18
Slika 25: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 6 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	19
Slika 26: Povprečno tedensko nastajanje lesa za vseh pet dreves v letu 2006, izraženo kot	

število celic in širina prirastka	19
Slika 27: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 1 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	20
Slika 28: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 2 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	20
Slika 29: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 3 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	21
Slika 30: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 5 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	21
Slika 31: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 6 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka	22
Slika 32: Povprečno tedensko nastajanje lesa za vseh pet dreves v letu 2007, izraženo kot število celic in širina prirastka	22
Slika 33: Primerjava nastanka števila celic smreke št. 1 v letih 2005, 2006 in 2007	23
Slika 34: Primerjava nastajanja števila celic smreke št. 2 v letih 2005, 2006 in 2007	23
Slika 35: Primerjava nastajanja števila celic smreke št. 3 v letih 2005, 2006 in 2007	24
Slika 36: Primerjava nastajanja števila celic smreke št. 5 v letih 2005, 2006 in 2007	24
Slika 37: Primerjava nastajanja števila celic smreke št. 6 v letih 2005, 2006 in 2007	25
Slika 38: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 1 v letih 2005, 2006 in 2007	25
Slika 39: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 2 v letih 2005, 2006 in 2007	26
Slika 40: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 3 v letih 2005, 2006 in 2007	26
Slika 41: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 5 v letih 2005, 2006 in 2007	27
Slika 42: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 6 v letih 2005, 2006 in 2007	27
Slika 43: Primerjava povprečnega števila celic glede na tedne za vsa tri leta pri vsakem posameznem drevesu	28
Slika 44: Primerjava povprečne širine prirastka (μm) glede na tedne za vsa tri leta pri vsakem posameznem drevesu	29
Slika 45: Primerjava povprečnega števila celic vseh petih dreves za posamezno leto	29
Slika 46: Primerjava povprečne širine prirastka (μm) vseh petih dreves za posamezno leto	30

KAZALO PRILOG

- Preglednica 1: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 1 v letih 2005, 2006 in 2007
- Preglednica 2: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 2 v letih 2005, 2006 in 2007
- Preglednica 3: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 3 v letih 2005, 2006 in 2007
- Preglednica 4: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 5 v letih 2005, 2006 in 2007
- Preglednica 5: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 6 v letih 2005, 2006 in 2007
- Preglednica 6: Število celic v zaključni braniki in prirastek št. celic do datuma ranitve v letu 2005
- Preglednica 7: Širina zaključne branike in širina prirastka do datuma ranitve v letu 2005
- Preglednica 8: Število celic v zaključni braniki in prirastek št. celic do datuma ranitve v letu 2006
- Preglednica 9: Širina zaključne branike in širina prirastka do datuma ranitve v letu 2006
- Preglednica 10: Število celic v zaključni braniki in prirastek št. celic do datuma ranitve v letu 2007
- Preglednica 11: Širina zaključne branike in širina prirastka do datuma ranitve v letu 2007
- Preglednica 12: Zaporedne številke, datumi vbodov in barve preparatov uporabljene za asnociranje vbodov pri smrekah v letih 2005, 2006 in 2007

1 UVOD

Sezonska dinamika rasti dreves se v zadnjem času uveljavlja kot pomemben kazalnik vpliva spreminjajočih se klimatskih razmer na ekosistem. V Sloveniji je bilo največ raziskav o kambijevi aktivnosti in sezonski dinamiki nastajanja lesa opravljeno na smreki in bukvi.

Na predalpskem rastišču Pokljuke so sodelavci Oddelka za lesarstvo in Gozdarskega inštituta Slovenije raziskovali dinamiko kambijske rasti v letih 2005, 2006 in 2007. Z razliko od prejšnjih raziskav (Demšar, 2004; Zupan, 2005) so bile v zadnjem tri-letnem obdobju preiskovana vedno ista drevesa. Raziskovalna metoda je bila metoda »pining«.

Cilj pričujoče diplomske naloge je bil raziskati dinamiko kambijeve aktivnosti in dinamiko nastajanja lesa pri petih smrekah s Pokljuke v rastni sezoni 2005, 2006 in 2007.

2 PREGLED OBJAV

2.1 DENDROLOŠKI OPIS SMREKE (povzeto po Brus, 2011)

Navadna smreka (*Picea abies*) je vedno zeleno do 50 m visoko in do 2 m debelo iglasto drevo s stožčasto krošnjo. Ima plitev koreninski sistem, čigar globina je močno odvisna od vrste tal. Deblo je ravno in polnolesno, veje izraščajo v izrazitih vejnih vencih, skorja pa je rdečkasta. Je enodomna in vetrocvetna vrsta, ki cveti aprila in maja in se večinoma razmnožuje s semeni. Ženska storžasta socvetja se po oploditvi razvijejo v storže, pod vsako plodno lusko pa se razvijeta dve krilati semeni (Brus, 2011).

Navadna smreka je zelo prilagodljiva vrsta. Zadovolji se z zelo kratkim vegetacijskim obdobjem, odporna je proti mrazu in nizki temperaturi, ne prenaša pa suše in vročine ter onesnaženega zraka, zato je značilna vrsta hladnih rastišč. Je značilna borealno alpska vrsta, ki v Sloveniji uspeva le v Alpah, predvsem na Jelovici, Pokljuki in na Pohorju, ter Dinaridih, na Snežniku, Trnovski planoti in na Kočevskem (Brus, 2011).

2.1.1 Lastnosti lesa in njegova uporaba

Smrekovina je mehak in elastičen les, ki se lahko cepi in lušči brez težav. Obdeluje se z lahkoto, saj je malo nagnjena k zvijanju in pokaanju (Čufar, 2006).

V Sloveniji je to daleč najpogostejši les, ki se ga uporablja od gradbene, pohištvene pa do papirne industrije. Na območju Jelovice, Pokljuke in Drage na Kočevskem uspeva tudi najboljša resonančna smreka, z lesom katere izdelujejo ohišja godal. Pri smreki pa ni uporaben samo les: iz iglic pridobivajo eterična olja, skorjo uporabljajo za strojenje, iz smreke pa pridobivajo tudi terpentin (Brus, 2011).

2.2 ZGRADBA SMREKOVINE

2.2.1 Makroskopska zgradba

Les smreke je večinoma rumenkastobel s svilnatim leskom, postopoma pa se s starostjo spreminja v rumenkastorjavega. Beljava in jedrovina se barvno ne ločita, gre torej za les z neobarvano jedrovino (Čufar, 2006).

Branike so razločne in različnih širin, od ozkih do zelo širokih. Pogost je pojav smolnih žepkov, normalni smolni kanali, ki jih ima samo smrekovina, pa so glavni znak za ločevanje od jelovine, s katero sta si drugače zelo podobni. Svež les diši po smoli (Čufar, 2006).

2.2.2 Mikroskopska zgradba

Večji del tkiva iglavcev predstavljajo traheide (do 95 %), ki so neperforirane lesne celice dolžine med 3000 in 5000 μm in so urejene v radialnih nizih. Med seboj se povezujejo z obokanimi piknjami, preko katerih poteka tudi njihova komunikacija. Pri večini domačih iglavcev ločimo rani, prehodni in kasni les, pri čemer imajo traheide ranega lesa tanke celične stene, velike lumne in velike radialne dimenzije, traheide kasnega lesa pa imajo debele stene, ozke lumne in manjše radialne dimenzije (Čufar, 2006).

Na trakovno tkivo odpade največ 10 % lesa, ki je lahko zgrajeno le iz parenhimskih celic (homocelularni trakovi) ali kot pri smreki iz parenhimskih celic in trakovnih traheid (heterocelularni trakovi). Komunikacija med parenhimskimi celicami poteka preko enostavnih pikenj, trakovne traheide pa so med seboj in z aksialnimi traheidami povezane z obokanimi piknjami (Čufar, 2006).

2.3 NASTANEK LESA

Les, strokovno imenovan sekundarni ksilem, je glavno mehansko in za vodo prevodno tkivo debel in korenin, za katerega so značilni trahealni elementi (Torelli, 1990).

Les nastaja v procesu ksilogeneze, ki je produkt centripentalne delitve vaskularnega kambija. Vaskularni kambij, ali kratko kambij, sestavljajo kambijeve inicialke, ki skupaj z materinskimi celicami tvorijo sekundarni floem in sekundarni ksilem. V kambijevi coni se število celic, njihova velikost in oblika stalno spreminjajo, potekajo aditivne in multiplikativne celične delitve. Pri aditivnih delitvah se dodajajo nove celice ksilemu in floemu, pri multiplikativnih pa kambij povečuje svoj obseg oziroma površino, saj gre za razmnoževalne delitve, pri katerih nastajajo nove inicialke (Torelli, 1998, 2000).

2.3.1 Diferenciacija traheid

Po zadnji delitvi stopi celica v proces diferenciacije, to je specializacija celic, v kateri nastanejo različni tipi celic z različnimi funkcijskimi in strukturnimi lastnostmi. Proces obsega številne in med seboj povezane biokemijske, fiziološke in morfološke procese (Torelli, 1990, 1998).

Prva stopnja diferenciacije se imenuje determinacija, ki določa smer diferenciacije celice. Zaradi številnih biokemijskih in genetskih sprememb lahko nastane iz iste vretenaste inicialke vlakno ali trahejni člen. Druga faza je postkambijska rast celic, ki je površinska rast celice, pri kateri lahko celica nekajkrat poveča svoje dimenzije, smer, v kateri je rast najintenzivnejša, pa je odvisna od tipa celice. Raztezanje sten nastaja s pomočjo encimov, ki rahljajo celično steno in ji tako omogočajo raztezanje. Ko je primarna celična stena končana, se začne tretja faza, t.i. biosinteza sekundarne celične stene, ko začne nastajati

masivna, toga in večslojna sekundarna celična stena. Ta je sestavljena večinoma iz celuloznih in hemiceluloznih slojev, ki se v naslednji stopnji lignificirajo. Četrta stopnja, sinteza lignina oziroma olesenitev celičnih sten, je pomembna biokemična ter morfološka sprememba v rastlinski celici in je za rastline ključnega pomena, saj zagotavlja njihovo mehansko jakost in odpornost proti razkroju. Zadnja peta stopnja je t. i. programirana celična smrt. Gre za avtolizo citoplazme, tako da celice postanejo prazne cevi in so tako pripravljene za prevajano funkcijo v drevesu (Gričar, 2010).



Slika 1: Shematski prikaz oblikovanja traheide iz kambijeve celice (Gričar, 2010)

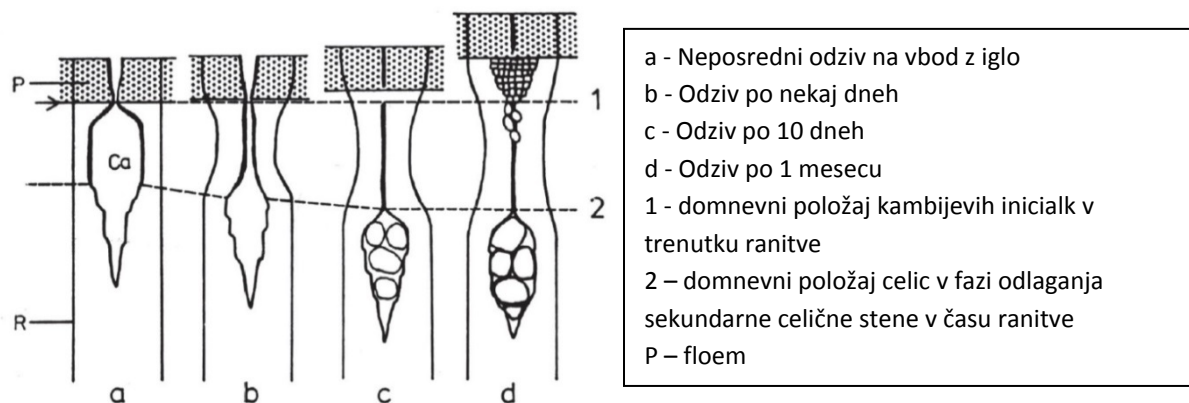
2.4 METODA PINING

Za raziskavo sezonske kambijeve delitvene aktivnosti in sezonske dinamike nastajanja ksilemske beranike obstaja več metod. Ena med njimi je metoda pinning, ki temelji na zelo majhni poškodbi kambija in njegovem odzivu na vbod z iglo premera 1 – 2 mm, s čimer je označen ksilemski prirastek, ki je nastal do trenutka poškodbe (Wolter, 1968).

Takšna minimalna poškodba povzroči odziv kambijevih celic in celic v zgodnjih fazah procesa diferenciacije v obliki nastanka kalusnega tkiva, ki se v braniki trajno ohrani in je prepoznaven tudi po več letih. Bistvena prednost te metode je natančno določen položaj kambijevih celic v času vboda z iglo. Prav tako je pomembno to, da je poškodba z iglo omejena na zelo ozko tkivno področje in ne vpliva na vitalnost celotnega drevesa. Na poškodbo z iglo so se zmožni odzvati le najmlajši ksilemski derivati in kambijeve celice. Pri mehanski poškodbi kambija prihaja do nastanka kalusa, poranitvenega lesa in pri iglavcih do travmatskih smolnih kanalov (Oven in sod., 2004).

Pri večini starejših raziskav narejenih s to metodo, je bi bilo v času največje kambijeve aktivnosti v istem dnevu narejenih več vbodov z iglo, vzorci pa so bili nato odvzeti v točno določenih intervalih. Na ta način je mogoče proučiti odziv kambija na poškodbo ter določiti čas in način nastanka kalusnega tkiva. Z metodo pinning je možno tudi slediti dinamiki kambijeve aktivnosti in nastanku sekundarnega ksilema med rastno sezono. Pri tovrstnih raziskavah, ki so jih izvedli Lukan (2004), Schmitt in sod. (2004), Demšar (2004)

in Zupan (2005), so vbodi narejeni v eno ali dvotedenskih intervalih, vzorci pa odvzeti po koncu rastne sezone (Gričar in sod., 2006).



Slika 2: Shema odziva tkiv na vbodno iglo pri *Pinus taeda* (Demšar, 2004)

Demšar (2004) navaja pomembne metodološke posebnosti metode pining, ki smo jih upoštevali tudi v naši raziskavi:

- ranitev z iglo povzroča izsušitev in diskoloracije ksilemskega tkiva v bližini igelnega kanala, nekrozo kambija ter nediferenciranih traheid, nastanek kalusa, ranitvenega lesa in travmatskih smolnih kanalov,
- lega kalusa v ksilemski braniki v grobem določa čas ranitve med rastno sezono,
- položaj travmatskih smolnih kanalov ni zanesljiv pokazatelj ksilemskega prirastka še zlasti ne v prvi polovici rastne sezone,
- meja med celicami radialne postkambialne rasti in odmrliimi kambijevimi celicami, ki se praviloma nahajajo v kalusu, predstavlja zanesljiv znak za določitev ksilemskega prirastka nastalega do dneva vboda,
- začetek delitvene aktivnosti kambija je z metodo pining mogoče določiti na osnovi razlikovanja med odmrliimi celicami kambija, nabrekliimi kambijevimi celicami in prvimi radialno povečanimi tankostenimi ksilemskimi derivati kambija, ki se praviloma nahaja v kalusu,
- med rastno sezono so radialne nize ksilemskih celic sestavljale diferencirane traheide, odmrle celice v fazi odlaganja sekundarne stene in mrtve celice v fazi radialne postkambialne rasti, ki so jim običajno sledile odmrle celice kambija,
- izostanek ranitvenih tkiv ob zaključku rastne sezone je zanesljiv znak, da kambijeva cona v trenutku ranitve z iglo ni bila več delitveno aktivna. (Demšar, 2004).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OPIS RAZISKOVALNIH PLOSKEV IN POSKUSNIH DREVES

Poskusna drevesa, navadne smreke (*Picea abies* (L.) Karst.), so bila izbrana na Pokljuki, na nadmorski višini 1260 – 1290 m.

Za to rastišče so značilne nizke temperature in večje količine snega, kar vpliva na dolžino vegetacijske dobe. Takšne mraziščne razmere ustvarjajo posebne razmere za rast smrekovih gozdov z acidofilnimi zeliščnimi in mahovnimi vrstami, hkrati pa je posledica tudi slabša rodovitnost tal. Les je zdrav in dobre kakovosti, le v nekaterih sekundarnih oblikah se pojavlja rdeča trohnoba (Gričar in sod., 2007).

Izbrali smo pet dreves s premerom v prsni višini med 33.5 – 40.5 cm in višino med 27.25 – 31.50m. Pri izboru smo upoštevali naslednje kriterije:

- 1) vsa drevesa so bila sorasla, 2 stopnja po Assmanu,
- 2) brez vidnih mehanskih poškodb na deblu in koreninah (drevesa niso smela imeti odlomljenih vrhov),
- 3) osutost krošnje (iglic) je bila pod 30%,
- 4) starost dreves naj bi bila okrog 70 let,
- 5) brez vidnih simptomov polucijskih poškodb in
- 6) izbrali smo samo centrična drevesa.

3.2 ZASTAVITEV POSKUSOV

Sodelavci Katedre za tehnologijo lesa, Oddelka za lesarstvo so izvajali eksperiment »pinning« tri leta zapored; od polovice maja do polovice oktobra 2005, od polovice maja do polovice oktobra 2006 in od konca aprila do polovice septembra leta 2007.

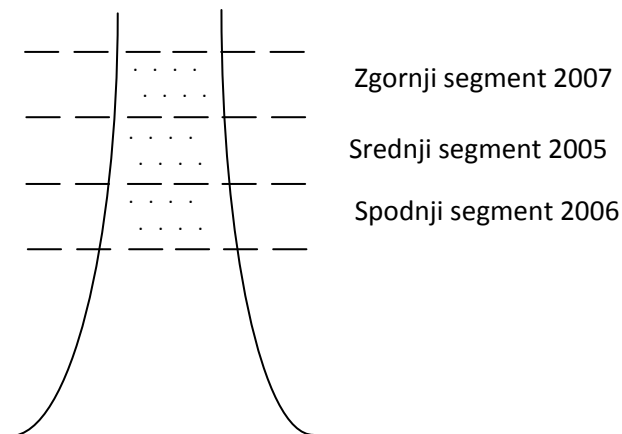
Smreke so v posamezni rastni sezoni vsak teden poškodovali z iglo. Tako je bilo v letu 2005 23 vbodov, leta 2006 22 vbodov in leta 2007 21 vbodov.

Na vsaki smreki so označili tri segmente (A, B, C), na katerih so predvideli postavitev poskusov. Vsak segment je bil od drugega oddaljen približno 30 cm. Na spodnjem segmentu so poskuse zastavili leta 2006, na srednjem leta 2005 in na zgornjem leta 2007.



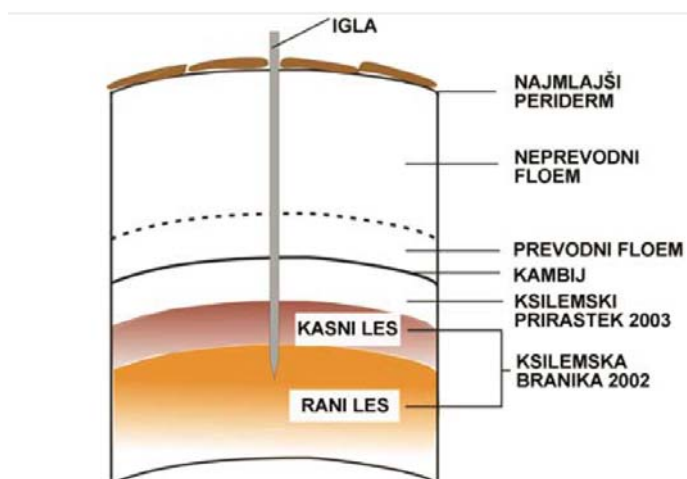
Slika 3: Prikaz označbe segmentov v naravnem okolju
Na deblih so nameščeni dendrometri za spremljanje nastajanja lesa

Na vsakem segmentu so razvrstili po tri špikljaje na eksperimentalni dan.



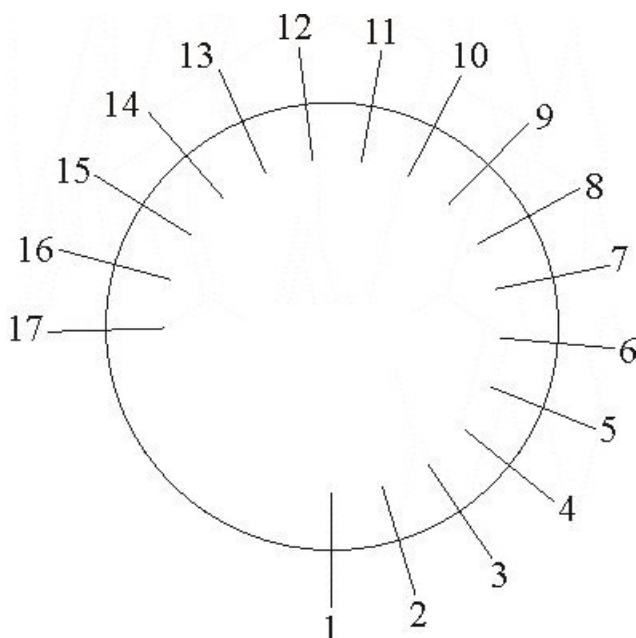
Slika 4: Prikaz segmentov in vbodov na posamezni smreki

Vsak teden so na vsakem drevesu naredili dve poškodbi na nivoju za tisto leto. Pred vsakim vbodom je bilo potrebno z dletom odstraniti del ritidoma. Igla za vbode, premera 1mm, je penetrirala skozi preostali del ritidoma, ličje, kambijevo cono ter skozi ksilemski prirastek, ki je nastal v posameznem letu (slika 5).



Slika 5: Shematski prikaz z iglo prebodenih tkiv v prečnem prerezu (Gričar, 2006)

Eksperiment se je začel 11. 5. 2005 in se v prvem letu zaključil po 23 tednih, 12. 10. 2005. Naslednje leto so z eksperimentom začeli 12. 5. 2006 in končali 11. 10. 2006. Zadnje leto so začeli 26. 4. 2007 in zaključili 12. 9. 2007. Posamezne vbode so označili z različnimi barvami. Razporeditev vbodov v prečnem prerezu prikazujejo, glede na posamično leto, (slika 6).



Slika 6: Shematski prikaz razporeditev vbodov v prečnem prerezu na enem nivoju

3.3 POSEK DREVES IN OBDELAVA VZORCEV V DELAVNICI

Po končanem triletnem testiranju so drevesa posekali. Tiste dele debel, na katerih so bili razvrščeni vbodi, so pripeljali v mizarsko delavnico Oddelka za lesarstvo. Tam so jih s tračno žago razžagali na kolute, pri tem pa so bili pozorni na lego vbodov, da so se le-ti nahajali približno na sredini debeline koluta. Nato so vzorce razžagali v radialni smeri, tako da se je vbod nahajal na sredini količka. Od koluta so nato z dletom ločili tisti vzorec, ki je vseboval zadnje tri ksilemske branike. Vzorec je vseboval ksilem, kambijevo cono in živo skorjo. Takšne vzorce so nato obdelali še na krožni žagi in jih označili. Dimenzije končnih vzorcev so znašale približno 1,5 cm x 1cm (skorja + tri branike). Vzorce so fiksirali še v FAA (25 ml 37% formalin, 25 ml 100% očetna kislina in 450 ml 50% etanol) in jih prinesli v laboratorij.

3.4 IZDELAVA ANATOMSKIH PREPARATOV

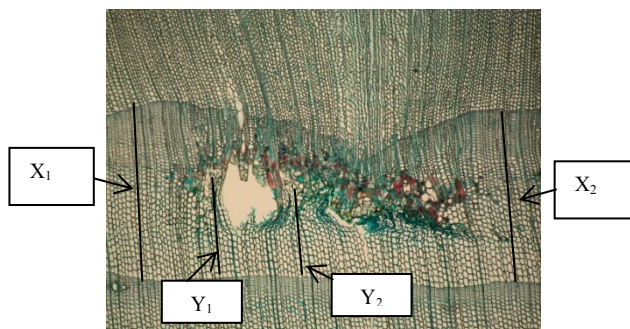
Vse anatomske preparate sva izdelala z mentorjem na Katedri za tehnologijo lesa. Vzorci so bili konzervirani v 50% alkoholu. Anatomske preparate smo najprej odstranili odvečni ritidom in ksilem ter s pomočjo mikrotoma Leica SM2000R odrezal histološke rezine. Tkiva smo nato s čopičem prenesli v urno steklo, v katerem je bilo barvilo safranin (0,5 % v 95% alkoholu), ki je lignin obarvalo rdeče. Anatomske preparate smo v tem barvilu pustili 5 – 10 minut, nato pa smo jih sprali tako, da smo jih namočili v 95% alkohol. Preparate smo nato za 30 sekund prestavili v drugo urno steklo, v katerem je bilo barvilo astra modro (0,5 % v 95% alkoholu + Thyomol). Tu se je obarvala predvsem celuloza. Zopet je sledilo spiranje s 95% alkoholom tako dolgo, da ni bilo več sledi barvil. Nato smo s pinceto preparate prenesli na čisto objektno steklo, pri čemer smo z laboratorijsko iglo preprečili zvijanje rezin na objektnem steklu. Tkivo, na katerega smo kapnili vklopni medij Euparal, smo prekrili s krovnim steklom, nato pa, s pomočjo igel in pincete, odstranili še nezaželene zračne mehurčke izpod krovnega stekla. Preparate smo na koncu obtežili z 200 g kovinskimi utežmi in jih označili enako kot pripadajoče vzorce.

Tako je nastalo 197 vzorcev trajnih anatomske preparate prečnih prereзов. Kot se je izkazalo pri izdelavi anatomske preparate, na nekaterih odvzetih količkih ni bilo špihljaja. To se je zgodilo zato, ker so se barvne oznake za vbod v relativno dolgem časovnem obdobju že izbrisale.

3.5 HISTOMETRIJA

Za analizo sezonske dinamike nastajanja ksilemske branike smo uporabili debelino ksilemskega prirastka, ki je nastal od trenutka, ko smo posamezno drevo v posameznem letu poškodovali z iglo ter debelino ksilemske branike, ki je nastala v posameznem letu. Ksilemski prirastek smo izrazili kot debelino v mikrometrih (μm) in kot število aksialnih traheid v posameznem radialnem nizu. Analiza branike je bila za vsa tri leta enaka. Vse

meritve se nahajajo v prilogah, v preglednicah 6 – 11. Prikazan je primer smreke št. 6 na dan 21. 6. 2007 (slika 7).



Slika 7: Prikaz merilnih mest in merjenih znakov na vzorcu

X_1 in X_2 predstavljata mesto, kjer smo merili širino zaključene branike v posameznem letu in mesto, kjer smo prešteli tudi traheide v radialnem nizu. Y_1 in Y_2 predstavljata mesto meritev prirastka, ki je v posameznem letu nastal od začetka kambijeve aktivnosti do trenutka, ko smo v deblo zabodli iglo. Tudi na tem mestu smo merili širino prirastka in prešteli traheide. Povečava slike je 10x.

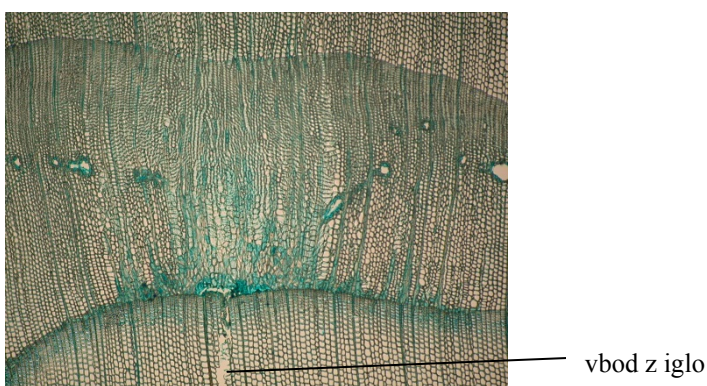
Izmerili smo širino dveh radialnih nizov osnih celic ter v njih prešteli celice v ksilemski braniki v letih 2005, 2006 in 2007. Radialna niza osnih traheid smo izbrali na robovih preparata, da smo se izognili povečanemu prirastku v neposredni bližini igelnega kanala nastalega ob ranitvi. Ovrednotili smo prirastek v vseh treh letih, ki je nastal do dneva vboda z iglo kot debelino (μm) in kot število celic. Šteli smo celice in merili širino radialnih nizov osnih celic, ki so se nahajale med kalusnim tkivom in terminalnimi traheidami kasnega lesa branike 2005, 2006 in 2007. Izmerili smo vsaj en radialni niz in največ štiri radialne nize celic.

Meritve smo opravili s svetlobnim mikroskopom Nikon Eclipse E800, digitalno kamero (PIXElink, PL-A66Z Camera kit), osebnim računalnikom in programom za analizo slike Lucia G 4.8. Za povečavo smo uporabljali objektivne z 10x povečavo. Preparate smo namestili na objektno mizico mikroskopa ter preko kamere dobili računalniško podprto analizo slike. Med analizo slike na mikroskopu smo spreminjali osvetlitev preparata ter globinsko ostrino slike, da bi tako lahko lažje šteli celice in merili debelino prirastka. V programu Lucia G 4.8 smo spreminjali kontrast, svetlost in delež rdeče, zelene ter modre barve (sistem RGB) na ekranu. Vse meritve smo si sproti zapisovali, jih označili z določenimi kraticami (oznake preparatov), nato pa smo jih v nadaljevanju prenesli v program Microsoft Excel.

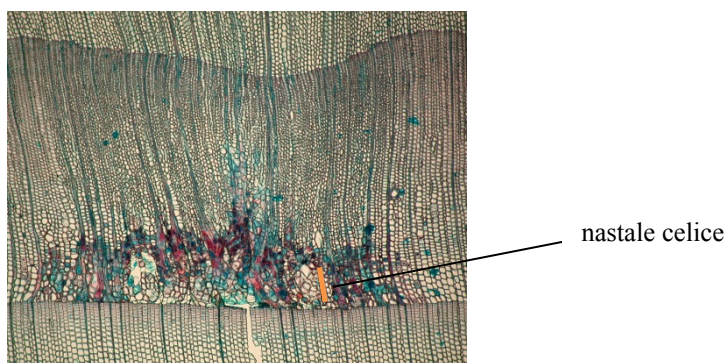
4. REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 ANATOMSKI ZNAKI ZA DOLOČANJE KSILEMSKEGA PRIRASTKA Z METODO PINING

Nastanek kasnega lesa in začetek ter konec kambijeve aktivnosti smo določali s primerjavo preparatov. Na osnovi vidnih ostankov celic v fazi postkambialne rasti, ki so v primerjavi s kambijevimi večje, smo lahko določili začetek kambijeve aktivnosti (sliki 8 in 9). Slika 8 prikazuje primer, kjer se kambijeva aktivnost v času špikljaja še ni začela, slika 9 pa prikazuje situacijo v naslednjem tednu, kjer smo pri proučevanem drevesu že zasledili novo nastale celice.

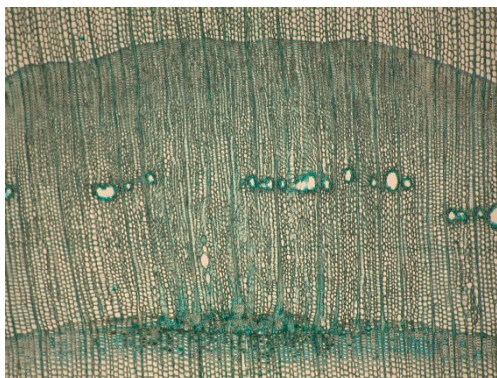


Slika 8: Kambijeva aktivnost se še ni začela
Smreka št 2, datum špikljaja 23. 05. 2006. Na preparatu je viden vbod z iglo, kalus in posamezni smolni kanali. Povečava slike je 10x.



Slika 9: Traheide med letnico in kalusom kažejo na začetek kambijeve aktivnosti
Smreka št. 2, datum špikljaja 1. 6. 2006. Povečava slike je 10x.

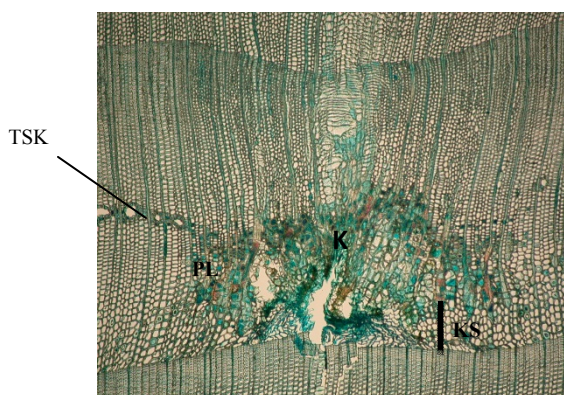
Ko je število celic pod kalusom sovpadlo s številom celic branike le malo stran od mesta špikljaja, je to predstavljalo konec kambijeve aktivnosti. V kalusu ni bilo zaslediti celic v postkambialni rasti, traheide kasnega lesa neposredno pod kalusom pa so bile v zaključnih fazah procesa diferenciacije.



Slika 10: Konec kambijeve aktivnosti
Smreka št. 2, datum špikljaja 6. 9. 2006. Povečava slike je 10x.

Zaradi vboda dreves z iglo je prišlo v vseh letih (2005, 2006 in 2007) pri vseh drevesih do nastanka kalusa, razvoja travmatskih smolnih kanalov in poranitvenega lesa (slika 11), kot poroča tudi Demšar (2004).

Travmatski smolni kanali in kalus niso bili zanesljiv pokazatelj ksilemskega prirastka in so predstavljali le približno oceno kambijeve cone v času ranitve. Med kalusom, nastalim kot odziv na ranitev z iglo, in braniko, nastalo v prejšnji rastni sezoni, se nahaja ksilemski prirastek, ki je nastal do trenutka ranitve. V ksilemskem prirastku smo prešteli novo nastale celice in izmerili širino prirastka.



Slika 11: Nastanek kalusa (K), travmatskih smolnih kanalov (TSK), poranitvenega lesa (PL) in ksilemski prirastek (KS)
Smreka št. 2, datum špikljaja 15. 6. 2005. Povečava slike je 10x.

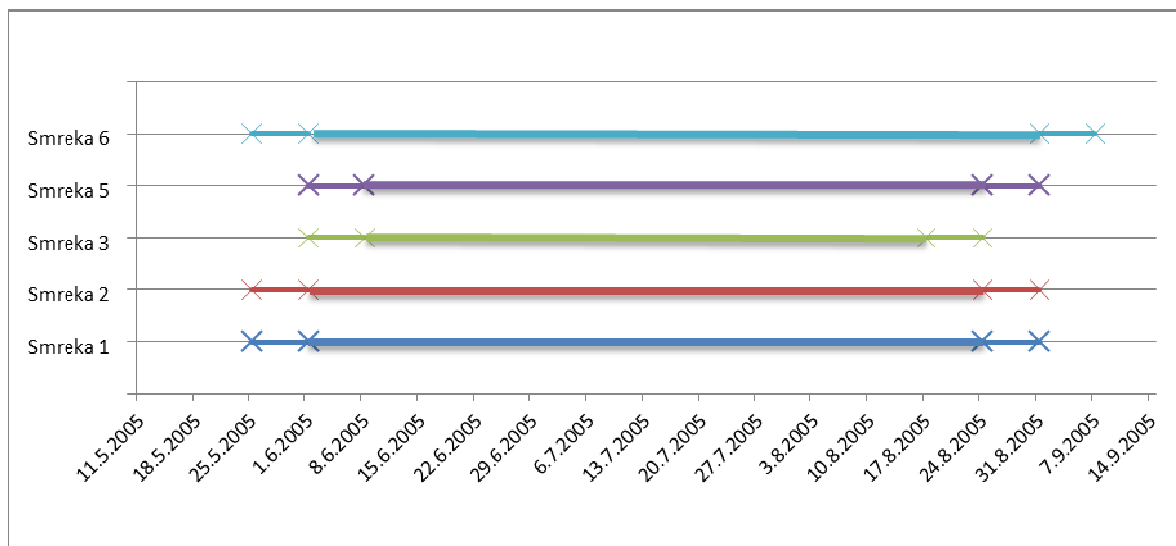
4.2 TRAJANJE SEZONSKE AKTIVNOSTI KAMBIJA IN DINAMIKA NASTAJANJA LESA

Za analizo sezonske dinamike nastajanja ksilemske branike v rastnih sezonah 2005, 2006 in 2007 pri preiskovalnih smrekah so bili iskani ključni podatki:

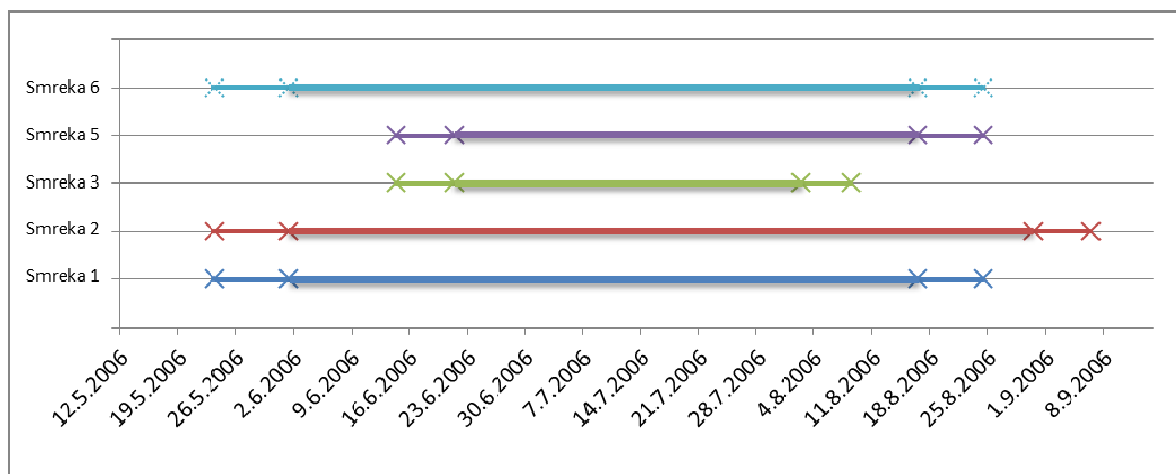
- začetek in konec delitvene aktivnosti kambija za leto 2005, 2006, 2007,
- širina ksilemskega prirastka nastalega do trenutka poškodbe drevesa z iglo ter

c) širina ksilemske branike, nastale v rastnih sezonah 2005, 2006 in 2007.

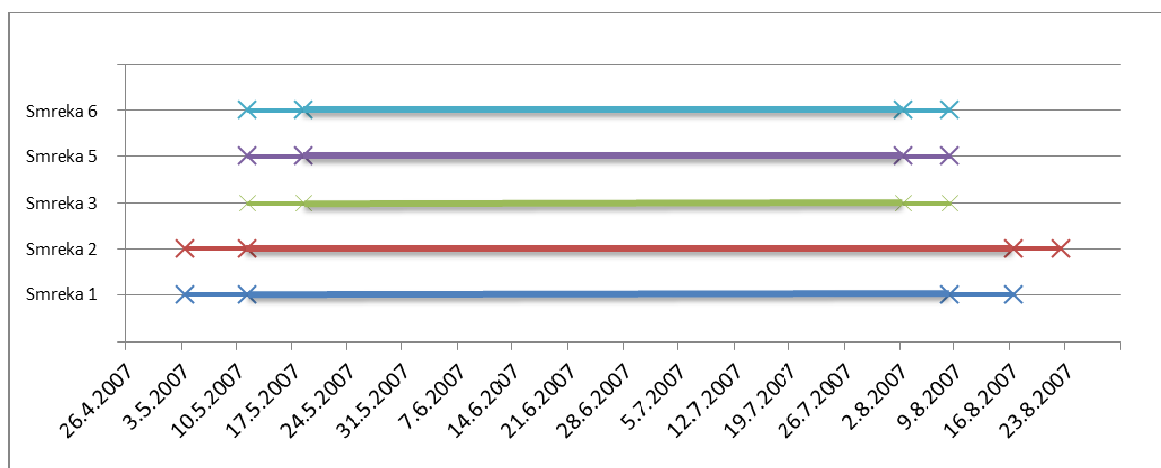
Da smo delo poenostavili, smo najprej pregledali preparate in določili začetek in konec kambijeve aktivnosti, saj smo s tem izločili del vzorcev, ki jim ni bilo potrebno izdelati preparata. Rezultati so zbrani v prilogah v preglednicah 1 – 5.



Slika 12: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti v letu 2005



Slika 13: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti v letu 2006



Slika 14: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti v letu 2007

4.2.1 Dinamika nastajanja ksilemske branike v letu 2005

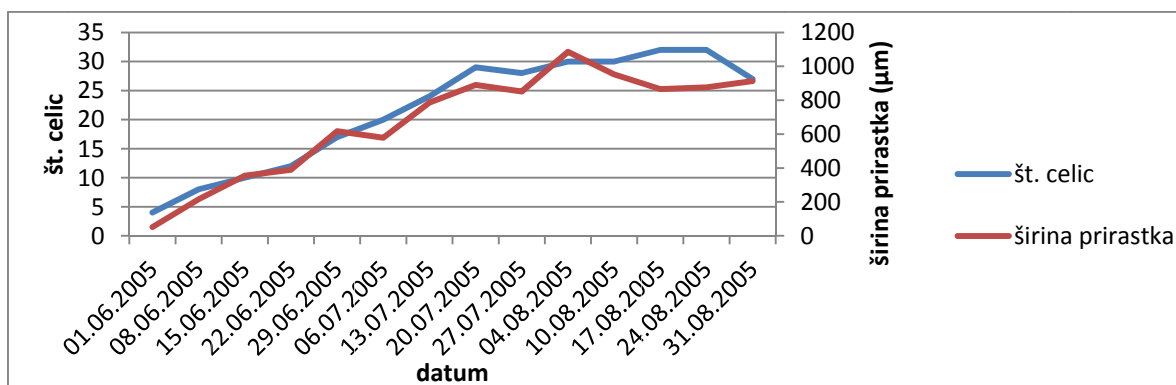
Sezonsko dinamiko nastajanja ksilemske branike 2005 smo proučevali na vzorcih poškodovanih z iglo v obdobju med 11. 5. in 5. 10. 2005, in sicer na vseh petih eksperimentalnih drevesih. Podatki meritev za vseh pet poskusnih smrek (*Picea abies*) z raziskovalne ploskve na Pokljuki so zbrani v prilogah v preglednicah 6 in 7.

Na slikah 15, 16, 17, 18 in 19 je prikazanih vseh pet raziskovanih dreves v letu 2005. Iz grafov je razviden začetek delitvene aktivnosti kambija, ki je bil pri smrekah št. 1, št. 2 in št. 6 na dan 1. 6., medtem ko je bil pri smrekah št. 3 in št. 5 teden kasneje 8. 6. 2005. Zaključek rastne sezone je bil pri posameznih drevesih različen; najprej se je kambijeve delitvena aktivnost zaključila pri smreki št. 3, v tednu med 17. 8. in 24. 8. 2005, sledile so smreke št. 1, št. 2 in št. 5, kjer se je delitvena aktivnost zaključila teden dni kasneje, med 24. 8. in 31. 8. 2005, nazadnje pa še pri smreki št. 6, kjer se je rastna sezona zaključila še teden dni kasneje med 31. 8. in 7. 9. 2005. Na začetek in konec delitvene aktivnosti kambijeve cone vpliva predvsem zdravstveno stanje posameznega drevesa, prav tako pa so pomembni tudi zunanji dejavniki, kot so temperatura, rastišče in padavine.

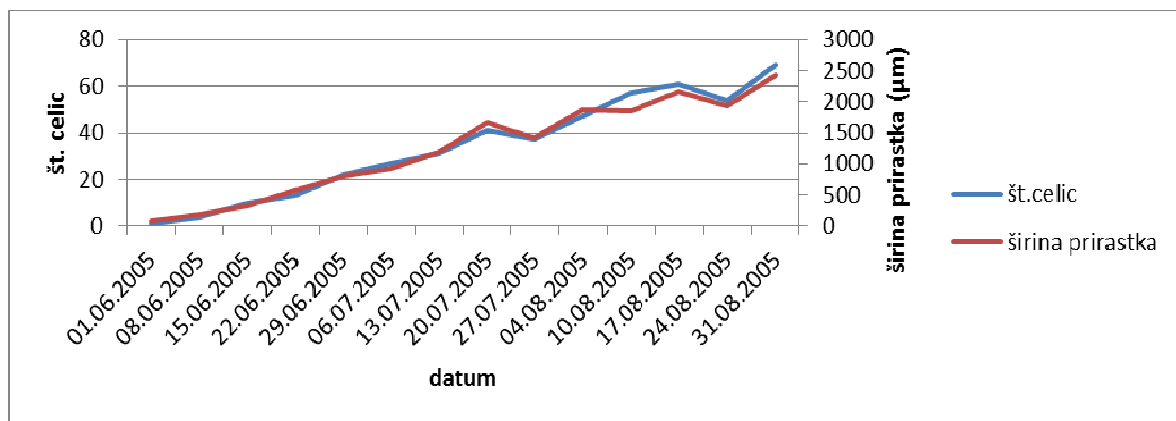
Pri vseh preiskanih drevesih smo pri nekaterih datumih zabeležili manjše število nastalih celic/širino branike kot v enem tednu prej. Pri drevesu št. 1 je to pri datumu 6. 7. 2005, pri drevesu št. 2 pri datumu 27. 7. 2005, pri drevesu št. 3 pri datumu 20. 7. 2005, pri drevesu št. 5 pri datumu 27. 7. 2005 ter pri drevesu št. 6 pri datumu 10. 8. 2005.

Menimo, da so tovrstna odstopanja od pričakovanih rezultatov posledica razlik v nastajanju lesa na različnih mestih debla. Prav zato je potrebno tovrstne podatke še nadalje obdelati, če želimo izvesti podrobnejše analize rasti dreves.

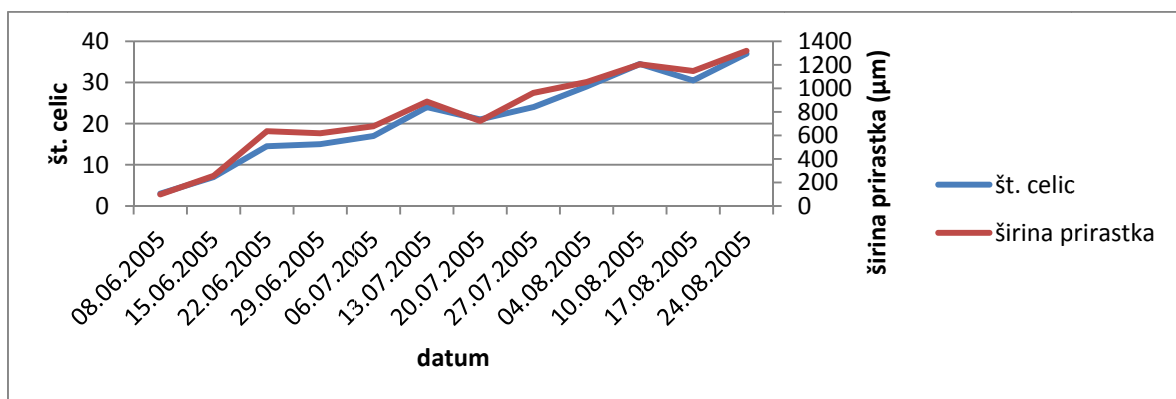
Na slikah 15, 16, 17, 18 in 19 je prikazano število celic ter širina prirastka za vsako posamezno smreko v letu 2005, na sliki 20 pa povprečje tedenskega nastajanja lesa za vseh pet smrek v letu 2005.



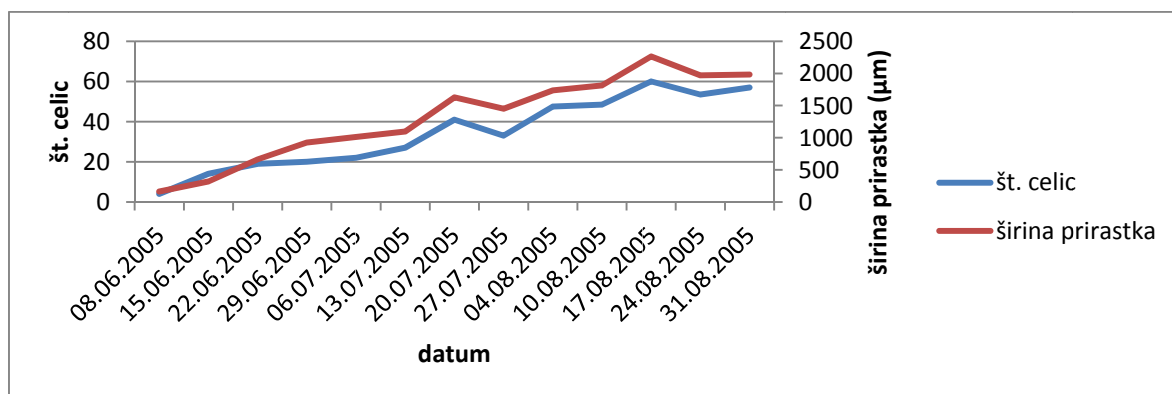
Slika 15: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 1 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



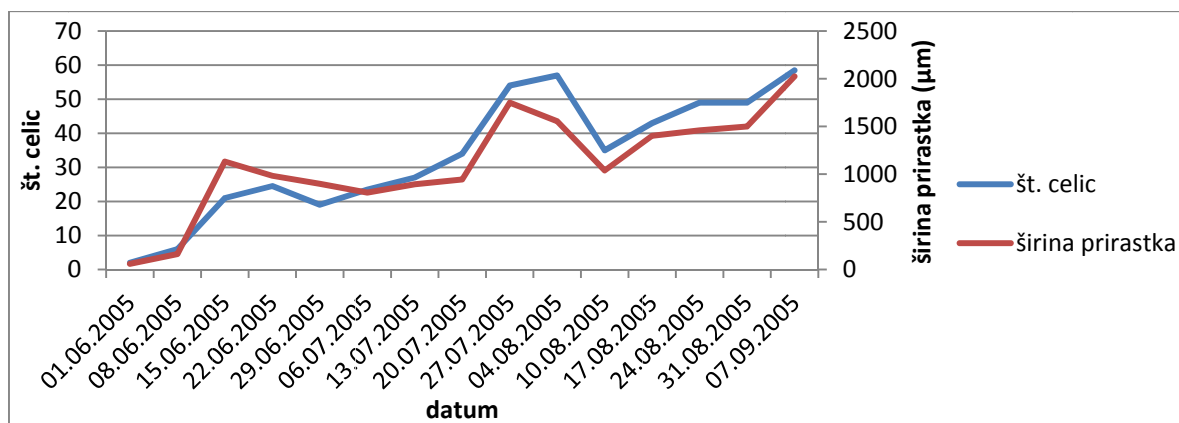
Slika 16: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 2 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



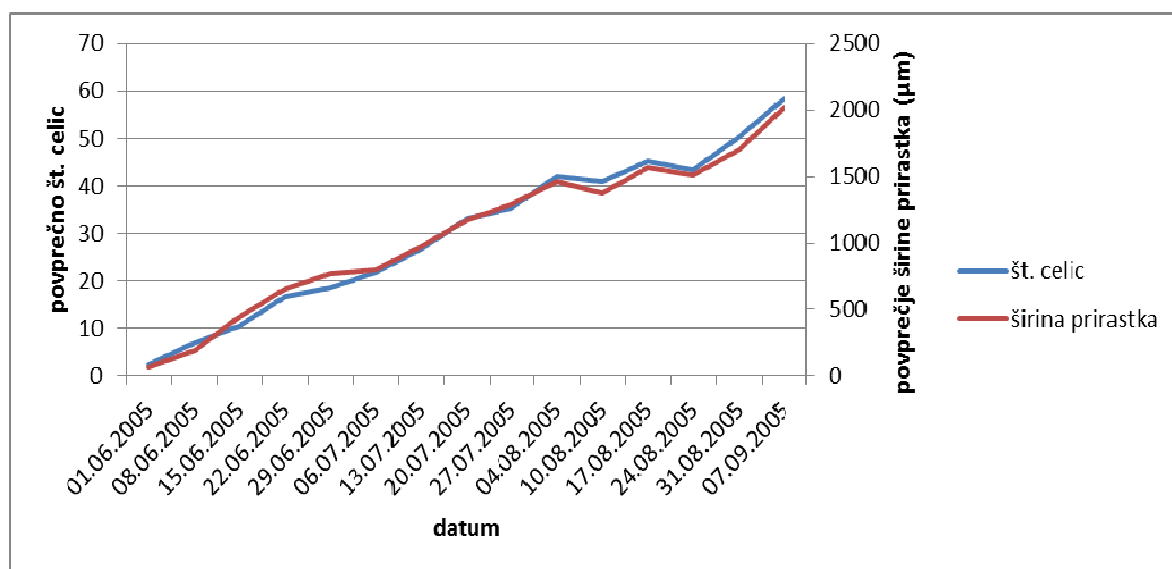
Slika 17: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 3 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



Slika 18: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 5 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



Slika 19: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 6 v letu 2005, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



Slika 20: Povprečno tedensko nastajanje lesa za vseh pet dreves v letu 2005, izraženo kot število celic in širina prirastka

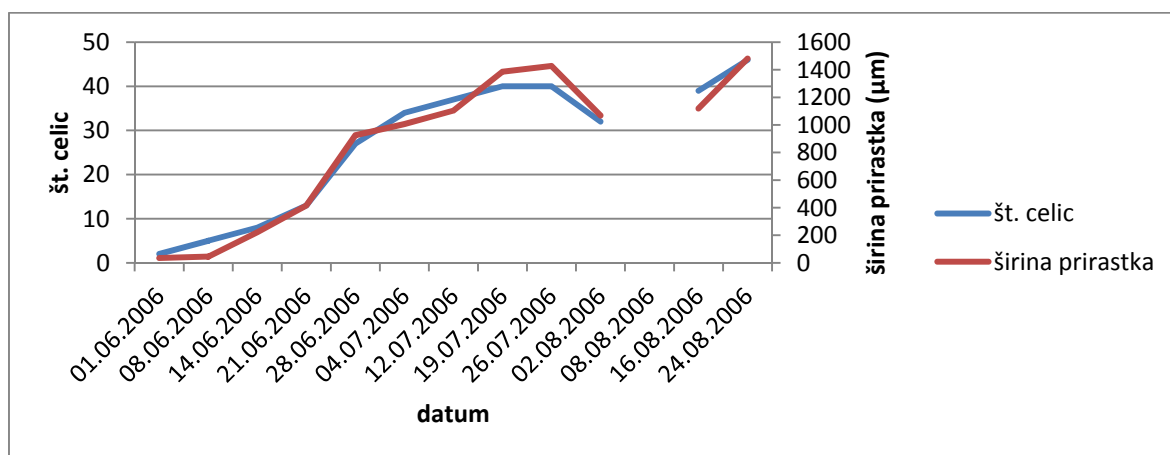
4.2.2 Dinamika nastajanja ksilemske branike v letu 2006

Sezonsko dinamiko nastajanja ksilemske branike 2006 smo prav tako proučevali na vzorcih poškodovanih z iglo v obdobju med 12. 5. in 11. 10. 2006, in sicer na vseh petih eksperimentalnih drevesih. Podatki meritev za vseh pet poskusnih smrek (*Picea abies*) z raziskovalne ploskve na Pokljuki so zbrani v prilogah v preglednicah 8 in 9.

Na slikah 21, 22, 23, 24 in 25 je prikazanih vseh pet raziskovanih dreves v letu 2006. Iz grafov je razviden začetek delitvene aktivnosti kambija, ki je bil pri smrekah št. 1, št. 2 in št. 6 na dan 1. 6. 2006, medtem ko je bil pri smrekah št. 3 in št. 5 štirinajst dni kasneje, na dan 21. 6. 2006. Zaključek rastle sezone je bil pri posameznih drevesih različen; najprej se je kambijeva delitvena aktivnost zaključila pri smreki št. 3 v tednu med 2. 8. in 8. 8. 2006, sledile so smreke št. 1, št. 5 in št. 6, kjer se je delitvena aktivnost zaključila štirinajst dni kasneje, med 16. 8. in 24. 8. 2006, nazadnje pa še pri smreki št. 2, kjer se je rastna sezona zaključila še teden dni kasneje med 30. 8. in 6. 9. 2006.

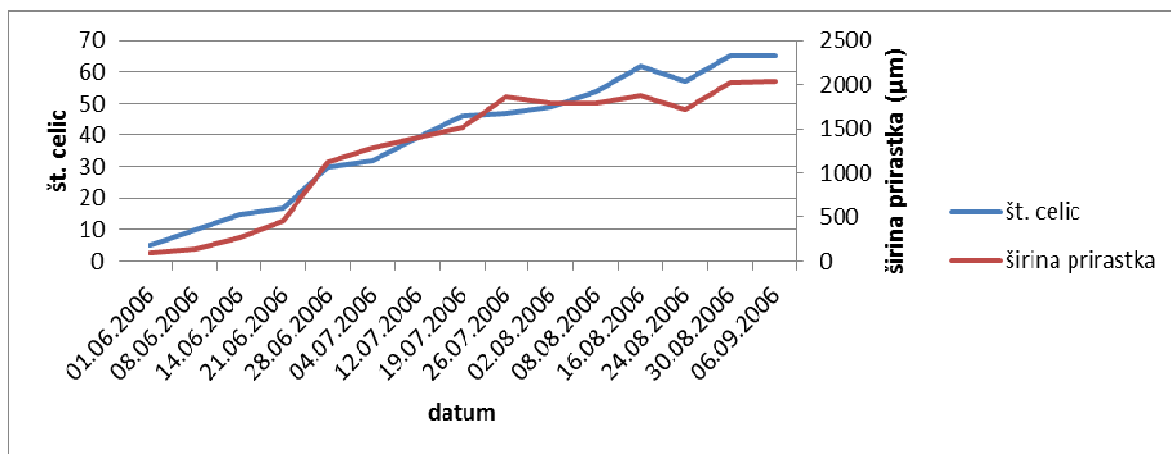
Pri vseh preiskanih drevesih smo pri nekaterih datumih zabeležili manjše število nastalih celic/širino branike kot v enem tednu prej. Pri drevesu št. 2 pri datumu 24. 8. 2006, pri drevesu št. 3 pri datumu 2. 8. 2006, pri drevesu št. 5 v obdobju med 8. 8. in 16. 8. 2006 ter pri drevesu št. 6 pri datumu 2. 8. 2006.

Na slikah 21, 22, 23, 24 in 25 je prikazano število celic ter širina prirastka za vsako posamezno smreko v letu 2006, na sliki 26 pa povprečje tedenskega nastajanja lesa za vseh pet smrek v letu 2006.

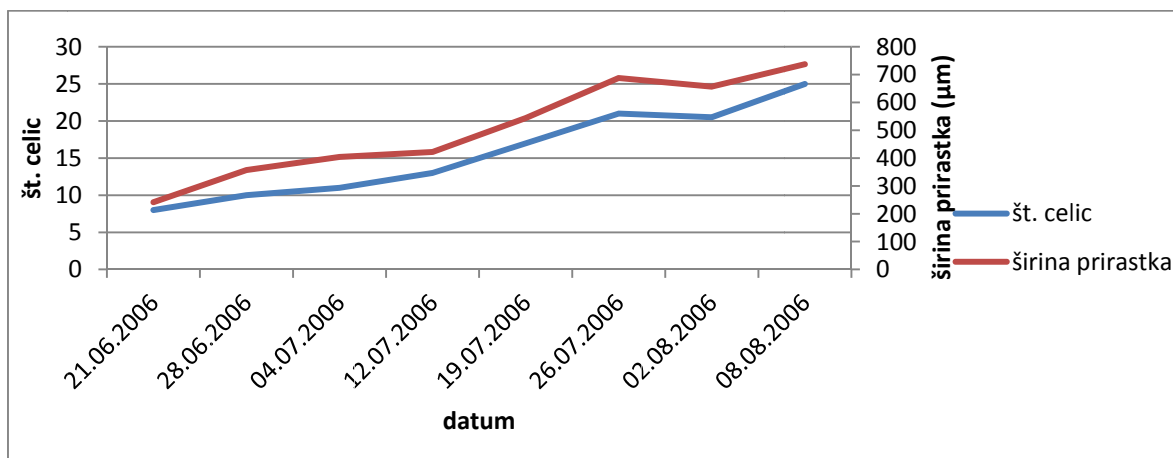


Slika 21: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 1 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka

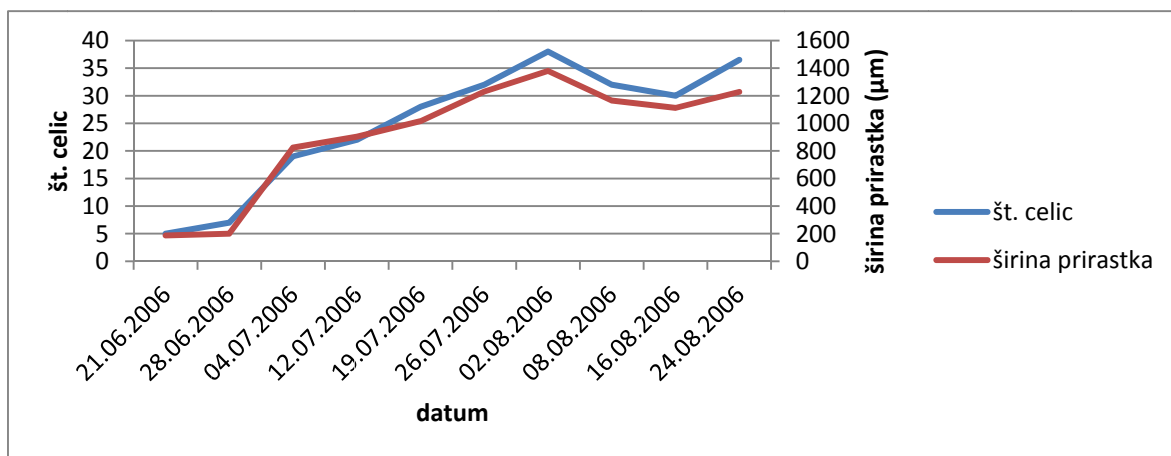
Ker na odvzetih količkih ni bilo špikljaja z iglo, manjkajo podatki za obdobje od 8. 8. do 16. 8. 2006.



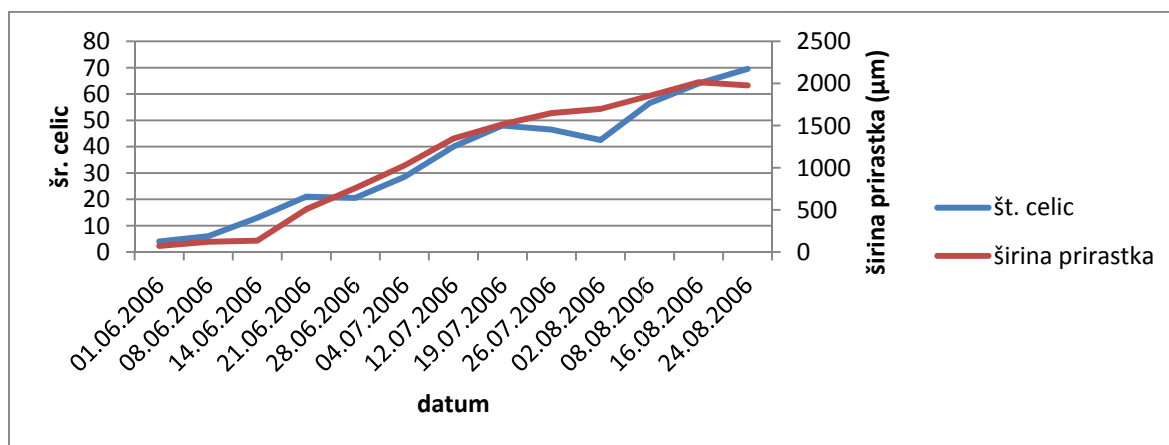
Slika 22: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 2 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



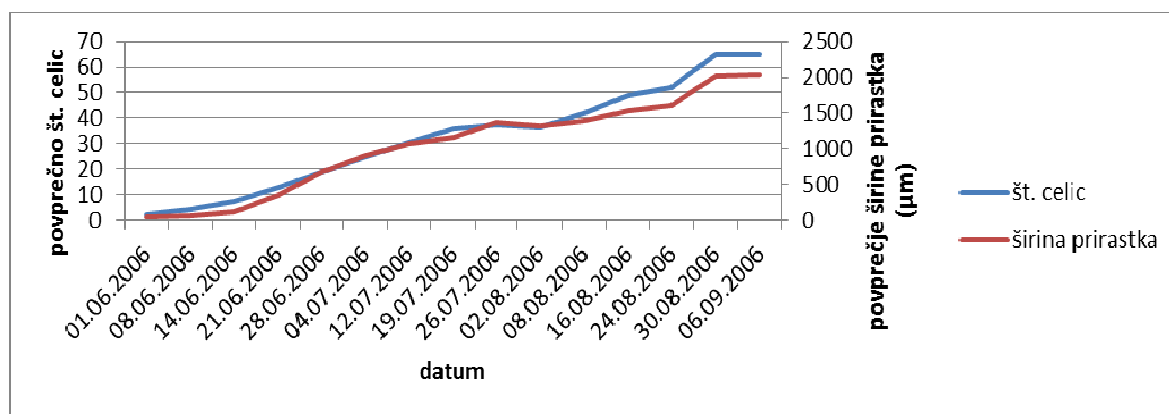
Slika 23: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 3 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



Slika 24: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 5 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



Slika 25: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 6 v letu 2006, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



Slika 26: Povprečno tedensko nastajanje lesa za vseh pet dreves v letu 2006, izraženo kot število celic in širina prirastka

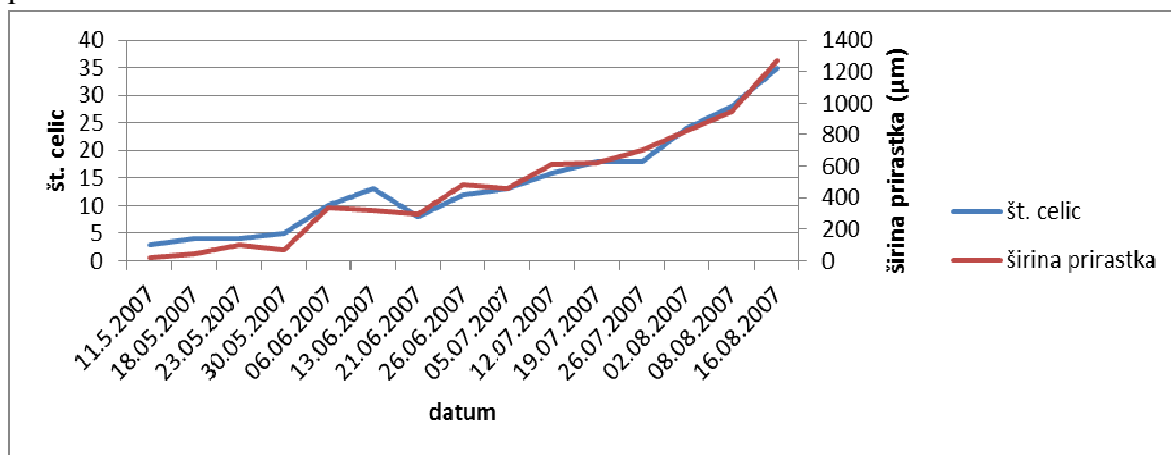
4.2.3 Dinamika nastajanja ksilemske branike v letu 2007

Sezonsko dinamiko nastajanja ksilemske branike 2007 smo prav tako proučevali na vzorcih poškodovanih z iglo v obdobju med 26. 4. in 12. 9. 2006, in sicer na vseh petih eksperimentalnih drevesih. Podatki meritev za vseh pet poskusnih smrek (*Picea abies*) z raziskovalne ploskve na Pokljuki so zbrani v prilogah v preglednicah 10 in 11.

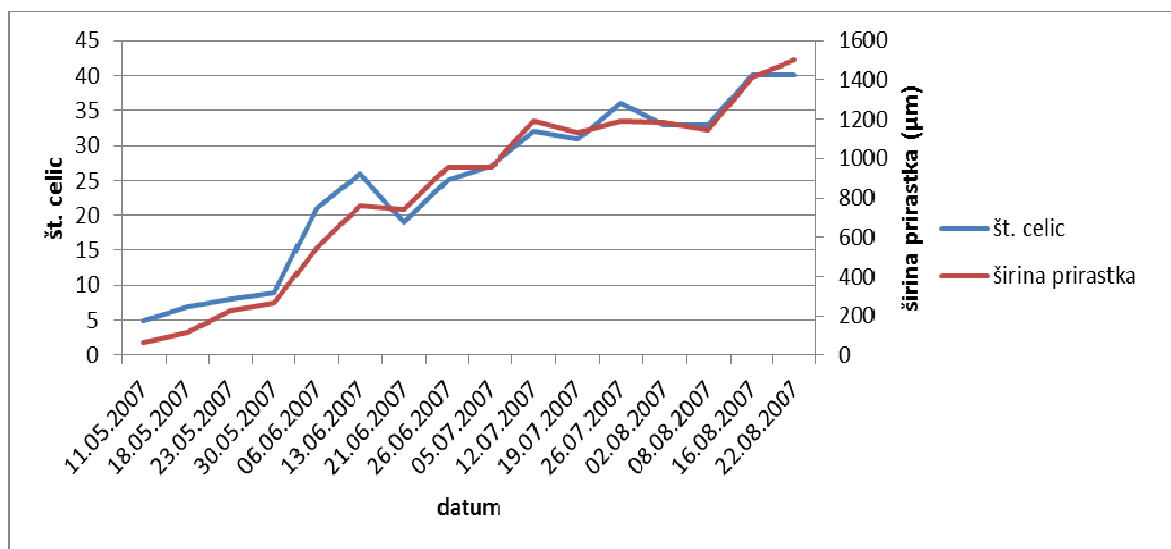
Na slikah 27, 28, 29, 30 in 31 je prikazanih vseh pet raziskovanih dreves v letu 2007. Iz grafov je razviden začetek delitvene aktivnosti kambija, ki je bil pri smrekah št. 1 in št. 2 že 11. 5. 2007, pri smrekah št. 3, št. 5 in št. 6 pa teden dni kasneje 18. 5. 2007. Zaključek rastne sezone je bil pri posameznih drevesih različen; najprej se je kambijeva delitvena aktivnost zaključila pri smrekah št. 3, št. 5 in št. 6 v tednu med 2. 8. in 8. 8. 2007, nato pri smreki št. 1 teden dni kasneje, med 8. 8. in 16. 8. 2007, nazadnje pa še pri smreki št. 2, kjer se je rastna sezona zaključila še teden dni kasneje med 16. 8. in 22. 8. 2007.

Pri vseh preiskanih drevesih smo pri nekaterih datumih zabeležili manjše število nastalih celic/širino branike kot v enem tednu prej. Pri drevesu št. 1 je to pri datumu 21. 6. 2007, pri drevesu št. 2 pri datumih 21. 6. 2007 in 8. 8. 2007, pri drevesu št. 3 pri datumu 26. 7. 2007 in pri drevesu št. 5 pri datumu 5. 8. 2007.

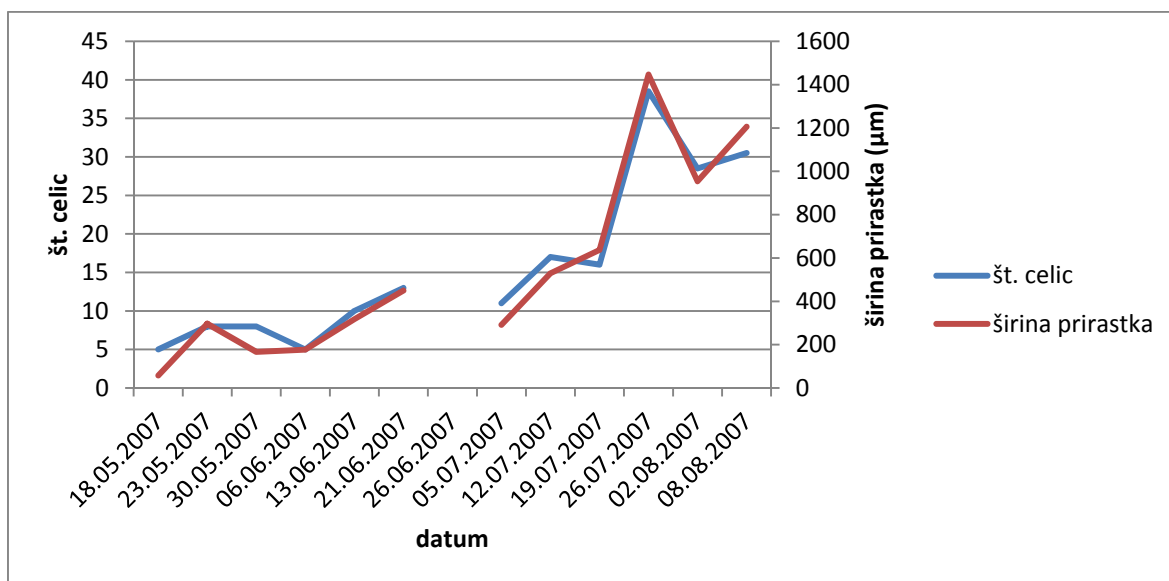
Na slikah 27, 28, 29, 30 in 31 je prikazano število celic ter širina prirastka za vsako posamezno smreko v letu 2007, na sliki 32 pa povprečje tedenskega nastanka lesa za vseh pet dreves v letu 2007.



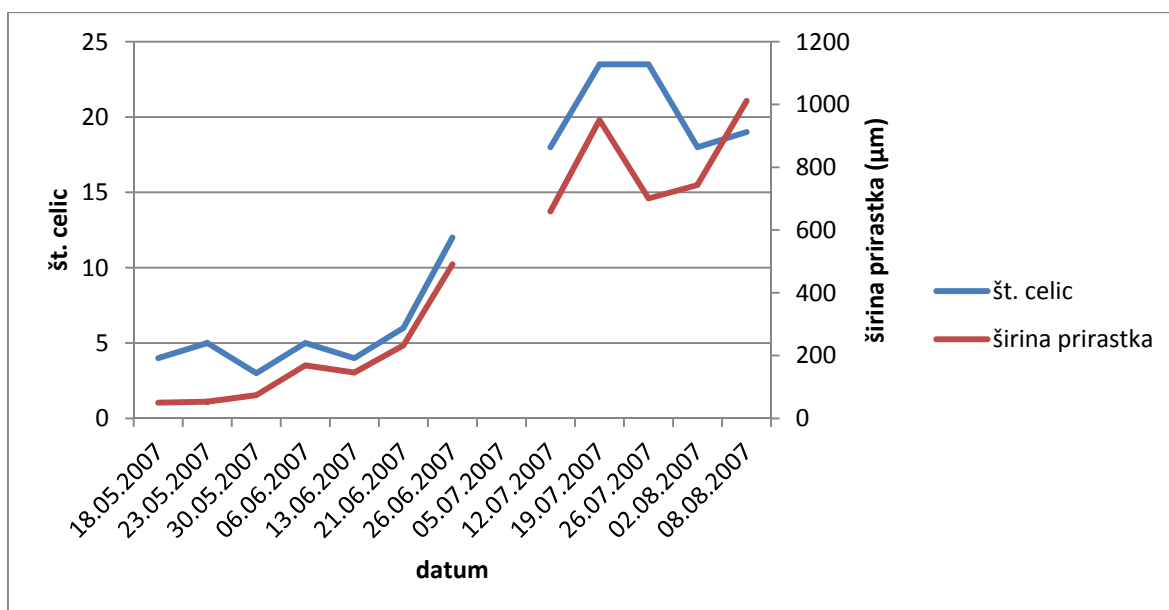
Slika 27: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 1 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



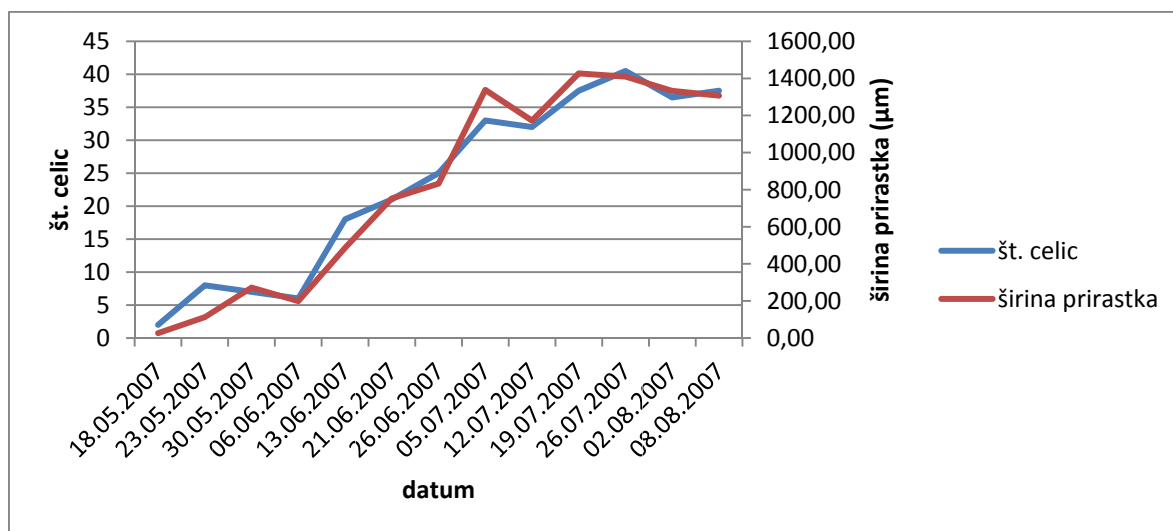
Slika 28: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 2 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



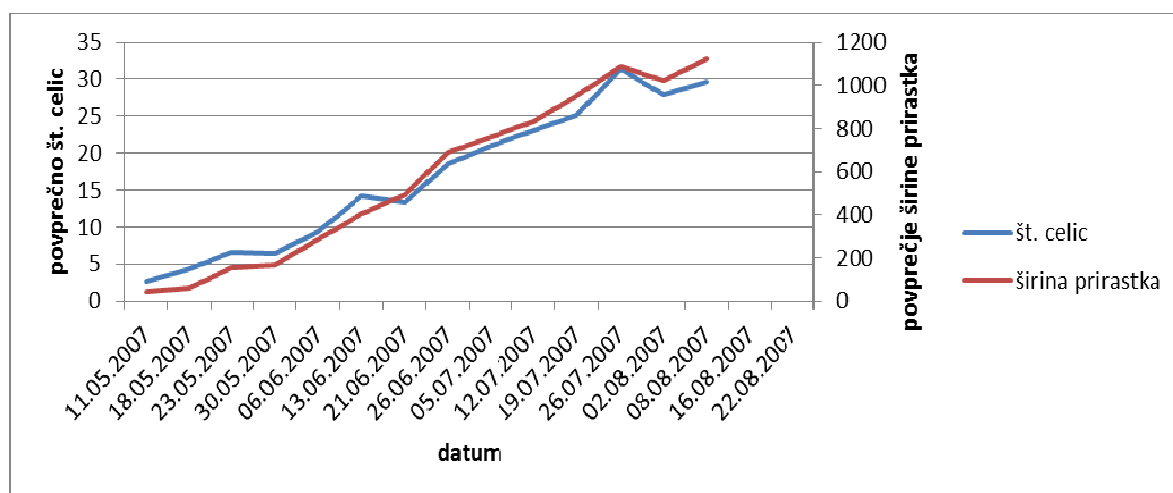
Slika 29: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 3 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka
Ker na odvzetih količnikih ni bilo špikljaja z iglo, manjkajo podatki za obdobje od 26. 6. do 5. 7. 2007.



Slika 30: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 5 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka
Ker na odvzetih količnikih ni bilo špikljaja z iglo, manjkajo podatki za obdobje od 26. 6. do 5. 7. 2007.



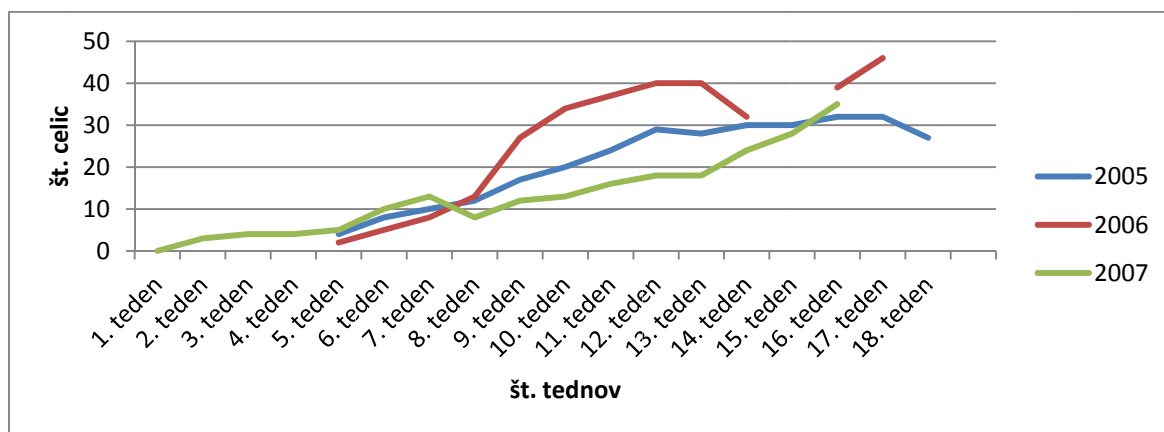
Slika 31: Tedensko nastajanje lesa pri smreki št. 6 v letu 2007, izraženo kot število celic in ustrezna širina prirastka



Slika 32: Povprečno tedensko nastajanje lesa za vseh pet dreves v letu 2007, izraženo kot število celic in širina prirastka.

4.2.4 Primerjava nastajanja lesa v treh zaporednih letih za posamezno drevo

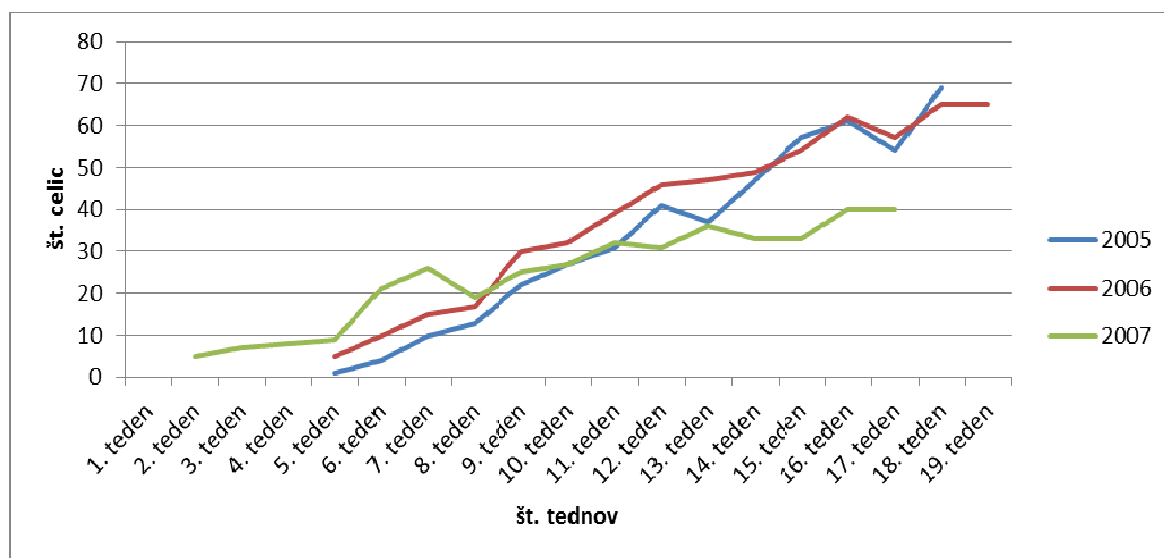
Na sliki 33 je prikazana primerjava nastanka števila celic smreke št. 1 v letih 2005, 2006 in 2007. Iz grafa je razvidno, da se je rastna sezona najprej pričela leta 2007, štiri tedne kasneje v letu 2005 in 2006. Zaključek rastne sezone je bil najprej (16. teden) v letu 2007, nato v letu 2006 (17. teden) in teden dni kasneje še v letu 2005. Najdaljša rastna sezona je bila v letu 2007, nato v letu 2005 in najkrajša v letu 2006. Kljub najkrajši sezoni pa je leta 2006 drevo proizvedlo največje število celic.



Slika 33: Primerjava nastanka števila celic smreke št. 1 v letih 2005, 2006 in 2007

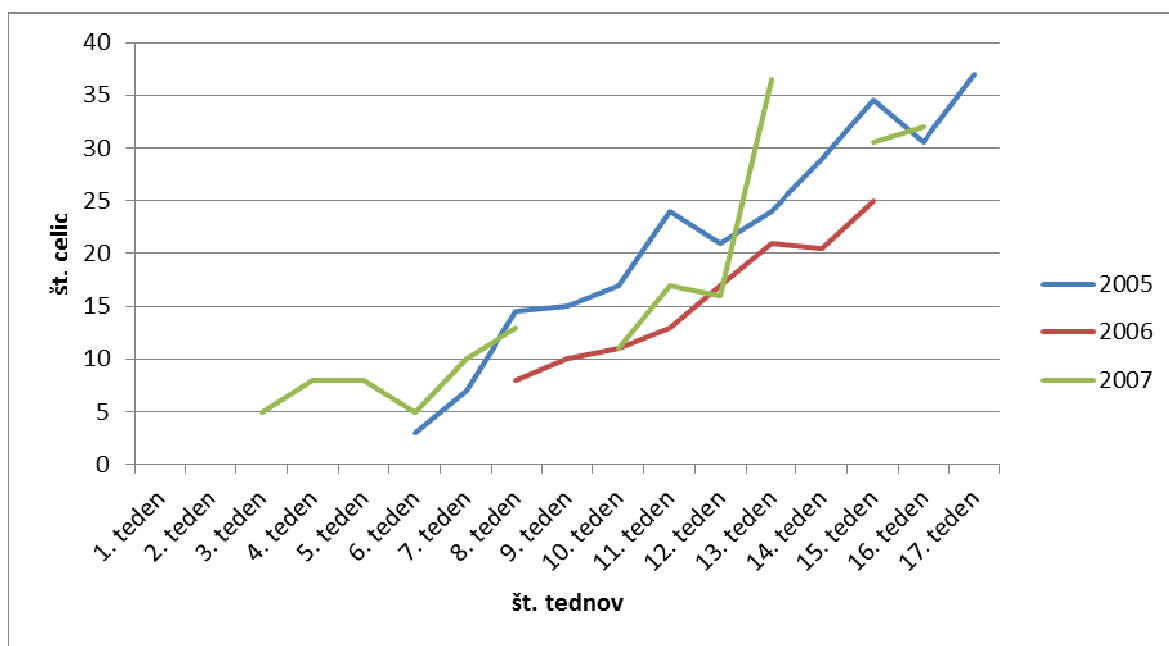
Ker na odvzetih količkih ni bilo špikljaja z iglo, manjkajo podatki za obdobje od 8. 8. do 16. 8. 2006.

Na sliki 34 je prikazana primerjava nastanka števila celic smreke št. 2 v letih 2005, 2006 in 2007. Iz grafa je razvidno, da se je rastna sezona najprej pričela leta 2007, tri tedne kasneje v letu 2005 in 2006. Zaključek rastne sezone je bil najprej (17. teden) v letu 2007, nato v letu 2005 (18. teden) in teden dni kasneje še v letu 2006. Najdaljša rastna sezona je bila v letu 2007, nato v letu 2006 in najkrajša v letu 2005. Najboljša rast celic je bila v letu 2006.



Slika 34: Primerjava nastajanja števila celic smreke št. 2 v letih 2005, 2006 in 2007

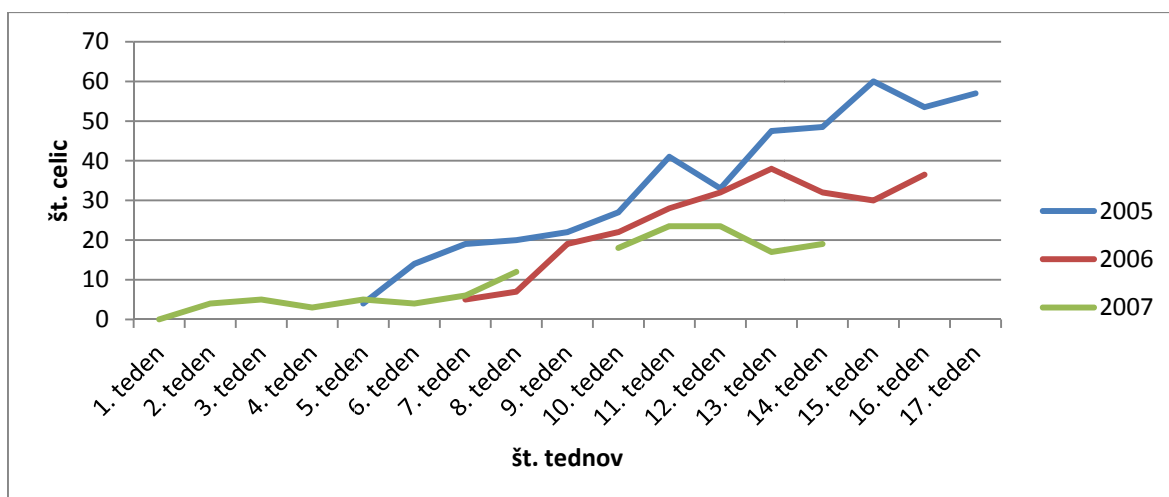
Na sliki 35 je prikazana primerjava nastanka števila celic smreke št. 3 v letih 2005, 2006 in 2007. Iz grafa je razvidno, da se je rastna sezona najprej pričela leta 2007, tri tedne kasneje v letu 2005 in še dva tedna kasneje v letu 2006. Zaključek rastne sezone je bil najprej (15. teden) v letu 2007 in v letu 2006, v letu 2005 pa je rastna sezona trajala še dva tedna. Najdaljša rastna sezona je bila v letu 2005, nato v letu 2007 in najkrajša v letu 2006.



Slika 35: Primerjava nastajanja števila celic smreke št. 3 v letih 2005, 2006 in 2007

Ker na odvzetih količnikih ni bilo špikljaja z iglo, manjkajo podatki za obdobje od 26. 6. do 5. 7. 2007 ter 2. 8. in 8. 8. 2007.

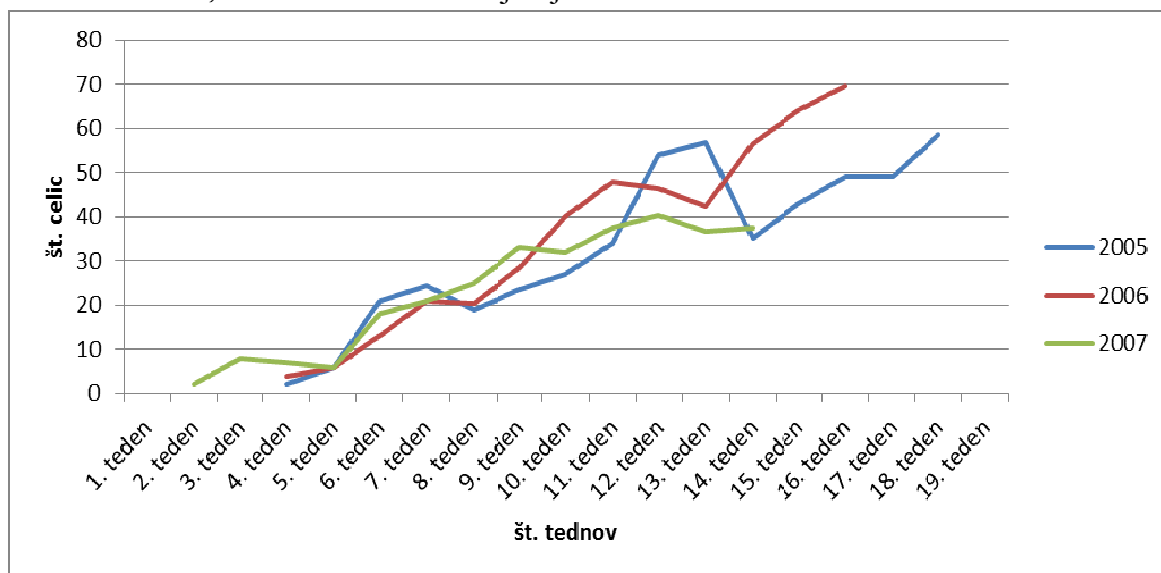
Na sliki 36 je prikazana primerjava nastanka števila celic smreke št. 5 v letih 2005, 2006 in 2007. Iz grafa je razvidno, da se je rastna sezona najprej pričela leta 2007, tri tedne kasneje v letu 2005 in še dva tedna kasneje v letu 2006. Zaključek rastne sezone je bil najprej (14. teden) v letu 2007, nato v letu 2006 (16. teden) in teden dni kasneje še v letu 2005. Najdaljša rastna sezona, v kateri je drevo proizvedlo tudi največje število celic, je bila v letu 2005.



Slika 36: Primerjava nastajanja števila celic smreke št. 5 v letih 2005, 2006 in 2007

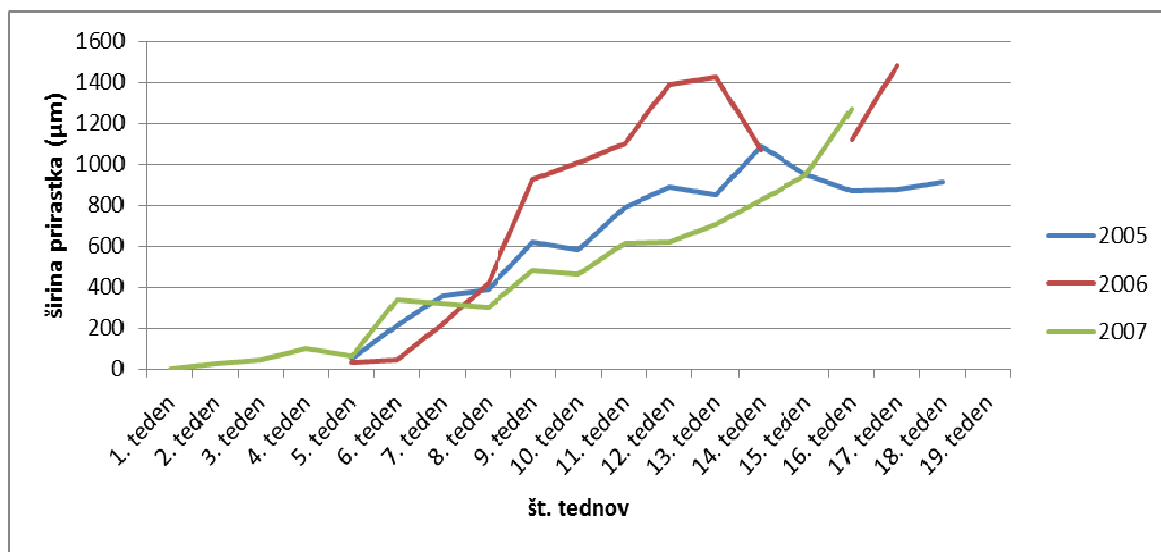
Ker na odvzetih količnikih ni bilo špikljaja z iglo, manjkajo podatki za obdobje od 26. 6. do 5. 7. 2007.

Na sliki 37 je prikazana primerjava nastanka števila celic smreke 6 v letih 2005, 2006 in 2007. Iz grafa je razvidno, da se je rastna sezona najprej pričela leta 2007, dva tedne kasneje pa v letih 2006 in 2005. Zaključek rastne sezone je bil najprej (14. teden) v letu 2007, nato v letu 2006 (16. teden) in na koncu še v letu 2005 (18. teden). Najdaljša rastna sezona je bila v letu 2005, nato v letu 2006 in najkrajša v letu 2007. Najslabša rast celic je bila v letu 2007, nato v letu 2005 in najboljša letu 2006.



Slika 37: Primerjava nastajanja števila celic smreke št. 6 v letih 2005, 2006 in 2007

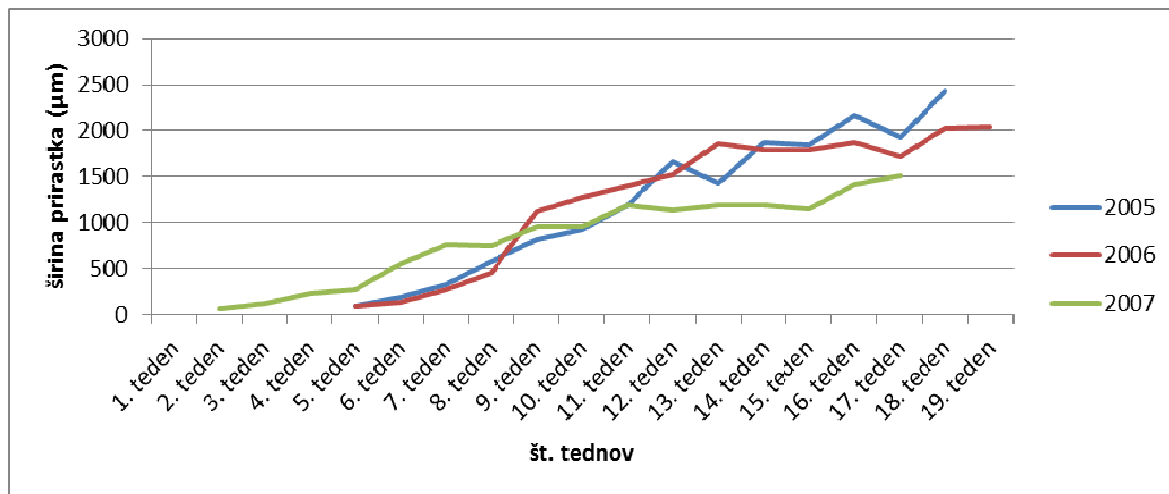
Na sliki 38 je prikazana primerjava nastanka širine prirastka v μm smreke št. 1 v letih 2005, 2006 in 2007. Najširša branika je nastala v letu 2006 najožja pa leta 2007. Rast ksilemske branike je bila najkrajša v letu 2006.



Slika 38: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 1 v letih 2005, 2006 in 2007

Ker na odvzetih količnikih ni bilo špikljaja z iglo, manjkajo podatki za obdobje od 8. 8. do 16. 8. 2006.

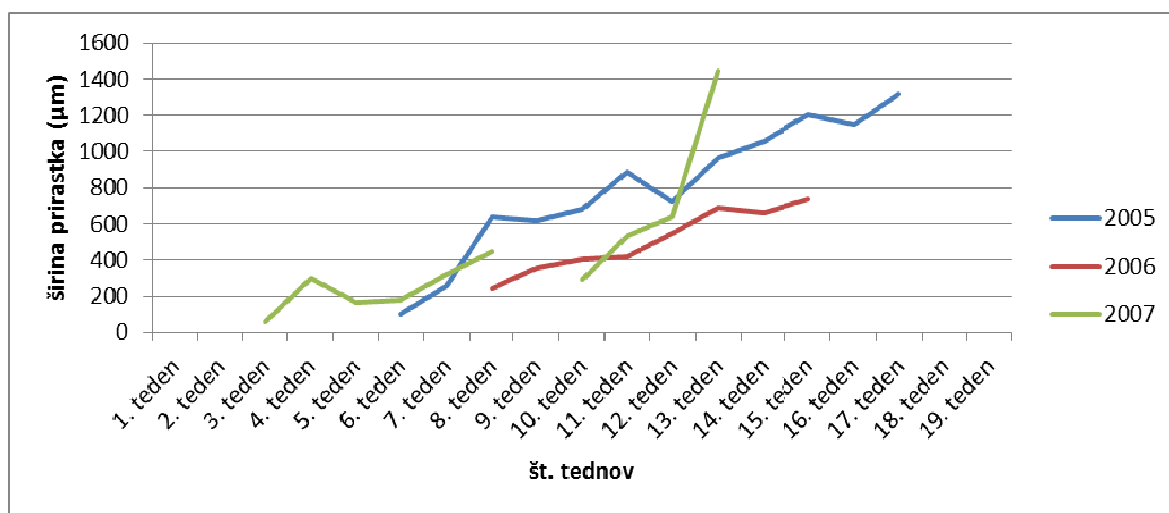
Na sliki 39 je prikazana primerjava nastanka širine prirastka v μm smreke št. 2 v letih 2005, 2006 in 2007. Najširša branika je nastala v letu 2005 najožja pa leta 2007. Rast ksilemske branike je bila najkrajša v letu 2005.



Slika 39: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 2 v letih 2005, 2006 in 2007

Na sliki 40 je prikazana primerjava nastanka širine prirastka v μm smreke št. 3 v letih 2005, 2006 in 2007.

Najširša branika je nastala v letu 2007 najožja pa leta 2006. Rast ksilemske branike je bila najkrajša v letu 2006. Zaradi slabo preglednega vzorca je v letu 2007 nastala vrzel ravno na mestu, kjer bi bil lahko prirastek še večji.

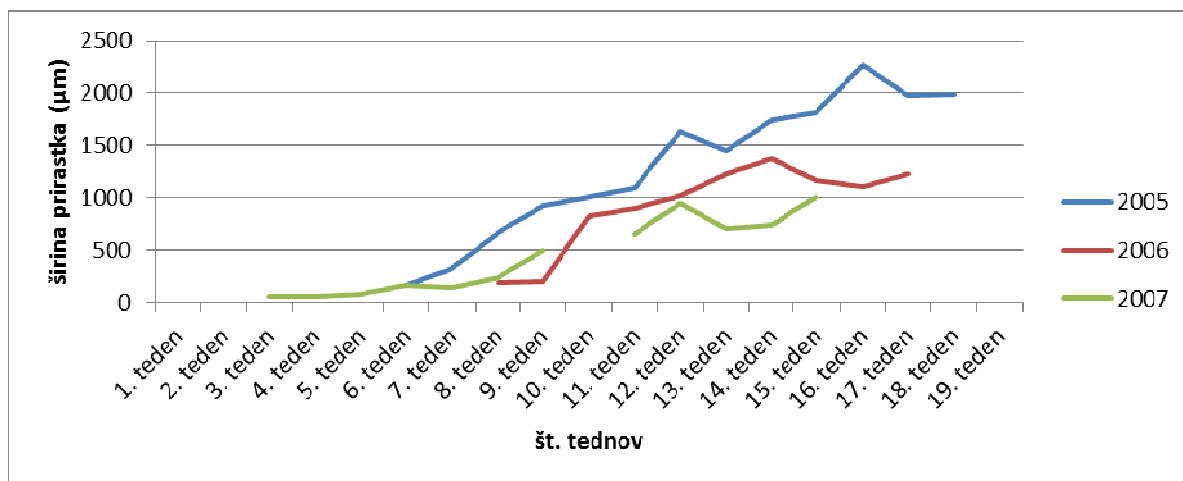


Slika 40: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 3 v letih 2005, 2006 in 2007

Ker na odvzetih količnikih ni bilo špičkaja z iglo, manjkajo podatki za obdobje od 26. 6. do 5. 7. 2007.

Na sliki 41 je prikazana primerjava nastanka širine prirastka v μm smreke št. 5 v letih 2005, 2006 in 2007.

Najširša branika je nastala v letu 2005 najožja pa leta 2007. Rast ksilemske branike je bila najkrajša v letu 2006.

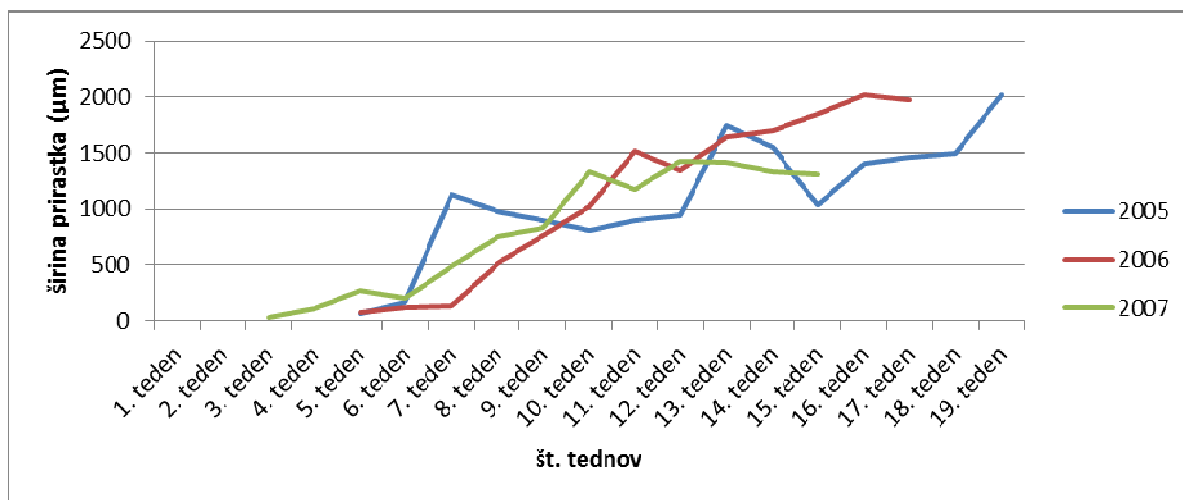


Slika 41: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 5 v letih 2005, 2006 in 2007

Ker na odvzetih količnikih ni bilo špikljaja z iglo, manjkajo podatki za obdobje od 26. 6. do 5. 7. 2007.

Na sliki 42 je prikazana primerjava nastanka širine prirastka v μm smreke št. 6 v letih 2005, 2006 in 2007.

Najširša branika je nastala v letu 2006 najožja pa leta 2007. Rast ksilemske branike je bila najkrajša v letu 2006.

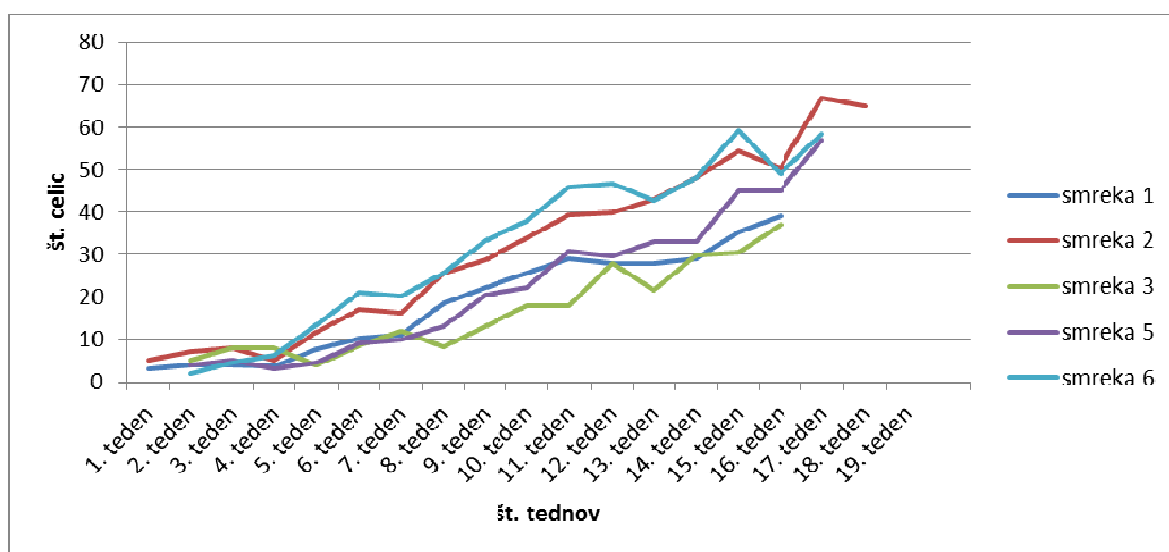


Slika 42: Primerjava nastajanja širine prirastka (μm) smreke št. 6 v letih 2005, 2006 in 2007

Pri vseh drevesih se je rast najbolj zgodaj začela v letu 2007, v obdobju med 11. 5. in 18. 5. 2007. Pri vseh drevesih je bila rastna sezona najkrajša v letu 2006, pri večini pa je bila najdaljša v letu 2005. Pri vseh drevesih je bil letni prirastek najmanjši v letu 2007.

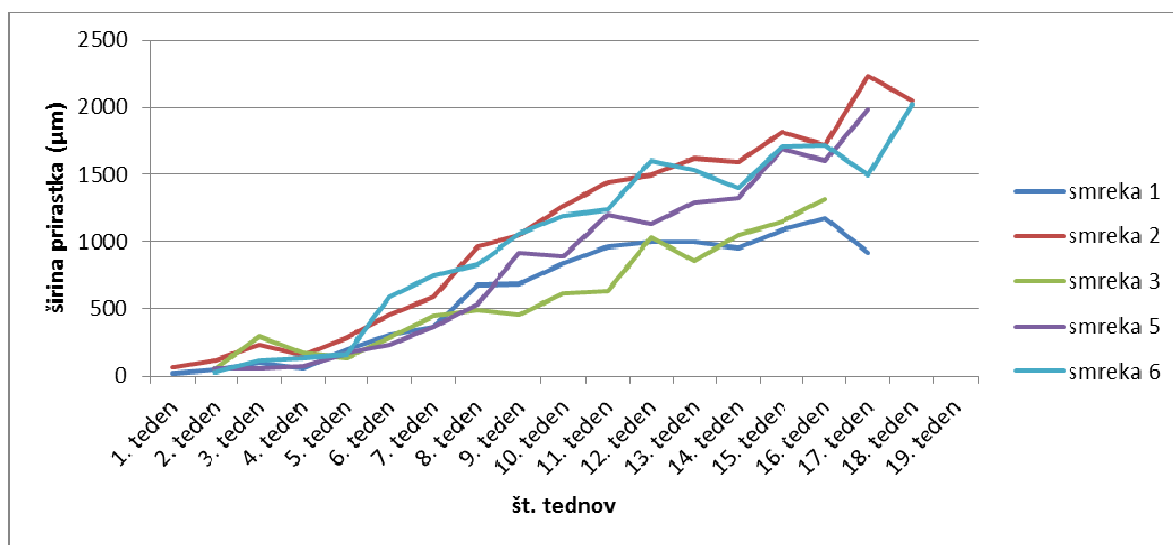
4.2.5 Primerjava nastajanja lesa pri preiskanih drevesih

Na sliki 43 je primerjava povprečnega števila celic glede na tedne za vsa tri leta pri vsakem posameznem drevesu. Iz grafa je razvidno, da je v vseh treh letih imela smreka št. 3 najmanjši prirast števila celic, sledijo ji smreka št. 1, smreka št. 5, smreka št. 6, najboljši prirast pa je imela smreka št. 2. Najvišji ekstrem je dosegla smreka št. 2 v 17. tednu.



Slika 43: Primerjava povprečnega števila celic glede na tedne za vsa tri leta pri vsakem posameznem drevesu

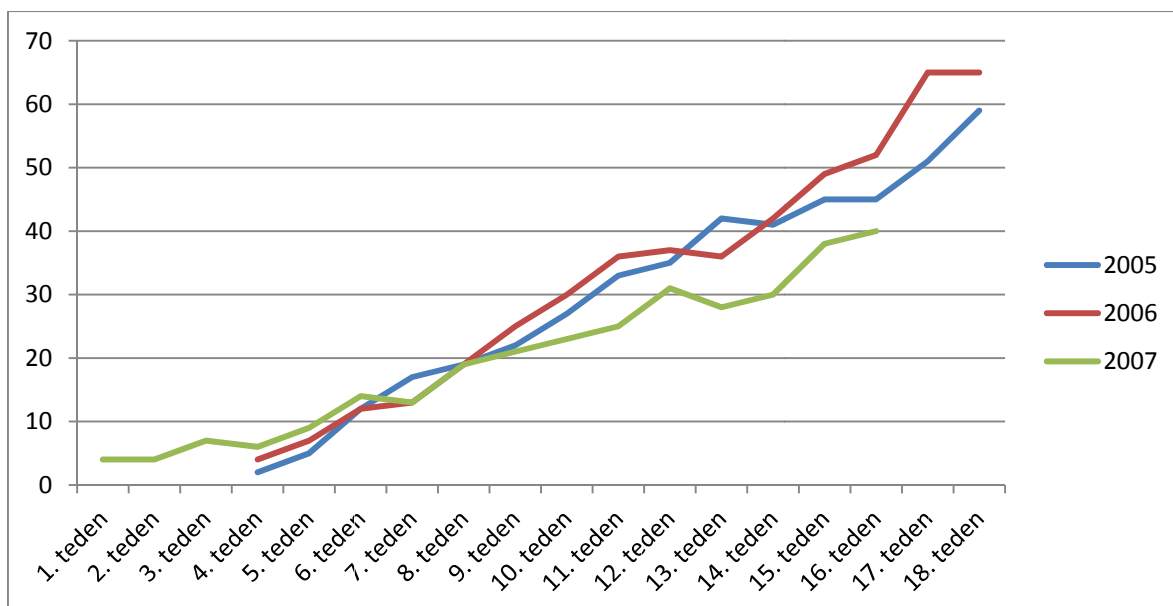
Na sliki 44 je primerjava povprečne širine prirastka v treh letih pri vsakem posameznem drevesu. Iz grafa je razvidno, da je bil v vseh treh letih prirastek pri smreki št. 3 najmanjši, sledijo ji smreka št. 1, smreka št. 5, smreka št. 6, prirastek pa je bil največji pri smreki št. 2. Najvišji ekstrem je dosegla smreka št. 2 v 17. tednu.



Slika 44: Primerjava povprečne širine prirastka (μm) glede na tedne za vsa tri leta pri vsakem posameznem drevesu

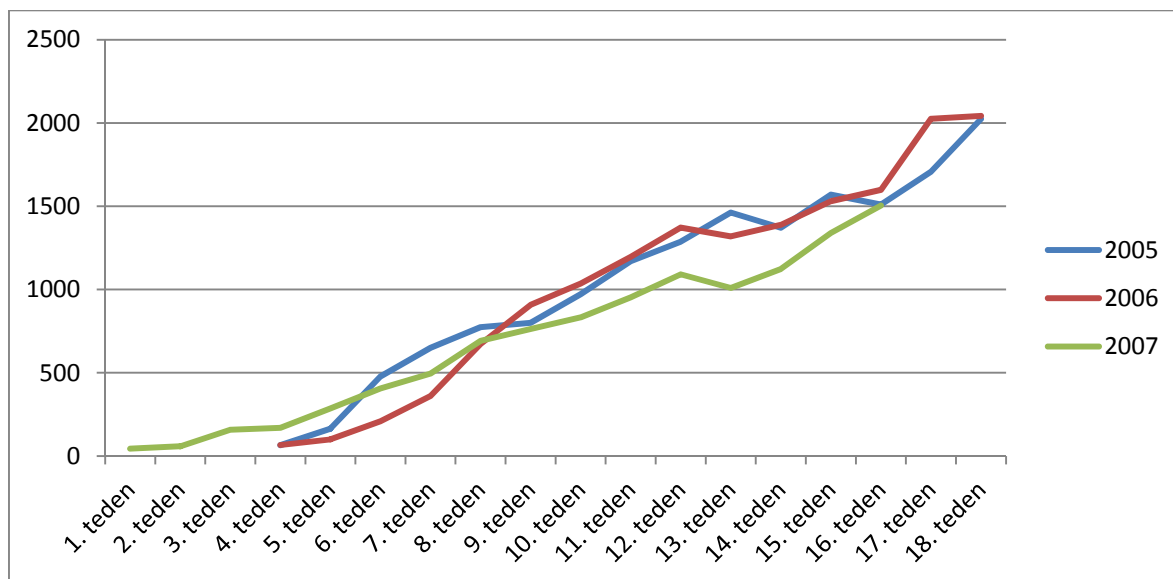
Trajanje rasti je bilo pri petih proučevanih drevesih različno. Nastanek lesa je trajal najdlje pri smreki št. 2, sledili sta drevesi št. 5 in št. 6. Rastna sezona je bila najkrajša pri smrekah št. 1 in št. 3.

Na slikah 45 in 46 pa je narejeno povprečje števila celic in širine prirastka za vsa drevesa v posameznem letu. Posamezna krivulja predstavlja povprečje števila celic oz. širine prirastka za vseh pet smrek za posamezno leto.



Slika 45: Primerjava povprečnega števila celic vseh petih dreves za posamezno leto

Iz grafa je razvidno, da se je v povprečju rasna sezona začela najprej v letu 2007, nato pa hkrati, tri tedne kasneje, v letih 2005 in 2006. Rast celic je pri vseh drevesih v vseh treh letih potekala precej enakomerno. Rastna sezona se je najhitreje zaključila v letu 2007, nato pa sva tedna kasneje še v letih 2005 in 2006. Največji prirast števila celic so imela v povprečju drevesa v letu 2006, najmanjši pa v letu 2007.



Slika 46: Primerjava povprečne širine prirastka (μm) vseh petih dreves za posamezno leto

Iz grafa je razvidno, da je bil prirastek smrek v letu 2007 najmanjši, največji pa v letu 2006. V letih 2005 in 2006 je bil prirastek precej podoben, v letu 2007 pa se je rastna sezona začela in končala prej, prirastek pa je bil tekom rastne sezone kljub temu ves čas manjši kot v letih 2005 in 2006.

Na začetek in konec rastne sezone vplivajo mnogi dejavniki. V letu 2007 se je rastna sezona začela v povprečju kar tri tedne prej kot v predhodnih dveh letih. Razlog za to lahko iščemo v višji aprilski in majski temperaturi. Hkrati pa se je tega leta rastna sezona prej zaključila, na kar je najverjetneje vplivala nižja septembrska temperatura kot v predhodnih letih. Razlog v največjem letnem prirastku v letu 2006 lahko iščemo v dejstvu, da je bila povprečna poletna temperatura tisto leto najvišja, hkrati pa je v avgustu padla večja količina padavin.

5 SKLEPI

Za raziskavo smo uporabili metodo pining. S pomočjo minimalne poškodbe z iglo smo povzročili odziv kambijevih celic v obliki nastanka kalusnega tkiva, poranitvenega lesa in travmatskih smolnih kanalov.

Bistvena prednost te metode je natančno določen položaj kambijevih celic v času vboda z iglo, zanesljiv znak za določitev ksilemskega prirastka nastalega od dneva vboda namreč predstavlja meja med ohranjenimi odmrlihi kambijevimi celicami in celicami v postkambijalni rasti.

Trajanje kambijeve aktivnosti se je v različnih letih in pri posameznih drevesih precej razlikovala. Najprej se je delitev začela v letu 2007 pri smrekah št. 1 in št. 2 že v času od 3. 5. – 11. 5., pri smrekah št. 3, št. 5 in št. 6 pa od 11. 5. – 18. 5., nato v letu 2005 pri smrekah št. 1, št. 2 in št. 6 v času od 25. 5. – 1. 6. ter pri smrekah št. 3 in št. 5 teden kasneje, od 1. 6. – 8. 6., in na koncu v letu 2006 pri smrekah št. 1, št. 2 in št. 6 v času od 23. 5. – 1. 6., medtem ko pri smrekah št. 3 in št. 5 šele od 14. 6. – 21. 6. Tudi zaključek rastne sezone je bil pri posameznih drevesih različen; najprej se je kambijeva delitvena aktivnost zaključila v letu 2007 pri smrekah št. 3, št. 5 in št. 6 v tednu od 2. 8. – 8. 8., pri smreki št. 1 od 8. 8. – 16. 8. in smreki št. 2 od 16. 8. – 22. 8., nato v letu 2006 pri smreki št. 3 v tednu od 2. 8. – 8. 8., sledile so smreke št. 1, št. 5 in št. 6 od 16. 8. – 24. 8. ter pri smreki št. 2 od 30. 8. – 6. 9., najdlje pa je trajala v letu 2005, ko se je najprej zaključila pri smreki št. 3 v tednu od 17. 8. – 24. 8., sledile so smreke št. 1, št. 2 in št. 5, kjer se je delitvena aktivnost zaključila od 24. 8. – 31. 8., nazadnje pa še pri smreki št. 6, od 31. 8. – 7. 9.

Nastanek lesa je trajal najdlje pri smreki št. 2, sledili sta drevesi št. 5 in št. 6. Rastna sezona pa je bila najkrajša pri smrekah št. 1 in št. 3.

Pri vseh drevesnih vrstah se je rast začela najprej v letu 2007, hkrati pa je bil v tem letu letni prirastek najmanjši. Pri vseh drevesnih vrstah je bila rastna sezona najkrajša v letu 2007, najdaljša pa pri večini dreves leta 2005.

Primerjalno je imela od vseh petih dreves v vseh treh letih smreka št. 3 najmanjši prirast števila celic, sledijo ji smreka št. 1, smreka št. 5, smreka št. 6, najboljši prirast pa je imela smreka št. 2.

Primerjalno je imela v vseh treh letih smreka št. 6 najmanjšo širino prirastka, sledijo ji smreka št. 3, smreka št. 1, smreka št. 5, najboljšo širino prirastka pa je imela ponovno smreka št. 2.

Na dinamiko nastajanja lesa lahko vpliva veliko dejavnikov, kot so zdravstveno stanje posameznega drevesa, temperatura, rastišče in padavine.

6 POVZETEK

V zadnjem času prihaja do spreminjajočih se klimatskih razmer, ki vplivajo na ekosistem. Kot pomemben kazalnik vpliva teh spreminjajočih razmer je tudi sezonska dinamika rasti dreves. V Sloveniji je bilo največ raziskav o kambijeve aktivnosti in sezonski dinamiki lesa.

Cilj diplomske naloge je bil raziskati dinamiko kambijeve aktivnosti in dinamiko nastajanja lesa pri smreki s Pokljuke v rastni sezoni 2005, 2006 in 2007.

Sodelavci Oddelka za lesarstvo in Gozdarskega inštituta Slovenije so na predalpskem rastišču Pokljuke v letih 2005, 2006 in 2007 raziskovali dinamiko kambijske rasti petih smrek. Za razliko od prejšnjih raziskav so bila v tej raziskavi uporabljena vsa tri leta ista drevesa. Raziskovalna metoda je bila metoda »pinig«. Enkrat tedensko so bila drevesa poškodovana z iglo. Začelo se je v letu 2005 (od 11. 5. do 12. 10.), nadaljevalo v letu 2006 (od 12. 5. do 11. 10.) in nato še v letu 2007 (od 26. 4. do 12. 9.), nato pa so drevesa posekali. Iz vzorcev, ki so bili odvzeti na mestu vbodov, smo izdelali anatomske preparate za mikroskopijo.

Ranitev z iglo je povzročila nekrozo kambija, nastanek kalusa in ranitvenega lesa. Zaradi ranitve z metodo »pinig« smo lahko določili začetek delitvene aktivnosti kambija. Ta je bil v različnih letih in pri posameznih drevesih precej različen. Najprej se je delitev začela v letu 2007 pri smrekah 1 in 2 že v času od 3. 5. – 11. 5., pri smrekah 3, 5 in 6 pa od 11. 5. – 18. 5., nato v letu 2005 pri smrekah 1, 2 in 6 v času od 25. 5. – 1. 6. 2005 ter pri smrekah 3 in 5 teden kasneje, od 1. 6 – 8. 6. 2005, in na koncu v letu 2006 pri smrekah 1, 2 in 6 v času od 23. 5. – 1. 6. 2006, medtem ko pri smrekah 3 in 5 šele od 14. 6 – 21. 6. 2006. Tudi zaključek raste sezone je bil pri posameznih drevesih različen; najprej se je kambijeva delitvena aktivnost zaključila v letu 2007 pri smrekah 3, 5 in 6 v tednu od 2. 8. – 8. 8. 2007, pri smreki 1 od 8. 8 – 16. 8. 2007 in smreki 2 od 16. 8. – 22. 8. 2007, nato v letu 2006 pri smreki 3 v tednu od 2. 8. – 8. 8. 2006, sledile so smreke 1, 5 in 6 od 16. 8 – 24. 8. 2006 ter pri smreki 2 od 30. 8. – 6. 9. 2006, najdlje pa je trajala v letu 2005, ko se je najprej zaključila pri smreki 3 v tednu od 17. 8. – 24. 8. 2005, sledile so smreke 1, 2 in 5, kjer se je delitvena aktivnost zaključila od 24. 8 – 31. 8. 2005, nazadnje pa še pri smreki 6, od 31. 8. – 7. 9. 2005.

Sezonska dinamika kambijeve aktivnosti je bila neenakomerna. Na začetek in konec delitvene aktivnosti kambijeve cone vpliva predvsem zdravstveno stanje posameznega drevesa, prav tako pa so pomembni tudi zunanji dejavniki, kot so temperatura in padavine.

VIRI

- Brus R. 2011. Dendrologija za gozdarje. 3. natis. Ljubljana. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa (univerzitetni učbenik). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Gričar J., Oven, P., Čufar, K. 2006. Metode za raziskave sezonske dinamike kambijeve aktivnosti = Methods for research of seasonal dynamics of cambial activity. Les. 58, 9: 272-277
- Gričar J., Oven, P., Čufar, K. 2006. Vpliv eksogenih in endogenih dejavnikov na ksilogenezo. Les, 58, 5: 152 - 157
- Gričar J., Oven, P., Levanič, T. 2007. Vpliv suše leta 2003 na kambijevo aktivnost pri smreki (*Picea abies* KARST.) na Pokljuki in sorškem polju. Podnebne spremembe – vpliv na gozd in gozdarstvo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 177-189
- Gričar J. 2006. Vpliv temperature in padavin na ksilogenezo pri jelki (*Abies alba*) in smreki (*Picea abies*). Doktorska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 182 str.
- Gričar J. 2009. Sezonska dinamika debelinske rasti dreves = Seasonal dynamics of radial growth of trees. Gozdarski vestnik, 64, 4: 195-201
- Gričar J. 2010. Celična stena rastlin in nova spoznanja o procesih nastanka lesa = Cell wall of plants and current knowledge on wood formation process. Les, 62,1: 2-9
- Demšar B. 2004. Nastanek lesa pri smreki (*Picea abies* (L.) Karst.) iz avstrijskih Alp. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 55 str.
- Kuroda K. 1986. Wound effects on cytodifferentiation in the secondary xylem of woody plants. Wood Research, 72: 67-118
- Lukan D. 2004. Raziskave sezonske aktivnosti kambijeve cone in nastajanja ksilemske branike pri navadni smreki s tehniko "pinning". Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana: 42 str.
- Oven P., Gričar, J., Zupančič, M., Levanič, T., Straže, A., Demšar, B. 2004. Relevant anatomical markers for research of wood formation in Norway spruce with pinning technique. Rendsburg: Eurodendro: 36 str.

Schmitt U., Jalkanen, R., Eckstein, D. 2004. Cambium dynamics of *Pinus sylvestris* and *Betula* spp. In the northern boreal forest in Finland. *Silva Fennica*, 38, 2: 167-178

Torelli N. 1990. Les & skorja: slovar strokovnih izrazov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 70 str.

Torelli N. 1998. Zunajkambijska rast celic v lesu dvokaličnic = Extracambial growth of cells in the dicotyledon xylem. *Les*, 50, 10: 293-298

Torelli N. 2000. Ksilogeneza = Formation of wood. *Les*, 52, 10: 325-335

Wolter K. E., 1968. A new method for marking xylem growth. *Forest Science*, 14, 1: 102 – 104

Zupan B. 2005. Nastanek ksilemske branike pri smrekah na Pokljuki v letu 2003.
Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 51 str.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Primožu Ovnu, za vse nasvete, konstruktivne pripombe in podporo, ki mi jo je nudil v vsem času pisanja diplomske naloge.

Najlepša hvala recenzentu doc. dr. Tomislavu Levaniču za opravljeno recenzijo diplomske naloge ter za vse konstruktivne pripombe pri tem.

Hvala kolegom z Gozdarskega inštituta, kjer sem z mentorjevo pomočjo opravil laboratorijski del diplomske naloge.

Hvala moji družini in vsem, ki so verjeli vame!

PRILOGE

Preglednica 1: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 1 v letih 2005, 2006 in 2007

DREVO 1	ZAČETEK		KONEC	
LETO 2005	25.05.2005	01.06.2005	24.08.2005	31.08.2005
LETO 2006	23.05.2006	01.06.2006	16.08.2006	24.08.2006
LETO 2007	03.05.2007	11.05.2007	08.08.2007	16.08.2007

Preglednica 2: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 2 v letih 2005, 2006 in 2007

DREVO 2	ZAČETEK		KONEC	
LETO 2005	25.05.2005	01.06.2005	24.08.2005	31.08.2005
LETO 2006	23.05.2006	01.06.2006	30.08.2006	06.09.2006
LETO 2007	03.05.2007	11.05.2007	16.08.2007	22.08.2007

Preglednica 3: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 3 v letih 2005, 2006 in 2007

DREVO 3	ZAČETEK		KONEC	
LETO 2005	01.06.2005	08.06.2005	17.08.2005	24.08.2005
LETO 2006	14.06.2006	21.06.2006	02.08.2006	08.08.2006
LETO 2007	11.05.2007	18.05.2007	02.08.2007	08.08.2007

Preglednica 4: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 5 v letih 2005, 2006 in 2007

DREVO 5	ZAČETEK		KONEC	
LETO 2005	01.06.2005	08.06.2005	24.08.2005	31.08.2005
LETO 2006	14.06.2006	21.06.2006	16.08.2006	24.08.2006
LETO 2007	11.05.2007	18.05.2007	02.08.2007	08.08.2007

Preglednica 5: Začetek in zaključek kambijeve aktivnosti pri drevesu št. 6 v letih 2005, 2006 in 2007

DREVO 6	ZAČETEK		KONEC	
LETO 2005	25.05.2005	01.06.2005	31.08.2005	07.09.2005
LETO 2006	23.05.2006	01.06.2006	16.08.2006	24.08.2006
LETO 2007	11.05.2007	18.05.2007	02.08.2007	08.08.2007

[illegible][illegible][illegible]

Preglednica 9: Širina zaključne branike in širina prirastka do datuma ranitve v letu 2006

	Pinning	Širina zaključne branike leta 2006						Širina prirastka do datuma ranitve v letu 2006					
Zap.Št	Date	Drevo 1	Drevo 2	Drevo 3	Drevo 5	Drevo 6	Povp.šir.branike	Drevo 1	Drevo 2	Drevo 3	Drevo 5	Drevo 6	Povp.širina p.
1	12.05.2006												
2	23.05.2006												
3	01.06.2006	993,95	1825,74			1776,02	1531,90	33,83	92,06			71,94	65,94
4	08.06.2006	1015,64	1862,36			1248,28	1375,43	44,62	135,37			121,80	100,60
5	14.06.2006	1223,80	1846,53			753,73	1274,69	221,60	269,55			134,60	208,58
6	21.06.2006	1328,13	1923,07	954,82	1153,30	1138,87	1299,64	415,92	452,04	241,69	186,83	507,37	360,77
7	28.06.2006	1713,66	2061,93	891,26	1109,10	1695,08	1494,21	925,17	1121,65	356,82	200,26	756,35	672,05
8	04.07.2006	2001,05	2359,62	907,09	1303,42	1844,72	1683,18	1005,92	1279,43	404,08	824,05	1026,78	908,05
9	12.07.2006	1994,37	2069,04	806,49	1406,05	2353,16	1725,82	1103,72	1399,67	422,26	903,36	1515,13	1068,83
10	19.07.2006	1755,54	2022,74	807,54	1363,00	1645,64	1518,89	1386,01	1518,81	543,74	1015,44	1346,68	1162,14
11	26.07.2006	1564,30	2149,49	723,60	1384,52	1856,33	1535,65	1427,26	1864,02	687,74	1230,87	1647,91	1371,56
12	02.08.2006	1184,81	1852,63	650,67	1329,09	1938,44	1391,13	1067,95	1791,05	656,65	1380,35	1698,18	1318,84
13	08.08.2006	2848,81	1956,84	716,43	1261,56	2054,08	1767,54		1795,94	736,93	1165,77	1853,83	1388,12
14	16.08.2006	941,60	1914,43		1111,43	2085,27	1513,18	1118,52	1876,96		1111,43	2015,31	1530,55
15	24.08.2006	1115,93	1838,07		1179,00	2052,00	1546,25	1480,89	1713,06		1227,91	1975,94	1599,45
16	30.08.2006		2087,23				2087,23		2025,57				2025,57
17	06.09.2006		2021,41				2021,41		2043,00				2043,00
18	13.09.2006												

Preglednica 10: Število celic v zaključni braniki in prirastek št. celic do datuma ranitve v letu 2007

	Pinning	Št. celic vzaključeni braniki leta 2007						Prirastek št. celic do datuma ranitve leta 2007					
zap.št	Datum	Drevo 1	Drevo 2	Drevo 3	Drevo 5	Drevo 6	Povp.Št.cel.	Drevo 1	Drevo 2	Drevo 3	Drevo 5	Drevo 6	Povp.št.cel.
1	11.05.2007	25	50				37	3,00	5,00				4,00
2	18.05.2007	33	46	32,50	52,00	73,00	47	4,00	7,00	5,00	4,00	2,00	4,40
3	23.05.2007	32	53	16,00	42,50	48,50	38	4,00	8,00	8,00	5,00	8,00	6,60
4	30.05.2007	27	39	29,00	52,50	39,50	37	5,00	9,00	8,00	3,00	7,00	6,40
5	06.06.2007	31	47	38,00	38,00	44,00	40	10,00	21,00	5,00	5,00	6,00	9,40
6	13.06.2007	35	53	30,50	30,00	37,50	37	13,00	26,00	10,00	4,00	18,00	14,20
7	21.06.2007	28	49	32,00	31,50	47,50	38	8,00	19,00	13,00	6,00	21,00	13,40
8	26.06.2007	35	64		32,00	40,00	43	12,00	25,00	0,00	12,00	25,00	14,80
9	05.07.2007	56	47	19,50		47,00	42	13,00	27,00	11,00		33,00	21,00
10	12.07.2007	28	39	18,50	35,00	39,00	32	16,00	32,00	17,00	18,00	32,00	23,00
11	19.07.2007	22	46	22,00	33,50	44,00	33	18,00	31,00	16,00	23,50	37,50	25,20
12	26.07.2007	22	39	40,50	19,50	47,00	34	18,00	36,00	38,50	23,50	40,50	31,30
13	02.08.2007	31	35	0,00	22,00	39,00	25	24,00	33,00	28,50	17,50	36,50	27,90
14	08.08.2007	28	34	26,50	13,00	40,00	28	28,00	33,00	30,50	19,00	37,50	29,60
15	16.08.2007	37	43				40	35,00	40,00				37,50
16	22.08.2007		40				40		40,00				40,00

Preglednica 11: Širina zaključne branike in širina prirastka do datuma ranitve v letu 2007

	Pinning	Širina zaključne branike leta 2007						Širina prirastka do datuma ranitve v letu 2007					
zap.št	Datum	Drevo 1	Drevo 2	Drevo 3	Drevo 5	Drevo 6	Povp.št.celice	Drevo 1	Drevo 2	Drevo 3	Drevo 5	Drevo 6	Povp.št.celice
1	11.05.2007	25,00	1454,20				739,60	22,21	64,95				43,58
2	18.05.2007	897,36	1353,66	1122,98	1496,95	2023,21	1378,83	40,93	114,04	57,91	49,61	25,96	57,69
3	23.05.2007	901,35	1306,08	524,18	1265,96	1366,15	1072,74	100,45	228,30	296,82	53,93	112,49	158,40
4	30.05.2007	766,02	1023,80	937,58	1406,45	1244,41	1075,65	65,19	268,72	166,65	74,12	271,67	169,27
5	06.06.2007	928,66	1286,50	1241,68	1081,46	1269,45	1161,55	340,62	547,33	176,94	168,76	198,63	286,46
6	13.06.2007	895,47	1556,90	993,02	924,92	1111,05	1096,27	319,47	762,76	317,30	145,78	486,19	406,30
7	21.06.2007	819,96	1462,52	1017,93	1015,28	1377,50	1138,64	297,66	742,26	449,28	232,57	752,74	494,90
8	26.06.2007	1082,54	1795,20	0,00	1090,97	1359,78	1065,70	483,92	955,76		490,75	831,81	690,56
9	05.07.2007	1640,52	1704,76	637,71		1654,72	1409,43	461,06	957,91	291,75		1338,21	762,23
10	12.07.2007	869,88	640,41	597,90	1204,24	1275,28	917,54	613,67	1190,38	529,48	659,45	1172,54	833,10
11	19.07.2007	692,76	1520,41	772,94	1195,56	1603,39	1157,01	618,15	1132,98	636,97	950,49	1427,08	953,13
12	26.07.2007	738,64	507,07	1410,34	798,31	1545,83	1000,04	705,90	1190,92	1446,82	700,54	1409,42	1090,72
13	02.08.2007	979,59	1280,69		824,65	1410,07	1123,75	825,22	1187,09		743,28	1332,98	1022,14
14	08.08.2007	1037,41	1189,26	1131,91	988,36	1325,40	1134,47	944,47	1144,06	1205,99	1011,23	1307,22	1122,59
15	16.08.2007	1285,28	1443,88				1364,58	1267,75	1409,82				1338,79
16	22.08.2007		1463,04				1463,04		1504,42				1504,42

Preglednica 12: Zaporedne številke, datumi vbodov in barve špihljajev uporabljene za
asnociranje vbodov pri smrekah v letih 2005, 2006 in 2007

Leto	2005		2006		2007	
ZAP. ŠT.	DATUM VBODA	BARVA	DATUM VBODA	BARVA	DATUM VBODA	BARVA
1	11.5.2005	RUMENA	12.5.2006	RUMENA	26.4.2007	RUMENA
2	18.5.2005	RDEČA	23.5.2006	ZELENA	3.5.2007	RDEČA
3	25.5.2005	MODRA	1.6.2006	MODRA	11.5.2007	ZELENA
4	1.6.2005	RUMENA	8.6.2006	RDEČA	18.5.2007	MODRA
5	8.6.2005	RDEČA	14.6.2006	RUMENA	23.5.2007	RUMENA
6	15.6.2005	MODRA	21.6.2006	ZELENA	30.5.2007	RDEČA
7	22.6.2005	RUMENA	28.6.2006	MODRA	6.6.2007	ZELENA
8	29.6.2005	RDEČA	4.7.2006	RDEČA	13.6.2007	MODRA
9	6.7.2005	MODRA	12.7.2006	RUMENA	21.6.2007	RUMENA
10	13.7.2005	RUMENA	19.7.2006	ZELENA	26.6.2007	RDEČA
11	20.7.2005	RDEČA	26.7.2006	MODRA	5.7.2007	ZELENA
12	27.7.2005	MODRA	2.8.2006	RDEČA	12.7.2007	MODRA
13	4.8.2005	RUMENA	8.8.2006	RUMENA	19.7.2007	RUMENA
14	10.8.2005	RDEČA	16.8.2006	ZELENA	26.7.2007	RDEČA
15	17.8.2005	MODRA	24.8.2006	MODRA	2.8.2007	ZELENA
16	24.8.2005	RUMENA	30.8.2006	RDEČA	8.8.2007	MODRA
17	31.8.2005	RDEČA	6.9.2006	RUMENA	16.8.2007	RUMENA
18	7.9.2005	MODRA	13.9.2006	ZELENA	22.8.2007	RDEČA
19	14.9.2005	RUMENA	19.9.2006	MODRA	29.8.2007	ZELENA
20	21.9.2005	RDEČA	26.9.2006	RDEČA	5.9.2007	MODRA
21	28.9.2005	MODRA	3.10.2006	RUMENA	12.9.2007	RUMENA
22	5.10.2005	RUMENA	11.10.2006	ZELENA		

