

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Bojan CERAR

LOKALNA KRONOLOGIJA HRASTA (*Quercus* sp.) Z DOLENJSKE

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**LOCAL CHRONOLOGY OF OAK (*Quercus* sp.) FROM THE DOLENJSKA
REGION, SLOVENIA**

GRADUATION THESIS

Higher professional studies

Ljubljana, 2007

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

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Bojan Cerar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	VS
DK	UDK 630*561.24:630*176.1 <i>Quercus</i> sp.
KG	Hrast/ <i>Quercus</i> sp./Dolenjska/branika/kasni les/širina/dendrokronologija/dendroklimatologija
AV	CERAR, Bojan
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	2007
IN	LOKALNA KRONOLOGIJA HRASTA (<i>Quercus</i> sp.) Z DOLENJSKE
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 42 str., 8 pregl., 28 sl., 24 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Opravili smo dendrokronološke in dendroklimatološke raziskave lesa hrasta (<i>Quercus</i> sp.) z območja Dolenjske. S pomočjo programa TSAP/x in ARSTAN smo sestavili različne tipe kronologij širin branik in širin kasnega lesa. S pomočjo programa DENDROCLIM 2002 smo proučili zvezo med širinami branik in kasnega lesa ter klimo (skupne mesečne padavine in povprečne mesečne temperature). Lokalna kronologija širin branik in kasnega lesa za hrast z Dolenjske je dolga 191 let (1812 – 2003). Zaporedij širin ranega lesa ni bilo mogoče sinhronizirati in sestaviti kronologije. Dendroklimatološka analiza je pokazala, da na širino branik in na širino kasnega lesa odločilno vplivajo junijске padavine (pozitiven vpliv) in junijске temperature (negativen vpliv). Korelacijski koeficienti vpliva junijskih temperatur in junijskih padavin na širine branik in širine kasnega lesa so stabilni v času za obdobje zadnjih 100 let, za katerega imamo na voljo podatke o klimi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN VS
DC UDC 630*561.24:630*176.1 *Quercus* sp.
CX Oak/*Quercus* sp./Dolenjska/growth ring/late wood/width/dendrochronology/dendroecology
AU CERAR, Bojan
AA ČUFAR, Katarina (supervisor)/OVEN, Primož (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2007
TI LOCAL CHRONOLOGY OF OAK (*Quercus* sp.) FROM THE DOLENJSKA REGION, SLOVENIA
DT Graduation Thesis (University undergraduate study)
NO IX, 42 p., 8 tab., 28 fig., 24 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Oak wood (*Quercus* sp.) from trees growing in the Dolenjska region of Slovenia was dendrochronologically and dendroclimatologically analysed. Using TSAP/x and ARSTAN computer programmes different types of tree-ring width and late-wood width chronologies were composed. Further DENDROCLIM 2002 computer programme was used to calculate the relation between tree-ring widths and late-wood widths to climate (sum of monthly precipitation and average monthly temperatures). A 191 year-long local chronology, spanning the period of 1812 – 2003, has been constructed. The sequences of early-wood widths could not be synchronized or assembled into a chronology. The dendroclimatological analysis showed that growth-ring widths and late-wood widths were mainly affected by June precipitation (positive effect) and June temperatures (negative effect). Correlation coefficients showing the relation between tree-ring or late-wood widths to June temperatures and precipitation proved to be stable in time for the period of last 100 years, for which the instrumental climatological data are available.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VII
Kazalo slik.....	VIII
1 UVOD.....	1
2 SPLOŠNI DEL	2
2.1 DOLENJSKA - GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI	2
2.2 GOZDOVI DOLENJSKE	3
2.3 HRAST (<i>Quercus</i> sp.).....	6
2.4 LES HRASTA.....	9
2.5 LASTNOSTI IN RABA LESA.....	10
2.6 HRAST V DENDROKRONOLOGIJI	10
2.7 BRANIKE IN KLIMA.....	12
3 MATERIAL IN METODE.....	14
3.1 VZORČNA DREVEZA	14
3.2 MERJENJE ŠIRIN BRANIK TER RANEGA IN KASNEGA LESA.....	16
3.3 SESTAVA KRONOLOGIJE ŠIRIN BRANIK IN ŠIRIN KASNEGA TER RANEGA LESA	17
3.3.1 Vrednost-t, po Baillie-Pilcherju	17
3.3.2 Koeficient časovne skladnosti GLK (%).	18
3.3.3 Indeks navzkrižnega datiranja CDI.....	18
3.4 ARSTAN KRONOLOGIJE	18
3.5 KLIMATSKI PODATKI	20
3.6 PRIPRAVA PODATKOV ZA UPORABOO V PROGRAMU DENDROCLIM 2002	21
3.7 OBDELAVA PODATKOV O ŠIRINAH BRANIK, ŠIRINAH KASNEGA LESA IN ŠIRIN RANEGA LESA V PROGRAMU DENDROCLIM 2002	22

4 REZULTATI.....	24
4.1 KRONOLOGIJA ŠIRIN BRANIK HRASTA (<i>Quercus</i> sp.) Z DOLENJSKE.....	24
4.1.1 Izračun kronologij v programu ARSTAN.....	28
4.2 KRONOLOGIJA ŠIRIN KASNEGA LESA HRASTA (<i>Quercus</i> sp.) Z DOLENJSKE	33
5 RAZPRAVA	37
6 SKLEPI	38
7 POVZETEK.....	39
8 VIRI.....	40
9 ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

str.

Preglednica 1: Oznake in podatki o vzorcih hrasta pred začetkom merjenja	15
Preglednica 2: Klimatske postaje, njihova nadmorska višina in obdobje meritev povprečnih mesečnih temperatur in skupnih mesečnih padavin.....	21
Preglednica 3: Vzorci hrastov z Dolenjske in podatki o številu branik in dataciji.	24
Preglednica 4: Statistični kazalniki za primerjavo zaporedij širin branik posameznih zaporedij širin branik s kronologijo širin branik hrasta z Dolenjske.	28
Preglednica 5: Statistična parametri kronologije tipa standard (STD) in residual (RES) za širine branik hrasta z Dolenjske	30
Preglednica 6: Korelacijski koeficienti za zvezo med širino branik ter temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) od septembra predhodnega leta (p) do septembra tekočega leta za Dolenjsko, izračunan s programom DENDROCLIM 2002. Rumeno poudarjeni so statistično značilni koeficienti.....	30
Preglednica 7: Statistična parametri RES- ARSTAN residual kronologije širin kasnega lesa hrasta z Dolenjske	35
Preglednica 8: Korelacijski in odzivni koeficienti za zvezo med širino branik ter temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) od septembra prejšnjega leta do septembra tekočega leta za Dolenjsko	35

KAZALO SLIK

str.

Slika 1: Levo prikaz Novomeške pokrajine v Sloveniji, desno razdeljena Novomeška pokrajina.....	4
Slika 2: Gozdnata krajina, gozdnata krajina in kmetijska in urbana krajina Novomeškega območja	5
Slika 3: Hrast (<i>Quercus</i> sp.)	7
Slika 4: Hrastova skorja desno in hrastova vejica z listi levo	8
Slika 5: Hrast dob (<i>Quercus robur</i> Ehrh.) levo, Hrast graden (<i>Quercus petraea</i> L.) desno	8
Slika 6: Mikroskopska zgradba: prečni prerez hrastovine	9
Slika 7: Kolut pred izžagovanjem vzorcev (levo), vzorci-napolitanke (desno).....	15
Slika 8: Merilne naprave levo (mikroskop, mizica, monitor, kamera, vzorec les hrasta) in mikroskop OLYMPUS S2-11 in merilna mizica LINTAB desno	16
Slika 9: Povečan pogled površine vzorca lesa ki ga merimo (levo) in monitor z zaporedjem širin branik (desno) med merjenjem	17
Slika 10: Primer zapisa podatkov v formatu Heidelberg *FH (zgoraj) in Tucson *RWL (spodaj).....	19
Slika 11: Prikaz lokacij hidrometeoroloških postaj (Katedra za tehnologijo lesa)	20
Slika 12: Povprečne mesečne temperature (linija) in skupne mesečne padavine (stolpci) za hidrometeorološke postaje Ljubljana, Novo mesto, Celje, Kočevje in Biveljsko.....	20
Slika 13: Primer oblikovanih podatkov, skupnih mesečnih padavin (PP) v mm, za uporabo v programu DENDROCLIM 2002. Stolpci predstavljajo mesečne vrednosti od januarja do decembra.	21
Slika 14: Primer pravilno oblikovanih podatkov (TE) temperatura za uporabo v programu DENDROCLIM 2002. Stolpci predstavljajo mesečne vrednosti od januarja do decembra.	22
Slika 15: Primer pravilno oblikovanih indeksiranih vrednosti širin branik za uporabo v programu DENDROCLIM 2002.....	22
Slika 16: Sliki prikazujeta izbor podatkov za program DENDROCLIM 2002	23
Slika 17: Sliki prikazujeta kam se bodo shranili podatki in kakšen bo način izpisa podatkov	23
Slika 18: Datirana zaporedja širin branik vseh vzorcev z Dolenjske.....	25
Slika 19: Časovni razpon zaporedij širin branik vseh vzorcev z Dolenjske	26
Slika 20: Kronologija širin branik hrasta z Dolenjske (DOL) in njena pokritost	27

Slika 21: Standardna kronologija (STD) za širine branik hrasta z Dolenjske.....	29
Slika 22: Kronologija tipa ARSTAN residual (RES) za širine branik hrasta z Dolenjske	29
Slika 23: Bootstrap korelacijske vrednosti, dobljene s programom DENDROCLIM 2002. Zvezdice označujejo, da je vrednost kazalnika statistično značilna (95% interval zaupanja).	31
Slika 24: Časovna stabilnost korelacijskih koeficientov odzivne funkcije med širino branik in klimatskimi parametri (interval 60 let); prvi interval od 1900-1959, zadnji interval od 1944-2003. Barvna skala označuje predznak in velikostni razred korelacijskega koeficiente.	32
Slika 25: Datirana zaporedja širin kasnega lesa vseh vzorcev z Dolenjske	33
Slika 26: Kronologija širin kasnega lesa hrasta z Dolenjske (DOL) in njena pokritost	33
Slika 27: Kronologija tipa ARSTAN residual (RES) za širine kasnega lesa hrasta z Dolenjske	34
Slika 28: Časovna stabilnost korelacijskih koeficientov odzivne funkcije med širino kasnega lesa in klimatskimi parametri (interval 60 let); prvi interval od 1900-1959, zadnji interval od 1944-2003. Barvna skala označuje predznak in velikostni razred korelacijskega koeficiente.	36

1 UVOD

Na Katedri za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo BF že več let potekajo dendrokronološke raziskave različnih lesnih vrst z različnih področij Slovenije. Dendrokronološko je med najbolj zanimivimi je hrastov les. V Sloveniji sta najpogostejša hrasta dob (*Quercus robur*) in graden (*Quercus petraea*) za katera so v Evropi sestavili številne dolge kronologije. V Sloveniji so sestavili nekaj lokalnih kronologij hrasta, ki so temeljile na lesu dreves (Čufar in Levanič, 1999) in so jih šele v zadnjem času podaljšali v preteklost (Čufar s sod., 2006).

Oba hrasta med drugim uspevata tudi na Dolenjskem. Za območje Dolenjske doslej še niso bile sestavljene kronologije dreves, raziskanih in datiranih pa je bilo že veliko hrastovih objektov. Hkrati se kopijočijo tudi kronologije iz zgodovinskih objektov in iz arheoloških najdišč, ki še niso absolutno datirane (Velušček in Čufar, 2002). V Sloveniji potrebujemo čim več lokalnih kronologij hrasta, da bi lahko bolje pojasnili njihovo zvezo s kronologijami drugih lesnih vrst in s hrastovimi kronologijami iz drugih regij. Hrastovina je zanimiva tudi z vidika dendroklimatoloških, zato je potrebno poznavanje zvezne med širino branik in klimo ter med zgradbo širin branik in klimo.

Cilji diplomske naloge so bili:

- sestaviti lokalno kronologijo širin branik za hraste iz območja Dolenjske,
- sestaviti kronologijo širin kasnega in ranega lesa za ista drevesa,
- opraviti dendroklimatološke analize s pomočjo programa DENDROCLIM 2002.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 DOLENJSKA - GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI

Dolenjska je staro ime za jugovzhodno Slovenijo od jugovzhodnega roba Ljubljanske kotline do hrvaške meje; njena severna meja ni natančneje določena – nekateri jo postavljajo na reko Savo – na jugu pa jo pogosto začrtujejo na reki Kolpi. Razen ravnega Krško-Brežiškega polja je Dolenjska površinsko razgibana, gričevnata pokrajina. Ob dolini reke Temenice je vzhodna meja med predalpskim hribovjem in dinarskim svetom. (Slovenija - turistični vodnik, 1995)

Za celotno Slovenijo, razen v visokogorju in vzdolž obale, je značilno zmerno toplo vlažno podnebje. V splošnem za to podnebje velja, da je povprečna temperatura januarja, najhladnejšega meseca, višja od -3°C in julija, najtoplejšega meseca, nižja od 22°C , da je vsaj štiri mesece povprečna temperatura več kot 10°C in da so padavine razmeroma enakomerno razporejene skozi vse leto (Geografski atlas Slovenije, 1998).

Glede na padavinski režim, povprečno temperaturo najtoplejšega in najhladnejšega meseca ter razmerje med oktobrskimi in aprilske temperaturami delimo Slovenijo na tri podnebne tipe z devetimi podtipi. Dolenjska ima tako zmerno celinsko podnebje in štiri različne podtipe.

Na jugovzhodnem delu (Kočevje, Ribnica do Kolpe) je povprečna količina padavin višja od 1300 mm, višek padavin je prvič jeseni in drugič na prehodu iz pomladi v poletje, nižek (SSKJ, 1994) pa prvič na prehodu zime v pomlad in drugič julija in avgusta, aprilske temperature so v povprečju nižje od oktobrskih, povprečne januarske temperature so med 0 in -3°C , povprečne julijске pa od 15 do 20°C (Geografski atlas Slovenije, 1998).

Osrednja Dolenjska ima povprečno letno količino padavin med 1000 in 1300 mm, padavinski višek je poleti, nižek (SSKJ, 1994) pa pozimi, aprilske temperature so v

povprečju nižje od oktobrskih, povprečne januarske temperature so med 0 in -3°C, povprečne julijске pa od 15 do 20°C (Geografski atlas Slovenije, 1998).

Krško-Brežiško polje, ki se že odpira proti panonski nižini ima povprečno letno količino padavin med 800 in 1000 mm, padavinski višek je poleti, nižek (SSKJ, 1994) pa pozimi, povprečna aprilska temperatura je enaka oktobrski ali višja od nje, povprečne januarske temperature so večinoma pod -1°C, povprečne julijске pa nad 19°C (Geografski atlas Slovenije, 1998).

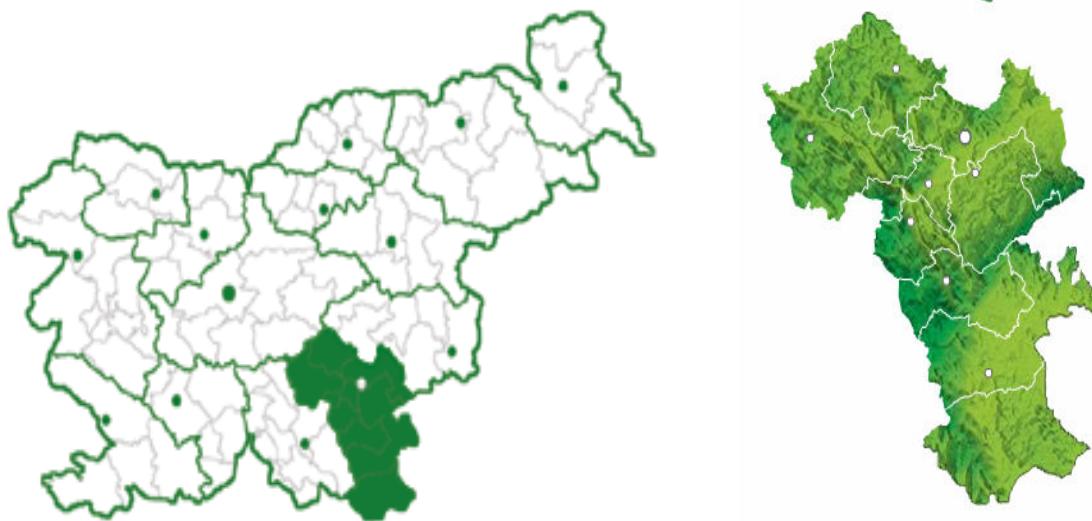
V Beli krajini je povprečna letna količina padavin od 1200 do 1300 mm, višek padavin je prvič jeseni in drugič na prehodu iz pomladi v poletje, nižek (SSKJ, 1994) pa prvič na prehodu zime v pomlad in drugič julija in avgusta, povprečna aprilska temperatura je približno enaka oktobrski, povprečne januarske temperature so večinoma pod -1°C, povprečne julijске pa nad 19°C (Geografski atlas Slovenije, 1998).

Dolenjska je gričevnata pokrajina in je nadpovprečno gozdnata. Za območje so večinoma značilni mešani listnatni gozdovi, ki so jih v preteklosti krčili za pridobivanje poljedeljskih površin. Z gozdovi z območja Dolenjske večinoma upravlja Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Novo mesto.

Zaradi matične kamninske osnove reliefa, vodnega režima in podnebja je za gozdove značilna velika pestrost. V osrednji in jugovzhodni Dolenjski, kjer prevladujeta apnenec in dolomit najdemo predvsem rjave pokarbonatne prsti in rendzine, pa tudi rjave prsti na karbonatnih kamninah. V Beli krajini se razprostirajo steljniške ali akrične prsti, ki so posebna oblika rjavih pokarbonatnih prsti. Na Krško-Brežiškem polju pa najdemo celo paleto različnih prsti. To so rendzine in izprane prsti na karbonatnem produ, oglejene, psevdooglejene in obrečne prsti na glini in pesku. (Geografski atlas Slovenije, 1998)

2.2 GOZDOVI DOLENJSKE

Območje Zavoda za gozdove Slovenije, OE Novo mesto ima 62% gozdnatost in upravlja s 93.657 ha gozdov (Zavod za gozdove Slovenije. 2007).



Slika 1: Levo prikaz Novomeške pokrajine v Sloveniji, desno razdeljena Novomeška pokrajina (Zavod za gozdove Slovenije, 2007)

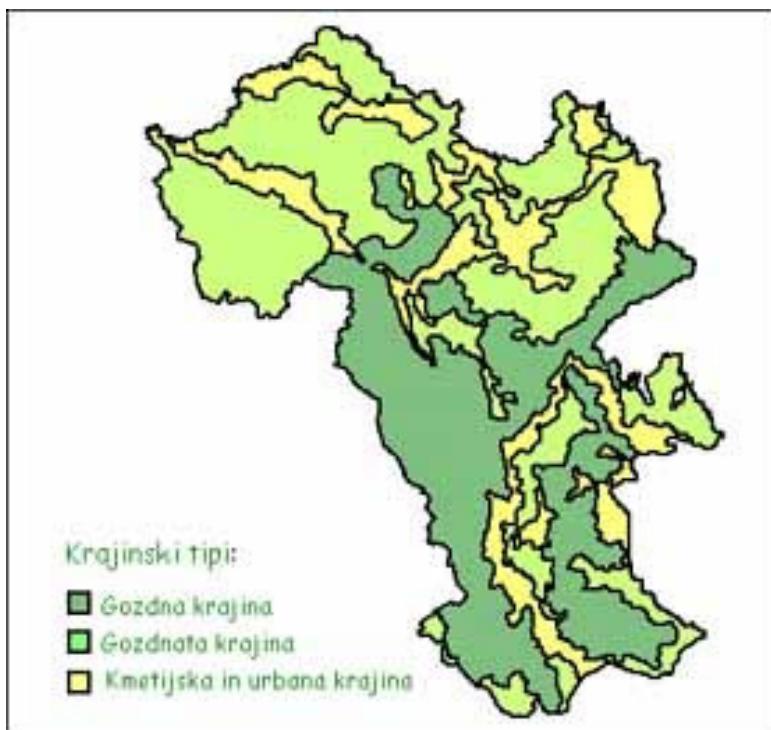
Novomeško gozdnogospodarsko območje obsega predvsem jugovzhodni del Slovenije s trebanjsko in novomeško kotlino, z Gorjanci, Belo krajino, delom Suhe krajine ter z vzhodnim delom roškega masiva. Najvišja točka območja je Trdinov vrh na Gorjancih s 1.181 metri nadmorske višine, najnižje ležeče pa so loke ob Kolpi s 135 metri nadmorske višine.

Glavna vodotoka v območju sta reki Krka in Kolpa. Krka se od izvira do Soteske napaja v glavnem s podzemskimi pritoki z območja Suhe krajine, od tu naprej pa so številni in dokaj vodnati pritoki predvsem izpod Kočevskega roga in Gorjancev. Z levega brega je največji pritok kraška rečica Temenica, ki se na svoji poti od trebanjske doline proti reki Krki kot ponikalnica dvakrat skrije pod površje. Kolpa teče po južnem robu območja v dolžini okrog 70 km, vanjo pa se na levem bregu izliva Lahinja s pritokoma Dobličico in Krupo.

Za območje je značilna močna razpršenost poselitve. Značilno je veliko število manjših vasi, raztresenih po celi površini območja, v katerih živi polovica vsega prebivalstva v območju. Večja neposeljena predela sta le Kočevski rog in Gorjanci.

Območje delimo na naslednje krajinske tipe:

- Gozdna krajina se nahaja na 37% površine območja in pokriva pokrajino od planote Brezova reber proti jugu preko Kočevskega roga do Kolpe, proti vzhodu preko Radohe in Gorjancev ter del Bele krajine.
- Gozdnata krajina se nahaja na 43% površine območja in pokriva večinski del Suhe krajine, manjše površine v Beli krajini in območje severno in južno od Novega mesta.
- Kmetijska in urbana krajina se nahaja na 20% površine območja in pokriva dolino reke Krke in Kolpe v spodnjem toku, šentjernejsko polje ter Novo mesto, Trebnje, Metliko in Črnomelj z okoliškimi vasmi.



Slika 2: Gozdna krajina, gozdnata krajina in kmetijska in urbana krajina Novomeškega območja (Zavod za gozdove Slovenije, 2007)

Na območju rasteta tudi oba naša najpomembnejša hrasta dob in graden.

2.3 HRAST (*Quercus* sp.)

Taksonomija hrasta (*Quercus*) je naslednja (Brus, 2004):

- deblo Spermatophyta – semenke
- poddeblo Magnoliophytina (Angiospermae) – kritosemenke
- razred Magnoliopsida (Dicotyledonae) – dvokaličnice
- podrazred Hamamelididae
- nadred Trochodendrande
- red Fagales – bukovci
- družina Fagaceae – bukovke
- rod *Quercus* – hrast
- podrod *Quercus*
- vrsta Hrast dob (*Quercus robur* Ehrh.), Hrast graden (*Quercus petraea* L.)

Rod hrast (*Quercus*) je v Evropi zastopan s približno 20 avtohtonimi vrstami, ki pa pripadajo 3 podrodovom (Brus, 2004).

V Sloveniji raste 7 vrst hrasta:

- Hrast dob (*Quercus pedunculata* Ehrh.)
- Hrast graden (*Quercus petraea* L.)
- Hrast cer (*Quercus cerris* L.)
- Hrast črnika (*Quercus ilex* L.)
- Hrast rdeči (*Quercus rubra* L.)
- Hrast plutovec (*Quercus suber* L.)
- Hrast prnar (*Quercus coccifera* L.)

Med njimi sta najpomembnejša dob in graden, ki ju dendrološko lahko razlikujemo, zanesljivo razlikovanje po lesu pa ni mogoče. Obe vrsti sta razširjeni po vsej Evropi do

male Azije. Dob raste v ravnini in predgorjih, na globokih, plodnih in vlažnih tleh , graden pa predvsem na peščenih, suhih tleh gričevij in sredogorij. Tako je za bukvijo je hrast naš najpomembnejši listavec. Drevesa iz sestoja so lepo raščena z ravnimi in cilindričnimi debli. Za graden je značilno bolj vitko, do vrha segajoče deblo in krošnja pravilne oblike z enakomerno razporejenimi vejami. Skorja je razpokana-razbrazdana. Dobu se v območju krošnje deblo razvije na krepke navzven sršeče veje. Prosto rastoti hrasti imajo široke krošnje, kratka čokata debla in so za predelavo manj primerni Med evropskimi drevesnimi vrstami prav hrasti dosegajo najvišje starosti, saj 600 do 700 let stara drevesa niso nobena posebnost (Čufar, 2006).



Slika 3: Hrast *Quercus* sp. (Vukosav, 1998)



Slika 4: Hrastova skorja desno in hrastova vejica z listi levo



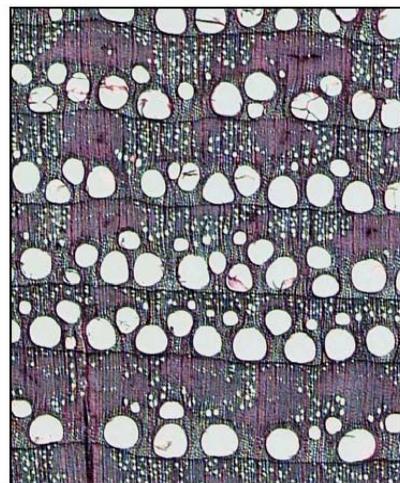
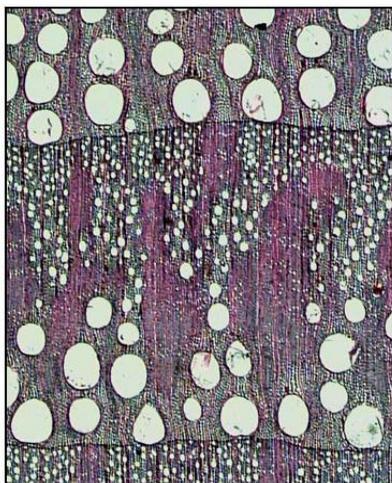
Slika 5: Hrast dob (*Quercus robur* Ehrh.) levo (wikipedia.org, 2007), Hrast graden (*Quercus petraea* L.) drsno (Jenskleemann.de, 2007)

Prosto rastoči hrasti imajo široke krošnje, kratka čokata debla in so za predelavo manj primerni. V povprečju hrasti dosegajo višine 20 do 40 m in premera nad 1 m, debla brez vej dosegajo dolžine 12 – 15 metrov. Maksimalne dimenziije hrastov na dobrih rastiščih pa so: višine do 50 metrov, premeri pa od 2-3 metre.

2.4 LES HRASTA

Za dob in graden je značilna rumenobela beljava in jedrovina katera pa je svetlorjava do rumenkastorjava. Beljava je navadno ozka (2,5-5cm). Branke so razločne, prehod med ranim in kasnim lesom je večinoma oster. V splošnem velja, da ima graden z 1 mm širokimi branikami nekaj gostejši les kot dob (Čufar, 2006).

Traheje so v prečnem prerezu vidne kot pore in so vidne z prostim očesom. Na vzdolžnem prerezu pa so traheje vidne kot žlebiči. Traheje kasnega lesa so vidno manjše od trahej ranega lesa. Razporejene so radialno, skupaj s traheidami osnovnega tkiva na prečnem prerezu pa tvorijo s prostim očesom vidna svetlejša polja. Traheje jadrovine so navadno otljene. Poleg zelo finih (enorednih), se v neenakomernih presledkih pojavljajo tudi zelo široki (nad 1 mm) in do 1 cm visoki trakovi, ki se na tangencialnih površinah vidijo kot dolge svetle proge, na radialnih pa kot izrazita zrcala. Aksialni parenhim, ki pogosto tvori zelo fine tangencialne nize, je viden na prečnem prerezu samo z lupo (Čufar, 2006).



Slika 6: Mikroskopska zgradba: prečni prerez hrastovine (Arhiv Katedre za tehnologijo lesa, 2004)

2.5 LASTNOSTI IN RABA LESA

Srednja gostota hrastovine v absolutno suhem stanju je 650 kg/m^3 z razponom od 390 kg/m^3 do 930 kg/m^3 . Gostota zelo niha odvisno od rastiča, rastnih posebnosti in starosti in je odvisna od deleža ranega in kasnega lesa. Širše kot so branike, večji je delež kasnega lesa in gostejši, trdnejši ter trši je les, nasprotno pa je les z ožjimi branikami redkejši in mehkejši, ker v njem prevladuje rani les. Širina branike oz. delež ranega (ali kasnega) lesa bistveno vpliva na gostoto in s tem na lastnosti lesa. Hrastovina se znatno krči. Trdnostne lastnosti hrastovine z višjo gostoto so odlične, zato ga pogosto uporabljamo za konstrukcije.

Hrastov les odlikuje tudi visoka naravna trajnost. Svež in vlažen les se ob stiku z železom zaradi reakcije s čreslovinami iz lesa bolj ali manj modročrnoobarva.

Uporabnost hrasta je zelo raznovrstna, pri čemer je potrebno ločiti t.i. mehko in trdo hrastovino. Mehka se uporablja bolj v dekorativne namene, druga pa se uporablja za parket, lahko pa tudi drva za kurjavo. Primerna je za gradbene in konstrukcijske ali za železniške pragove. Pomemben je tudi v vinogradništvu. V hrastovih sodih zorijo najboljša vina, rum, konjak, viski ali pa se les uporablja kot nosilno drogovi trte...

2.6 HRAST V DENDROKRONOLOGIJI

Hrast spada med venčastoporzne listavce, zato so za dendrokronološke raziskave posebej primerni. Branike so razločne. Pomembno je, da je za preživetje doba in gradna potreben vsakoleten narastek nove branike, saj starejše branike navadno že prvo leto po nastanku zaradi zračne embolije in otiljenja postanejo neprevodne za vodo. Rani les v braniki nastane spomladi, praviloma že pred olistanjem drevesa.

Dendrokronološke raziskave hrasta so bile predmet številnih raziskav in diplomskih nalog.

Strasberger (1997) je v svoji diplomski nalogi z naslovom »Uvodne dendrokronološke raziskave hrasta v Sloveniji« opravil dendrokronološke raziskave in ugotovil, da je dobra priprava vzorcev predpogoj za pravilno merjenje širin branik, posebno kadar so te izjemno ozke in omejene le na rani les ter v primeru, da so izrazito zamaknjene ob širokih trakovih.

Pavlič (1997) je raziskovala dob, graden, in jesen (*Fraxinus excelsior* L.) na Ljubljanskem barju. Sestavila je lokalne kronologije za različne območja Ljubljanskega barja. S primerjavami kronologij doba, gradna in velikega jesena, je ugotovila, da je statistična in vizualna podobnost dobovih in gradnovih kronologij velika. S tem je potrdila, da tudi pri nas lahko obe vrsti hrasta v dendrokronologiji obravnavamo skupaj. Ugotovila je tudi, da prisotnost popolne beljave in s tem zadnje branike pri datiranju hrastovine odločilnega pomena. Hrastove kronologije so se ujemale tudi s kronologijami jesena iz istega območja.

Sever (2004) je sestavil kronologijo za Kozjansko in kronologijo za Srem. Ugotovil je, da se Kozjanska kronologija statistično ujema z dvema hrastovima, eno jesenovo in petimi bukovimi kronologijami iz Slovenije ter z dvema hrastovima kronologijama iz Madžarske. Kronologija iz Srema izkazuje statistično značilno ujemanje z dvema hrastovima in eno bukovo kronologijo iz Slovenije, s šestimi hrastovimi kronologijami iz Madžarske in z regionalno hrastovo kronologijo iz vzhodne Avstrije. Njegove ugotovitve predstavljajo doslej daleč najboljšo telekonekcijo in heterokonekcijo hrastove kronologije iz Slovenije.

Mrhar (2005) je v svoji diplomski nalogi raziskal kronologije širin kasnega lesa hrastovih dreves iz Kozjanskega in ugotovil, da z analizami širin kasnega lesa lahko pridobimo pomembne dendrokronološke podatke, ter da je možno in smiselno sestaviti kronologijo širin kasnega lesa in da ni v njegovem primeru možno sestaviti kronologije ranega lesa.

2.7 BRANIKE IN KLIMA

Širina branik ter delež kasnega in ranega lesa pri hrastu sta odvisna od klimatskih dejavnikov, predvsem temperature in padavin. V Sloveniji je bilo opravljenih že več raziskav na temo vpliv klime na branike pri različnih drevesnih vrstah. Naj omenim nekatere med njimi.

Jurkovič (1996) je raziskoval dendroklimatološke značilnosti borovij v okolici Ljubljane. Pri raziskavah rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.). Ugotovil je, da drevesa v fazi nekrobioze v značilnih letih reagirajo podobno kot zdrava in intermediarna drevesa. dendrokronološke analize rdečega bora so pokazale, da je radialni prirastek dreves v prsnici višini, mogoče pojasniti s klimatskimi prilikami tekočega in predhodnega leta. radialni prirastek v prsnici višini je bilo mogoče zanesljivo pojasniti s toplim oktobrom predhodnega leta, hladnim aprilom in junijem tekočega leta ter s sušnim marcem in deževnim aprilom tekočega leta.

Srebotnjak (1997) je raziskovala dendroekološke značilnosti črnega bora (*Pinus nigra* Arnold) na Divaško Komenskem Krasu. je ugotovila, da s širino branike narašča tako širina ranega kot širina kasnega lesa. Delež kasnega lesa se s širino branike rahlo povečuje, delež ranega lesa pa pada. oba rezultata sta bila statistično neznačilna.

Stanovnik (1998) pa je opravil dendroekološko analizo rasti smreke (*Picea abies* Karst.) v mraziščih na področju Notranjskega Snežnika. Ugotovil je vizualno skladnost kronologij, ki pa je bila statistično potrjena samo v primeru kronologije le za adultno obdobje dreves. Analiza širin branike po vertikali je pokazala, da so analize smreke priraščale dokaj enakomerno po celotni višini z izjemo krošnje, kjer je bila širina branike znatno večja.

Zajec (2005) je raziskal ekološke in dendrokronološke posebnosti rasti bora (*Pinus halepensis* Mill.) iz izbranih rastišč v Sloveniji in Španiji, kjer je uporabil metode merjenja širin branik. Matematično statistične metode za obdelavo kronologij, sinhronizacijo kronologij, analizo značilnih let in dendroklimatološko analizo pa je opravil s pomočjo programa DENDROCLIM 2002. Ugotovil je, da so klimatski dejavniki tisti, ki pogojujejo rast alepskega bora v Sloveniji in Španiji in da so v Slovenski Istri najpomembnejši

omejujoči dejavniki rasti nizke februarske temperature, v Španiji pa primanjkuje padavin, posebno junijskih.

Pomembne so predvsem ugotovitve, da je tudi v Sloveniji z raziskavami dreves mogoče sestaviti 100-200 let dolge kronologije širin branik hrasta (Sever, 2004), da je poleg raziskav širin branik lahko uspešna tudi raziskava širin kasnega lesa (Mrhar, 2005) in da je les hrasta iz zgodovinskih objektov v Sloveniji mogoče datirati (Zaletel, 2006; Levanič in Čufar, 2000). Program DENDROCLIM 2002 se je pokazal za obetavno orodje za dendroklimatološke raziskave (Zajec, 2005). Uvodne dendroklimatološke raziskave hrasta v Sloveniji so pokazale, da na širino branik pomembno vplivajo junijске temperature in padavine. Širine branik so najširše kadar je junij moker in ima podpovprečne temperature (Čufar osebna komunikacija; Čufar s sod., 2006).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 VZORČNA DREVESA

Vzorce za dendrokronološke raziskave smo pridobili iz debel hrastovine iz območja GG Novo mesto, ki so bila pripeljana na skladišče podjetja LIP Radomlje. Za raziskavo smo izbrali debla hrasta gradna (*Quercus petraea*) in doba (*Quercus robur*), ki so imela na nivoju 4 m v deblu nad 80 branik. Izbrali smo 10 debel in iz njih izrezal kolute debele približno 10 cm.

Te kolute smo sušili na zraku do zračno suhega stanja. Sušenje smo opravili previdno, tako da površina lesa ni razpokala. V nadaljevanju smo te vzorce osušili v laboratorijski sušilnici do vlažnosti 3 do 5 %. Iz zračno suhih kolutov smo nato izžagali po dva radialna vzorca, ki sta potekala vzdolž dveh reprezentativnih radiev, širina vzorca je bila približno 4-5 cm. Pri pripravi vzorcev smo upoštevali še:

- da sta bila vzorca po možnosti iz nasprotnih radiev v kolutu,
- da na mestu odvzema ni bilo napak,
- da je vzorec vseboval stržen, zadnjo braniko pod skorjo in skorjo,
- da so branike na vzorcu potekale čim bolj pravokotno na vzdolžno smer vzorca.

Vse vzorce smo označili s šiframi ki so vsebovale številko drevesa (2-11) in oznako radija (A in B). Primer take šifre je (DOL02A5, DOL02B5) iz tega vidimo, da gre za vzorca pridobljena iz istega debla in koluta. Zato ker je prvi del šifre enak, spremeni se pa drugi del (v prvem je oznaka A, v drugem pa B). Nadaljnja obdelava suhih vzorcev je potekala v mizarski delavnici, kjer smo vzorce zbrusili z brusnimi papirji granulacije 80, 120 in na koncu še z papirjem granulacije 240. Površina je morala biti na koncu tako gladka, da se je dobro videl prečni prerez z branikami, letnicami in posameznimi celicami. Obdelavi je sledilo merjenje, ki pa je potekalo v dendrokronološkem laboratoriju na Katedri za tehnologijo lesa.



Slika 7: Kolut pred izžagovanjem vzorcev (levo), vzorci-napolitanke (desno).

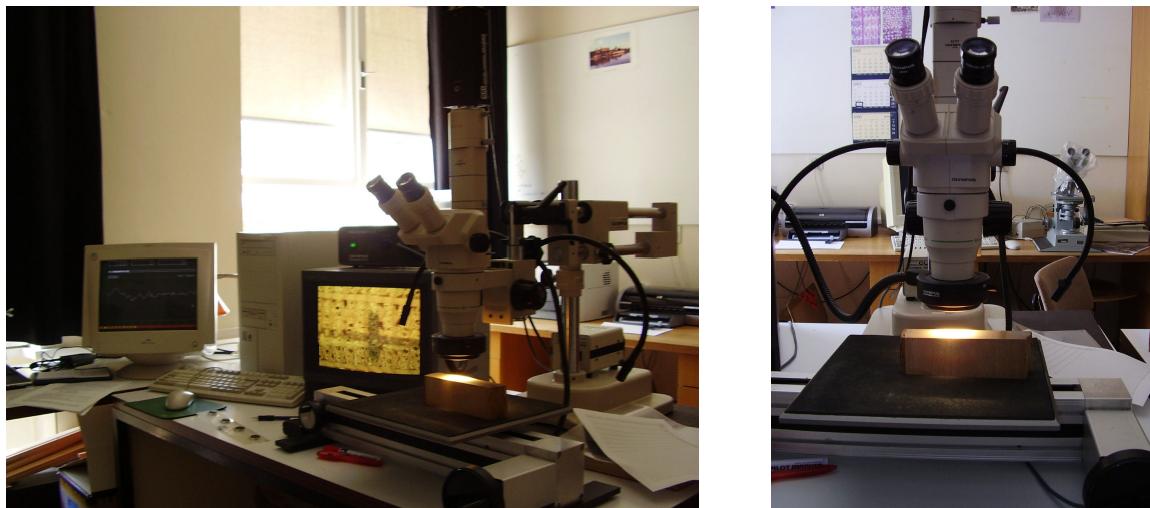
Preglednica 1: Oznake in podatki o vzorcih hrasta pred začetkom merjenja

Št.	vzorec	Št. Branik	Prvo leto	Zadnje leto	podatki vključeni
					v kronologijo
1	DOL02A5			2003	
2	DOL02B5			2003	
3	DOL03A5			2003	
4	DOL03B5			2003	
5	DOL04A5			2002	
6	DOL04B5			2002	
7	DOL05A5			2003	
8	DOL05B5			2001	
9	DOL06A5			2002	
10	DOL06B5			2003	
11	DOL07A5			2003	
12	DOL07B5			2002	
13	DOL08A5			2003	
14	DOL08B5			2003	
15	DOL09A5			2003	
16	DOL09B5			2003	
17	DOL10A5			2003	
18	DOL10B5			2003	
19	DOL11A5			2003	
20	DOL11B5			2002	

Zadnje leto koluta sem lahko določil zato, ker sem dobil na skladišču podatke o letu poseka.

3.2 MERJENJE ŠIRIN BRANIK TER RANEGLA IN KASNEGA LESA

Vzorec se postavi na merilno mizico LINTAB, ki je povezana z računalnikom, kjer teče program TSAP/x za beleženje širin branik, kasnega in ranega lesa in obdelavo podatkov. Mizico premikamo ročno. Vsak premik računalniški program zazna in zabeleži, potek merjenja pa spremljamo na monitorju. Površino vzorcev lesa pri merjenju opazujemo skozi stereo mikroskop OLYMPUS S2-11, ki pa je preko kamere SONY CDD/RGB povezan z barvnim monitorjem SONY Trinitron. Merjenje širin branik opravimo z natančnostjo 0,01 mm. Pri merjenju vzorec orientiramo tako, da je stržen na desni strani mizice in periferija na levi strani. Nato merimo vzorce v smeri od stržena proti periferiji z ročnim pomikanjem mizice od leve proti desni. Meje med branikami, kasnim in ranim lesom sem označil s pritiskom na gumb, širine branik, kasnega ali ranega lesa pa so se sproti zapisovale v računalnik. Posebej smo opravili merjenje širin branik, kasneje pa posebej še merjenje širin ranega in kasnega lesa.



Slika 8: Merilne naprave levo (mikroskop, mizica, monitor, kamera, vzorec les hrasta) in mikroskop OLYMPUS S2-11 in merilna mizica LINTAB desno



Slika 9: Povečan prerez površine vzorca lesa ki ga merimo (levo) in monitor z zaporedjem širin branik (desno) med merjenjem

3.3 SESTAVA KRONOLOGIJE ŠIRIN BRANIK IN ŠIRIN KASNEGA TER RANEGLA LESA

S pomočjo programa TSAP/x smo opravili sinhroniziranje in datiranje vseh zaporedij širin branik. Za sestavo kronologije smo izračunali povprečje vseh zaporedij, kar smo opravili v programu TSAP/x in Excel, kamor smo prenesli podatke po sinhroniziranju in datiranju. Sinhroniziranje smo opravili, kot je opisano v diplomskih nalogah (Sever, 2004 in Zaletelj, 2006). Sinhroniziranje in datiranje je potekalo brez težav, ker smo za vsa drevesa poznali leto poseka, njihove kronologije širin branik pa smo lahko primerjal tudi z različnimi hrastovimi kronologijami na Katedri za tehnologijo lesa.

V kronologijo širin branik smo vključili samo tista zaporedja širin branik, ki so se statistično ujemala s kronologijo širin branik vseh dreves. Če so bili statistični kazalniki značilni smo potrdili upravičenost vključevanja kronologije. Uporabljeni statistični kazalniki so opisani v nadaljevanju. Enak postopek smo opravili s širinami branik, ranega in kasnega lesa.

3.3.1 Vrednost-t, po Baillie-Pilcherju

Izračun koeficiente t_{BP} (v nadaljevanju oznaka TVBP) ali t-vrednosti, po Baillie-Pilcherju, je parametričnen statističen test (Baillie in Pilcher, 1973, cit. po Levanič, 1996). Namen njegovega izračuna je pridobiti objektivno mero za ugotavljanje podobnosti med dvema zaporedjema širin branik oz. kronologijama. Primerjava poteka vedno med dvema

krivuljama in temelji na izračunu korelacijskega koeficiente korigiranega s kvadratnim korenom iz števila stopenj prostosti. Koeficient t lahko zavzame vrednosti med 0-100. mejna v vrednost za statistično značilno podobnost dveh zaporedij širin branik je ≥ 4 . Koeficient t_{BP} smo izračunali s pomočjo programa TSAP/x.

3.3.2 Koeficient časovne skladnosti GLK (%).

Koeficient časovne skladnosti je po definiciji mera ujemanja dveh kronologij na opazovanem intervalu (Eckstein in Bauch, 1969 cit. po Levanič 1996). Pri tem primerjamo dve zaporedji širin branik med seboj. Koeficient časovne skladnosti izražamo v odstotkih in zavzame vrednosti med 0-100%. Večja je vrednost, bolj sta si dve zaporedji podobni. Mejna vrednost za značilno podobnost dveh zaporedij širin branik je 65% ali več. Koeficient časovne skladnosti smo izračunali s pomočjo programa TSAP/x.

3.3.3 Indeks navzkrižnega datiranja CDI

Statistični kazalniki indeksa navzkrižnega datiranja ang. Cross date index, podaja informacijo o ujemanju dveh kronologij (Schmidt 1987, cit. po Levanič 1996), združuje kombinacijo koeficiente časovne skladnosti (GLK) in koeficiente t_{BP} ter na ta način omogoča lažje in hitrejše sinhroniziranje kronologij. Uporabljamo ga kot pomagalo pri sinhroniziranju predvsem takrat, ko pride med koeficientom t_{BP} in GLK do večjih razhajanj.

3.4 ARSTAN KRONOLOGIJE

Vhodni podatki za program ARSTAN so bili datirana zaporedja širin branik (ali širin kasnega lesa) v formatu "Tucson" ekstenzija (rwl). Podatke smo v tem formatu zapisali s pomočjo programa TSAP/x.

The image shows two windows of Microsoft Notepad. The top window is titled 'DOLRW.OK.FH - Notepad' and contains data in Heidelberg FH format. The bottom window is titled 'dolrw.rwl - Notepad' and contains data in Tucson RWL format. Both windows show tables of numerical data representing tree ring measurements.

	247	177	421	325	401	393	320	350	305	319
363	321	323	318	402	247	331	287	283	233	
163	210	225	174	212	204	246	237	272	221	
287	188	196	189	181	180	191	236	216	197	
200	325	191	222	255	236	166	186	212	109	
163	210	225	174	206	178	185	232	247	252	
233	106	137	230	139	222	173	142	188	214	
215	209	161	196	190	204	126	201	101	285	
144	202	169	115	121	151	125	123	191	153	
160	173	115	107	85	100	106	101	94	105	
126	94	107	130	105	88	123	0	0	0	

	123	242	267	311	379	305	269	314	338	325
261	281	242	248	259	279	303	285	325	363	376
309	304	240	298	326	274	244	296	335	371	371
371	294	280	144	112	170	200	143	203	169	169

Slika 10: Primer zapisa podatkov v formatu Heidelberg *FH (zgoraj) in Tucson *RWL (spodaj).

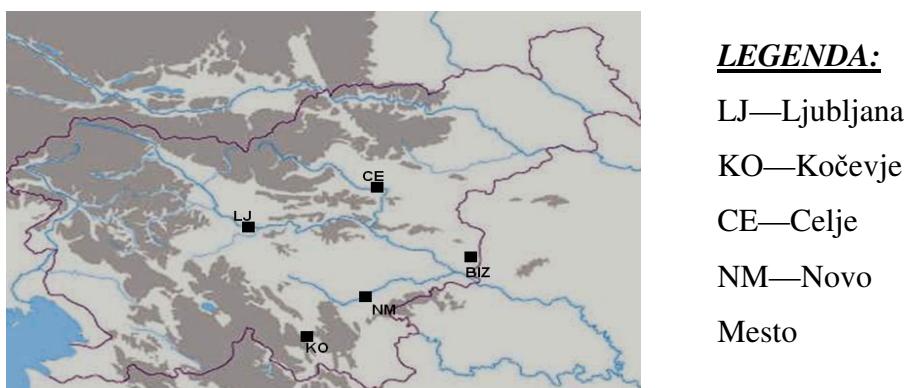
Zaporedja širin branik smo s programom ARSTAN standardizirali v dveh korakih. V prvem koraku je odstranil starostni trend širin branik z uporabo eksponentne funkcije. V drugem koraku pa je bila uporabljena metoda glajenja imenovana (cubic smoothing spline). Po standardizaciji so bile širine branik prevedene v indekse, iz variabilnosti širin branik pa so bili domnevno odstranjeni vplivi "neklimatskih dejavnikov", ki vplivajo na širino branik, npr. starostni trend.

Program ARSTAN nam omogoča izračun štirih tipov kronologij: RAW (neindeksirana kronologija širin branik), ARSTAN residual (RES) in ARSTAN standard (STD) (standardna kronologija). Kronologiji ARSTAN residual pa je odstranjen vpliv neklimatskih dejavnikov, zato je najpomembnejša za proučevanje zveze med širinami branik, širin kasnega ali ranega lesa in klimatskimi dejavniki. V našem primeru smo

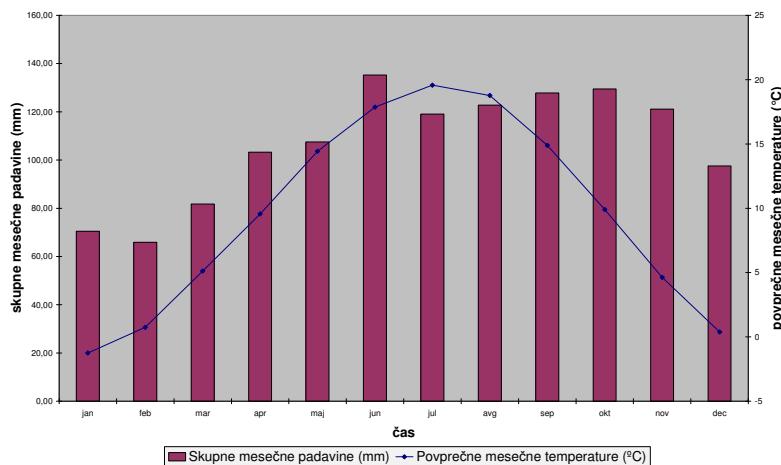
kronologijo ARSTAN residual uporabili za dendroklimatološko analizo s programom DENDROCLIM 2002. Za to analizo smo potrebovali še klimatske podatke.

3.5 KLIMATSKI PODATKI

Za analizo smo uporabili podatke o srednjih mesečnih temperaturah in skupnih mesečne količine padavin Agencije republike Slovenije za okolje (ARSO). Uporabili smo podatke s hidrometeoroloških postaj Ljubljana, Novo mesto, Celje, Kočevje in Biveljsko. Klimatske podatke smo nato standardizirali in združili v en klimatski niz reprezentativen za Dolenjsko od koder so izvirali vzorci lesa. Standardizacijo je opravil Martin De Luís z Univerze Zaragoza iz Španije.



Slika 11: Prikaz lokacij hidrometeoroloških postaj (Katedra za tehnologijo lesa)



Slika 12: Povprečne mesečne temperature (linija) in skupne mesečne padavine (stolpci) za hidrometeorološke postaje Ljubljana, Novo mesto, Celje, Kočevje in Biveljsko

Preglednica 2: Klimatske postaje, njihova nadmorska višina in obdobje meritev povprečnih mesečnih temperatur in skupnih mesečnih padavin.

Klimatske postaje	Nadmorska višina	Obdobje meritev
Ljubljana	29	1895-2003
Celje	240	1895-2003
Novo mesto	220	1951-2003
Kočevje	467	1941-2003
Bizeljsko	179	1949-2003

3.6 PRIPRAVA PODATKOV ZA UPORABO V PROGRAMU DENDROCLIM 2002

DENDROCLIM 2002 se uporablja za statistično modeliranje z iskanjem korelacijskih in odzivnih funkcij. Pod funkcijo razumemo vrsto zvez koeficientov, katere računalniško obdelamo s primerjavo kronologij širin branik in mesečnimi klimatskimi spremenljivkami (povprečne mesečne temperature in skupne mesečne padavine) za vsako biološko leto, ki jih časovno orientiramo do zadnje (letošnje-tekoče) rastne sezone (Biondi in Waikul, 2004). Program omogoča hkratno obdelavo 1000 vzorčnih podatkov (Bootstrapped) odzivnih in korelacijskih koeficientov ter testira njihovo značilnost na 0,05 (5 %) intervalu zaupanja.

Da smo lahko uporabili podatke v programu DENDROCLIM 2002, smo morali podatke najprej urediti in pretvoriti v ustrezno obliko za ta program, kjer nam je pomagal dr. Martin De Luis. Spodaj je prikazano v kakšni obliki so podatki za uporabo v programu DENDROCLIM 2002. Potrebujemo podatke: PP skupne padavine, TE povprečne temperature in pa indeksirane vrednosti širin branik.

PP_LJ - Beležnica														
Datoteka	Urejanje	Oblika	Pogled	Pomoč										
1951	153.4	173.1	156.3	99.7	103.2	84.1	118.6	137	153.5	97.253	143.4	101.7		
1952	155.7	192.3	45.7	63.1	24.2	83.6	110.7	113	217.8	227.6	84.2	159		
1953	75.2	59.5	1.5	99.9	129.4	168.59	90.3	178.3	154.5	86.7	52.4	50.3		
1954	39.8	47.4	101.1	73.1	125.8	222.4	103.8	94.4	177.7	76.2	111.1	101		
1955	53.3	166.5	135.9	15.8	220.1	100	77.4	136.9	106.1	192.3	73.2	96.2		
1956	80.6	37	29.2	188.2	102.5	224.5	122.8	119.5	66.7	189.6	119.8	14		
1957	49.5	132.1	23.3	148.2	160.2	59.7	230.0	11	100.8	84.4	46.8	78.1		
1958	150.5	109	66.6	114.4	7	139.3	142.3	137.8	110.2	144.8	114.2	102.3		
1959	48.5	5.9	65.9	57.6	165.8	141.1	122.9	116.1	85.7	105.3	109.0	250.9		
1960	78.6	177.4	108.1	53.2	30.4	115.5	108.3	155.2	261.8	228.6	229.6	224.7		
1961	113.8	42.9	73.7	94.6	154	118.7	259.3	78.5	21.589	121.8	142.9	71.2		
1962	123.3	48.4	130.2	169.8	253.9	152.2	181.8	16.1	142.9	58.1	266.3	62.5		
1963	134	107.7	60.5	70.4	132.7	122.1	66	301.7	114	80.3	150.7	90.5		
1964	31	25.9	113	137.3	115	133.1	134.1	157.6	103.9	328.4	42.4	147.3		
1965	154.6	22.4	166	139.1	112.6	137.5	182.2	152.6	126.65	1.6	210.2	238.5		

Slika 13: Primer oblikovanih podatkov, skupnih mesečnih padavin (PP) v mm, za uporabo v programu DENDROCLIM 2002. Stolpci predstavljajo mesečne vrednosti od januarja do decembra.

TE_LJ - Beležnica														
Datoteka	Urejanje	Oblika	Pogled	Pomoč										
1951	2	3.3	4.6	9.9	14.1	18.5	19.4	19.8	17	9	7.5	1.4		
1952	-2	-2.5	3.1	12.4	14.4	19.2	21.9	20.6	13.1	9.9	3.6	-0.4		
1953	-2	-0.5	5	11.1	14.4	17.7	20.2	17.8	15.9	12.4	3.6	1.5		
1954	-5	-3.7	6	8.5	12.4	18.7	17.7	17.9	16.2	9.4	4.4	2.3		
1955	1.1	-4	1.8	8.7	12.9	16.9	19.3	17.9	14.7	9.5	3.6	2.3		
1956	1.9	-7.8	2.8	8.3	15.1	16.3	18.8	18.9	15.9	9.5	2.3	-0.5		
1957	-2.9	4.5	7.4	9.8	11.5	19.6	19.8	17.9	14.3	10	5.9	1.5		
1958	-2.7	3.2	2	7.6	18.1	17.7	20.5	19.8	15.3	11	6.4	3.3		
1959	0.7	-0.8	7.6	10.6	14.2	17.9	20.8	18.3	14.1	8.9	5.6	3.5		
1960	-0.4	1.1	5.4	9.9	14.6	18.5	18.2	18.3	13.8	11.5	6.6	2.8		
1961	-1	2.6	7.6	12.9	13.5	19	18.5	19	17.1	12	6.1	-0.8		
1962	0.1	1.1	2.2	9.8	13.3	16	18.3	20.7	14.8	10.4	4.2	-3.4		
1963	-6.2	-3.1	3.6	11	14.1	18.2	20.6	19.6	16.4	10	10	-2.8		
1964	-5.7	0.3	3.4	11.1	15.2	20.1	20.3	18.2	15.8	9.9	6.3	0.3		
1965	-0.5	2.2	5.4	8.5	12.4	16.4	18.2	17.5	14.1	9.5	5.1			
1966	-3	0.7	4.9	11.8	15	19.3	18.5	17.8	16.1	14	2.7	1.1		
1967	-1	-1	7	8.0	15.7	17.2	17.8	18.0	16.2	11.8	6.6	-0.7		

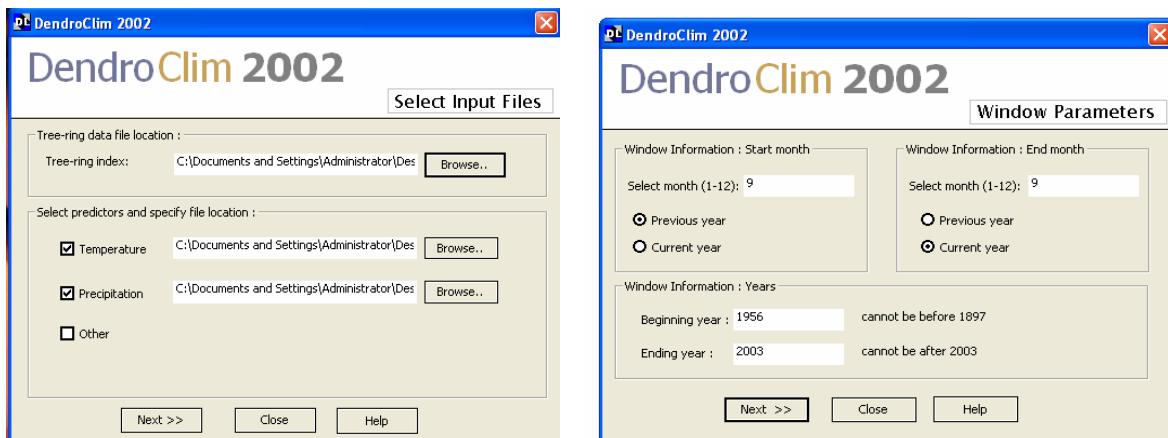
Slika 14: Primer pravilno oblikovanih podatkov (TE) temperatura za uporabo v programu DENDROCLIM 2002. Stolpci predstavljajo mesečne vrednosti od januarja do decembra.

DOLRWR - Beležnica														
Datoteka	Urejanje	Oblika	Pogled	Pomoč										
1814	1.097													
1815	11.90													
1816	11.36													
1817	84.5													
1818	1179													
1819	1403													
1820	1288													
1821	127													
1822	887													
1823	1167													
1824	1449													
1825	969													
1826	547													
1827	1076													
1828	926													
1829	1118													
1830	797													

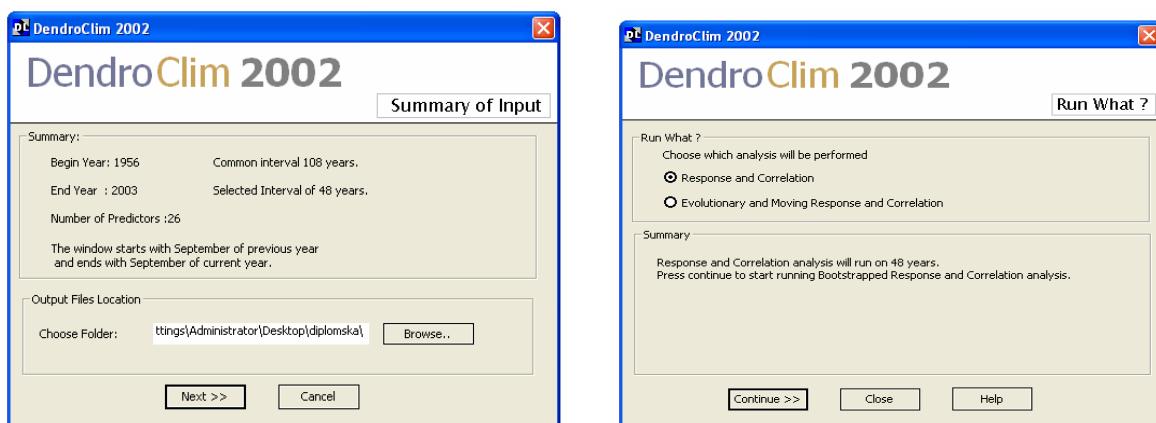
Slika 15: Primer pravilno oblikovanih indeksiranih vrednosti širin branik za uporabo v programu DENDROCLIM 2002.

3.7 OBDELAVA PODATKOV O ŠIRINAH BRANIK, ŠIRINAH KASNEGA LESA IN ŠIRIN RANEGLA LESA V PROGRAMU DENDROCLIM 2002

Ko smo v program DENDROCLIM 2002 vnesli vse potrebne podatke, smo določili s katerimi indeksiranimi vrednostmi širin branik bomo računali. Mi smo se odločili za uporabo klimatskih podatkov od septembra preteklega do septembra tekočega leta, ob predpostavki, da ti vplivajo na širino branike v tekočem letu. Določiti smo morali tudi obdobje za izračun vrednosti, ki je v našem primeru enako razponu najdaljšega niza klimatskih podatkov od 1896 do 2003. Ko vnesemo prve podatke, program sam zazna obdobje za izračun, potem pa se odločimo ali bomo sprejeli to obdobje ali ga bomo določili sami. V nadaljevanju je potrebno še navesti, kam naj se naši izračuni shranijo slika 16. Slika 17 pa prikazuje v kakšni obliki želimo izpisane podatke.



Slika 16: Slike prikazujeta izbor podatkov za program DENDROCLIM 2002



Slika 17: Slike prikazujeta kam se bodo shranili podatki in kakšen bo način izpisa podatkov

Program nato izračuna korelacije med klimatskimi podatki in širinami branik, ranega oz. kasnega lesa.

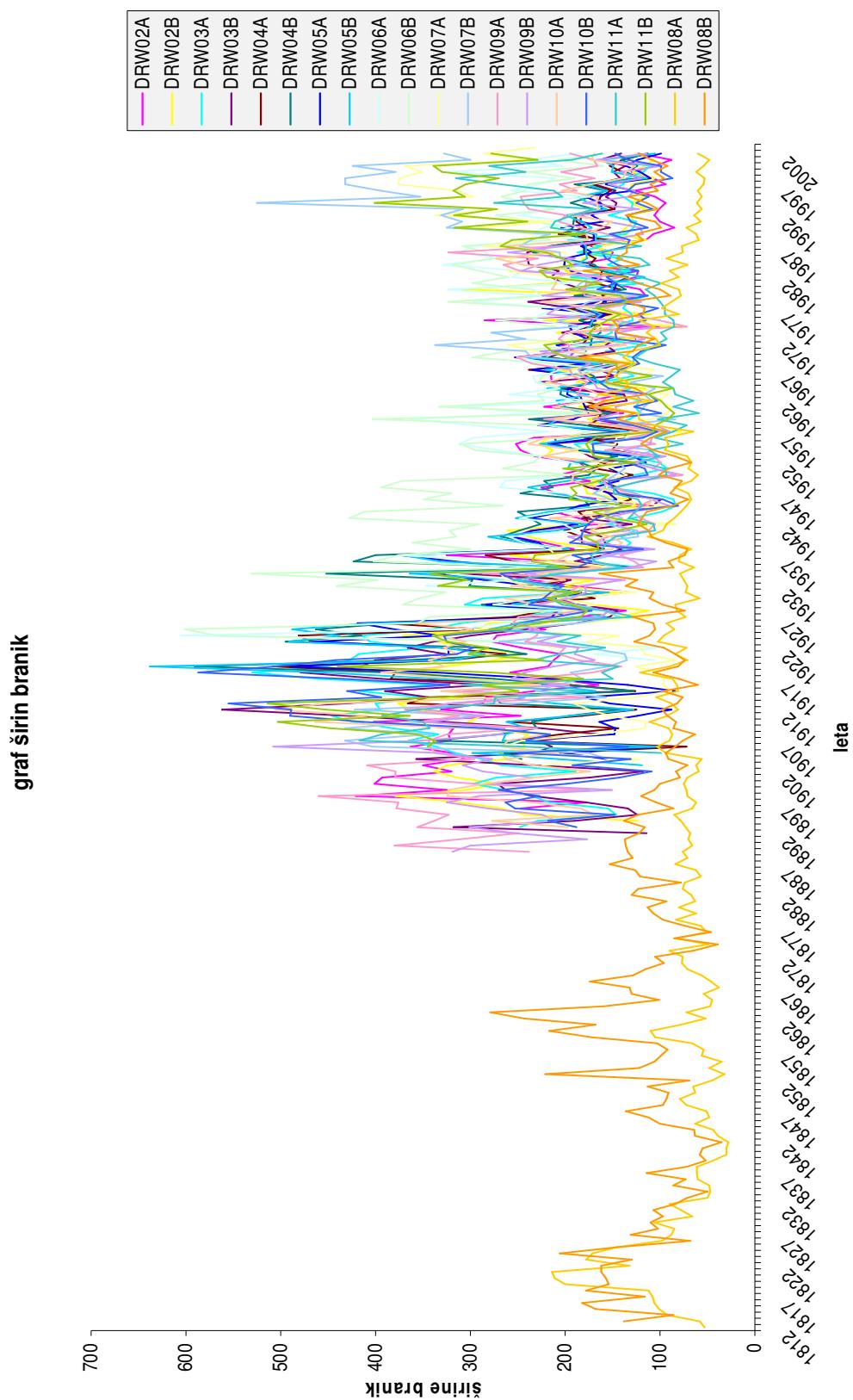
4 REZULTATI

4.1 KRONOLOGIJA ŠIRIN BRANIK HRASTA (*Quercus* sp.) Z DOLENJSKE

Osnovni podatki po meritvah širin branik na vzorcih 10 hrastov z GG Novo Mesto so prikazani v preglednici 3. Iz naslednje preglednice je razvidno: zaporedna številka vzorca, število branik na vsakem vzorcu, datum najmlajše branike, datum zadnje branike pod skorjo in ali so podatki vključeni v kronologijo.

Preglednica 3: Vzorci hrastov z Dolenjske in podatki o številu branik in dataciji.

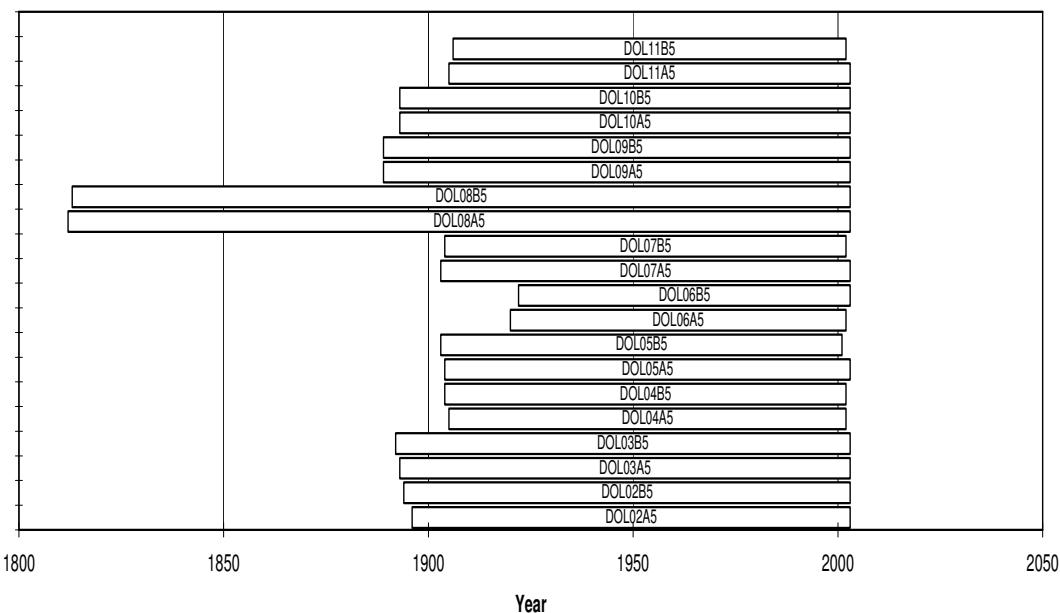
Št.	Vzorec	Št. Branik	Prvo leto	Zadnje leto	Podatki vključeni v kronologijo
1	DOL02A5	107	1896	2003	da
11	DOL02B5	109	1894	2003	da
2	DOL03A5	110	1893	2003	da
12	DOL03B5	111	1892	2003	da
3	DOL04A5	97	1905	2002	da
13	DOL04B5	98	1904	2002	da
4	DOL05A5	99	1904	2003	da
14	DOL05B5	98	1903	2001	da
5	DOL06A5	82	1920	2002	da
15	DOL06B5	81	1922	2003	da
6	DOL07A5	100	1903	2003	da
16	DOL07B5	98	1904	2002	da
7	DOL08A5	191	1812	2003	da
17	DOL08B5	190	1813	2003	da
8	DOL09A5	114	1889	2003	da
18	DOL09B5	114	1889	2003	da
9	DOL10A5	20	1983	2003	da
19	DOL10B5	110	1893	2003	da
10	DOL11A5	98	1905	2003	da
20	DOL11B5	96	1906	2002	da



Slika 18: Datirana zaporedja širin branik vseh vzorcev z Dolenjske

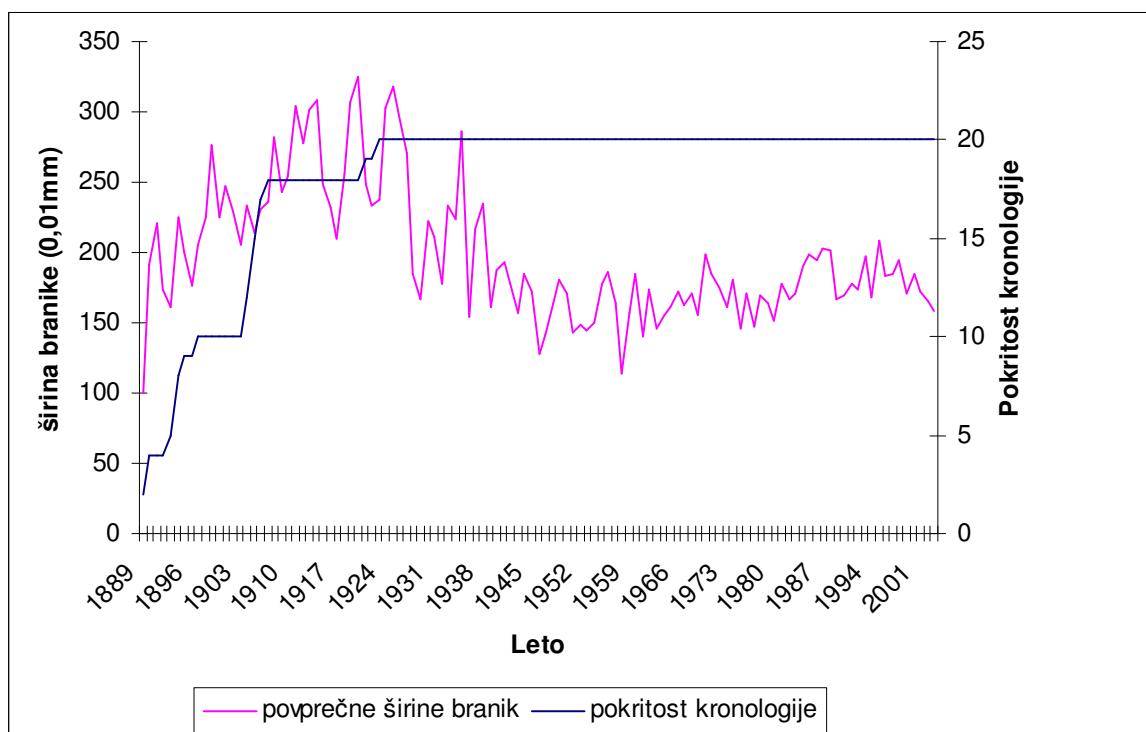
Na sliki 18 so prikazana sinhronizirana in datirana zaporedja širin branik vseh vzorcev. Razvidno je, da so med letoma 1890 in 1935 širine branik pri večini vzorcev najširše. Območje širokih branik sovpada z juvenilnim lesom. Viden je trend upadanja širin branik s starostjo oz. oddaljenostjo do stržena.

Iz slike 19 je razviden razpon zaporedij širin branik, ki posredno kaže kakšna je »pokritost« s podatki o širinah branik v odvisnosti od časa, saj smo vsa zaporedja vključili v kronologijo širin branik.



Slika 19: Časovni razpon zaporedij širin branik vseh vzorcev z Dolenjske

Kronologija širin branik kot povprečje širin branik vseh vzorcev prikazanih na sliki 19 je prikazana na sliki 20. Kronologija in njena pokritost je prikazana za obdobje 1889 do 2003, ko je pokritost večja od 2.



Slika 20: Kronologija širin branik hrasta z Dolenjske (DOL) in njena pokritost

Ko smo izračunali kronologijo širin branik, smo še enkrat preverili ujemanje posameznega zaporedja širin branik s kronologijo, kar smo ovrednotili s statistični kazalniki OVL (dolžina prekrivanja (v letih) s kronologijo z Dolenjske), GLK (koeficient časovne skladnosti »Gleichläufigkeit«), GLS (nivo značilnosti za Glk vrednost; iz programa TSAP/x), TVBP (t-vrednost po Baillie-ju in Pilcherju) in CDI (indeks navzkrižnega datiranja). TVBP je v vseh primerih višji od 4, GLK je med vrednostnima 65 in 84 ter CDI med 202 in 737, kar kaže, da je bilo upravičeno vsa zaporedja širi branik vključiti v lokalno kronologijo z Dolenjske.

Preglednica 4: Statistični kazalniki za primerjavo zaporedij širin branik posameznih zaporedij širin branik s kronologijo širin branik hrasta z Dolenjske.

vzorec	OVL	GLK	GLS	TVBP	CDI	prvo leto	zadnje leto
DOL02A5	107	72	***	9,3	381	1896	2003
DOL03A5	11	65	***	7,5	202	1893	2003
DOL04A5	100	70	***	7,4	302	1903	2002
DOL05A5	101	70	***	8,5	313	1903	2003
DOL06A5	83	83	***	7,7	540	1920	2002
DOL07A5	101	72	***	8,4	378	1903	2003
DOL08A5	192	76	***	12,2	625	1812	2003
DOL09A5	114	71	***	6,5	269	1890	2003
DOL10A5	112	74	***	9,5	442	1892	2003
DOL11A5	95	66	**	7,3	222	1909	2003
DOL02B5	110	76	***	9,5	502	1894	2003
DOL03B5	112	76	***	9,5	475	1892	2003
DOL04B5	100	73	***	9,8	458	1903	2002
DOL05B5	100	70	***	8,5	325	1902	2001
DOL06B5	82	84	***	10,6	737	1922	2003
DOL07B5	101	72	***	6,3	301	1902	2002
DOL08B5	192	75	***	16,5	811	1812	2003
DOL09B5	116	70	***	8,4	318	1888	2003
DOL10B5	111	72	***	8,7	357	1893	2003
DOL11B5	94	67	***	7,4	267	1909	2002

Legenda:

OVL - dolžina prekrivanja (v letih) s kronologijo z Dolenjske

GLK - koeficient časovne skladnosti »Gleichlaäufigkeit«

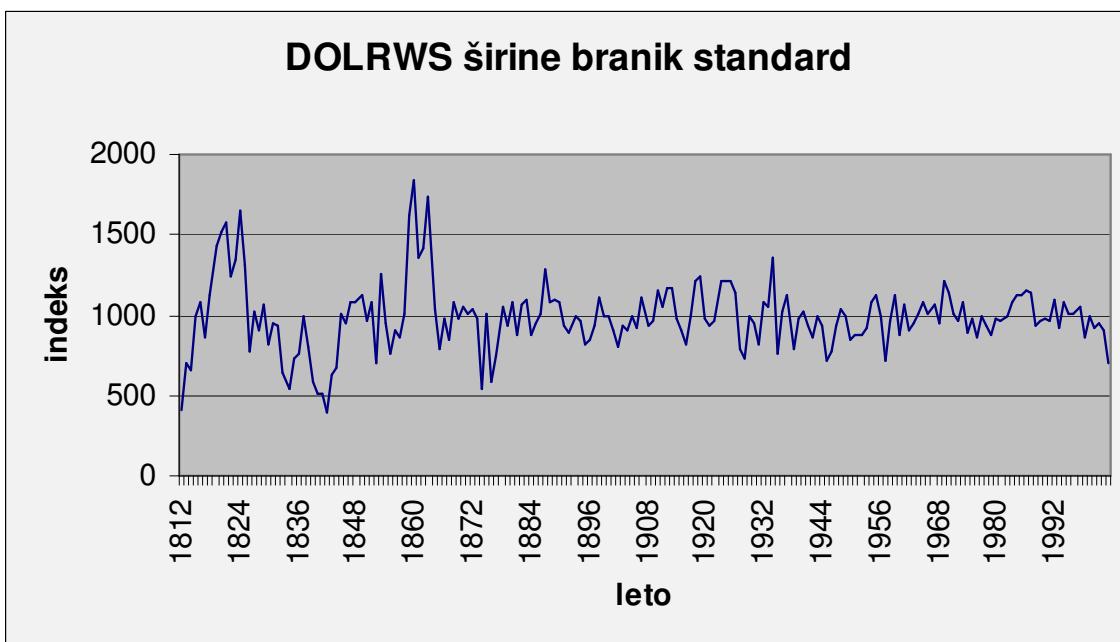
GLS - nivo značilnosti za Glk vrednost; iz programa TSAP/x

TVBP - t-vrednost po Baillie-ju in Pilcherju

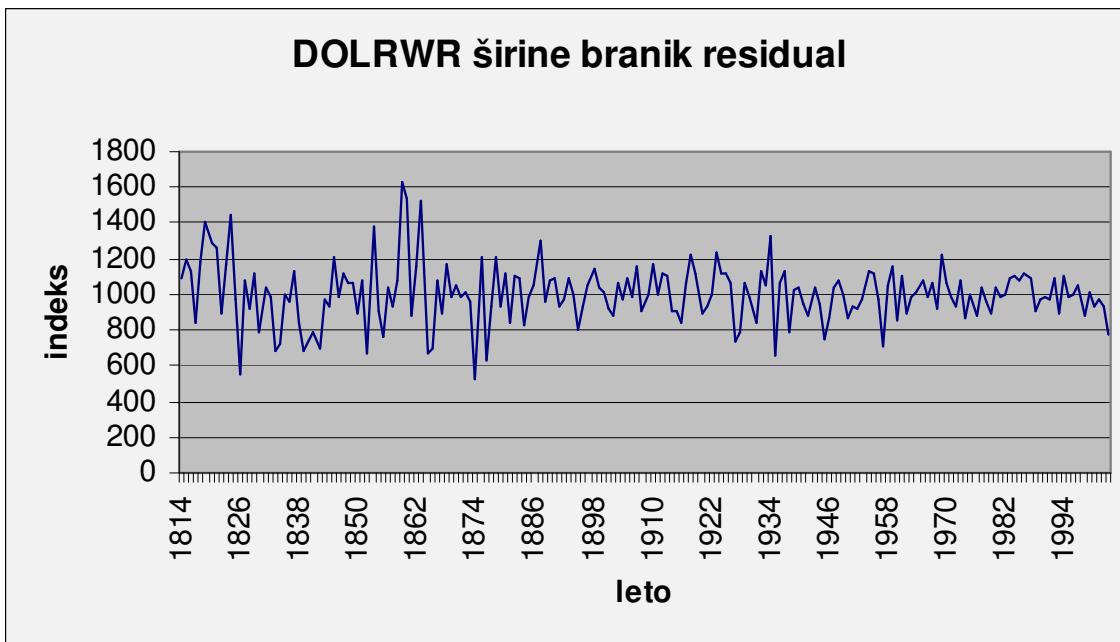
CDI - indeks navzkrižnega datiranja

4.1.1 Izračun kronologij v programu ARSTAN

Za proučitev zveze med širinami branik in klimo smo podatke obdelali še s programom ARSTAN ter izračunali tri tipe kronologij tipa arstan (ARS), standard (STD) in residual (RES). Iz kronologiji tipa STD in RES so s filtriranjem odstranjeni vplivi neklimatskih dejavnikov na širino branike, zato sta primerni za dendroklimatološke analize.



Slika 21: Standardna kronologija (STD) za širine branik hrasta z Dolenjske



Slika 22: Kronologija tipa ARSTAN residual (RES) za širine branik hrasta z Dolenjske

Za kronologiji so bili izračunani statistični kazalniki, ki so prikazani v Preglednici 5.

Preglednica 5: Statistična parametri kronologije tipa standard (STD) in residual (RES) za širine branik hrasta z Dolenjske

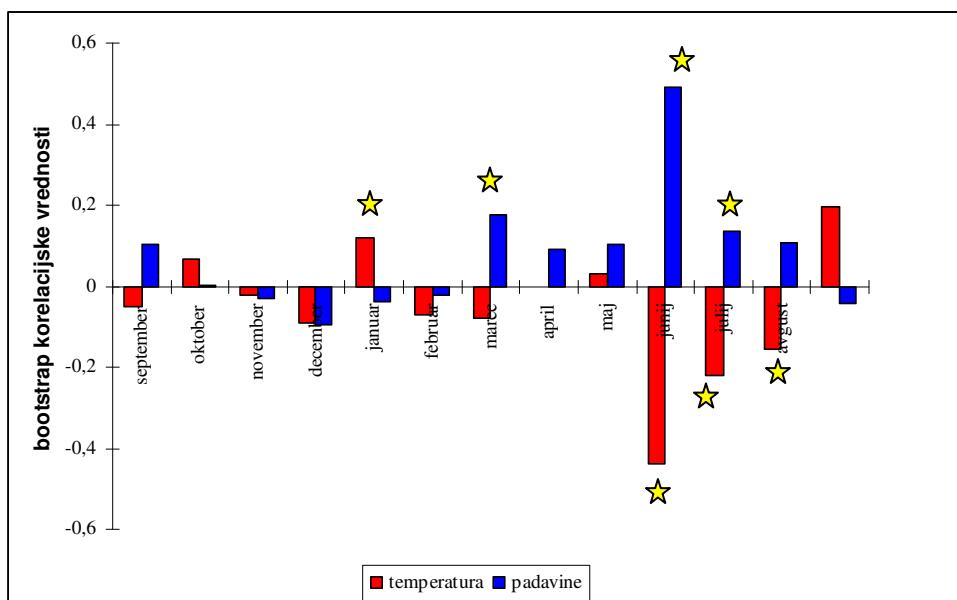
	STD	RES
	DOL.	DOL
Razpon let	1812-2003	1812-2003
Število dreves	10	10
Skupno število branik	2242	2242
Število manjkajočih branik	0	0
Srednja vrednost indeksa širine branik (mm)	0,9849	1,0016
Mediana indeksa širin branik (mm)	0,9802	0,9984
Srednja občutljivost	0,1531	0,1750
Standardni odklon	0,2110	0,1674
Avtokorelacija prvega reda	0,5511	0,0706

Za nadaljnje izračune smo uporabili kronologijo tipa RES in klimatske podatke za območje uporabili za izračun odzivne funkcije po metodi BOOTSTRAP. Rezultat je izračun odzivnih funkcij s korelacijskimi koeficienti za zvezo med širinami branik in skupnimi padavinami in povprečnimi temperaturami v posameznih mesecih (od septembra predhodnega leta do septembra tekočega leta) (Preglednica 6).

Preglednica 6: Korelacijski koeficienti za zvezo med širino branik ter temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) od septembra predhodnega leta (p) do septembra tekočega leta za Dolenjsko, izračunan s programom DENDROCLIM 2002. Rumeno poudarjeni so statistično značilni koeficienti.

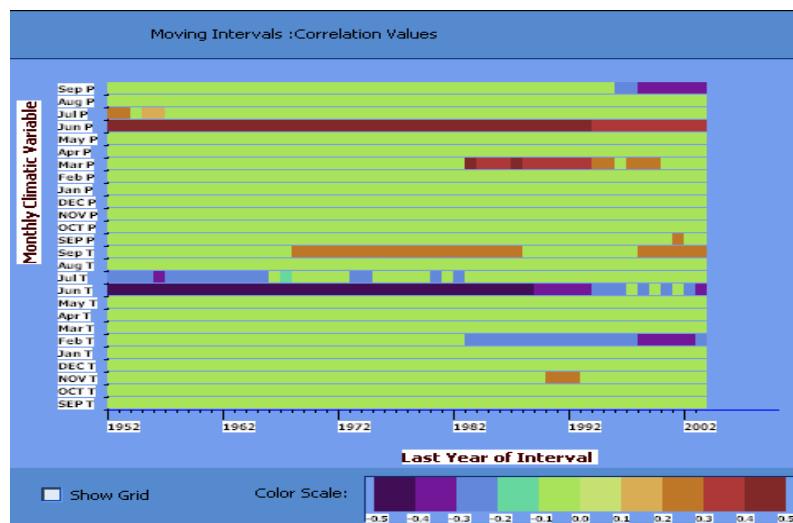
Mesec	Korelacijski koeficient temperatura	Korelacijski koeficient padavine
september	-0,0516406	0,103782
oktober	0,0685792	0,00322644
november	-0,0227465	-0,0304931
december	-0,0912603	-0,0950974
januar	0,121149 *	-0,0365897
februar	-0,0724963	-0,020489
marec	-0,0770237	0,175782 *
april	-0,00148651	0,0914346
maj	0,0317458	0,101266
junij	-0,43723 *	0,488984 *
julij	-0,218923 *	0,136437 *
avgust	-0,15572	0,106788
september	0,197618	-0,043075

Iz preglednice 6 je razvidno, da imata najvišje vrednosti koeficienta, ki kažeta zvezo med širinami branik ter padavinami in temperaturo v juniju. Junijske padavine imajo pozitiven vpliv na širino branike (korelacijski koeficient je 0.49), hkrati pa ima junijska temperatura negativen vpliv na širino branike (korelacijski koeficient je -0.44). Ta dva korelacijska koeficienta sta stabilna v času slika 23. Statistično značilne so še vrednosti korelacijskih koeficientov za januarsko temperaturo (pozitivna zveza). Vplivajo tudi januarske in julijske temperature ter marčevske in julijske padavine. Razen junijskih padavin in temperature imajo vsi ostali klimatski podatki manjši ali pa neznačilen vpliv na širino branike. Vpliv januarske, julijske in avgustovske temperature in padavin v marcu, juniju in avgustu ni stabilen v času (slika 23).



Slika 23: Bootstrap korelacijske vrednosti, dobljene s programom DENDROCLIM 2002. Zvezdice označujejo, da je vrednost kazalnika statistično značilna (95% interval zaupanja).

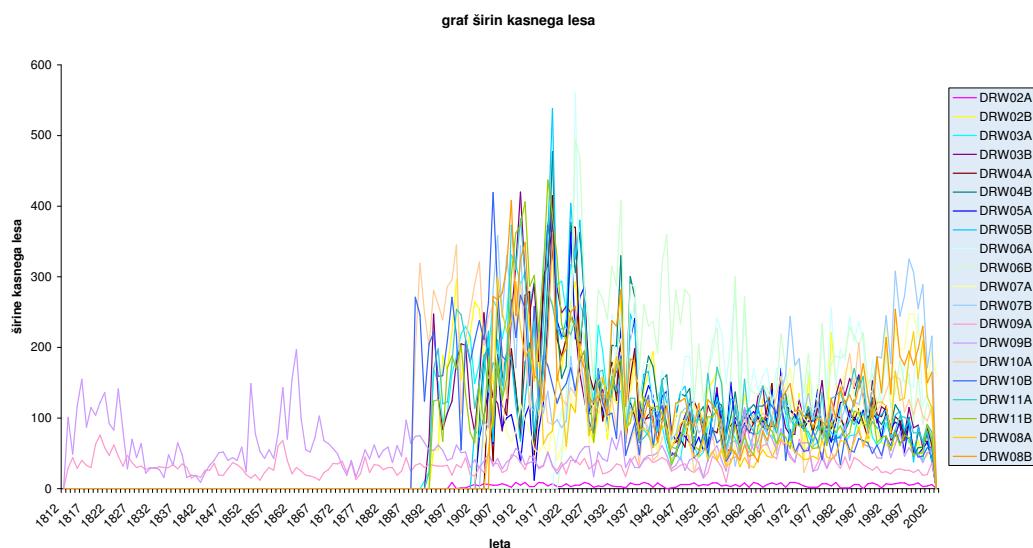
Pomen kazalnikov smo dodatno preverili še z analizo njihove časovne stabilnosti. Od statistično značilnih korelacijskih koeficientov s preglednice 6 in slike 24, sta časovno stabilna (celotno obdobje 1900-2003) samo koeficienta za junijske padavine in temperaturo. Julijnska temperatura je imela večji pomen v preteklosti (do leta 1977), po letu 1986 pa na pomenu pridobivajo marčevske padavine in februarske temperature.



Slika 24: Časovna stabilnost korelacijskih koeficientov odzivne funkcije med širino branik in klimatskimi parametri (interval 60 let); prvi interval od 1900-1959, zadnji interval od 1944-2003. Barvna skala označuje predznak in velikostni razred korelacijskega koeficienta.

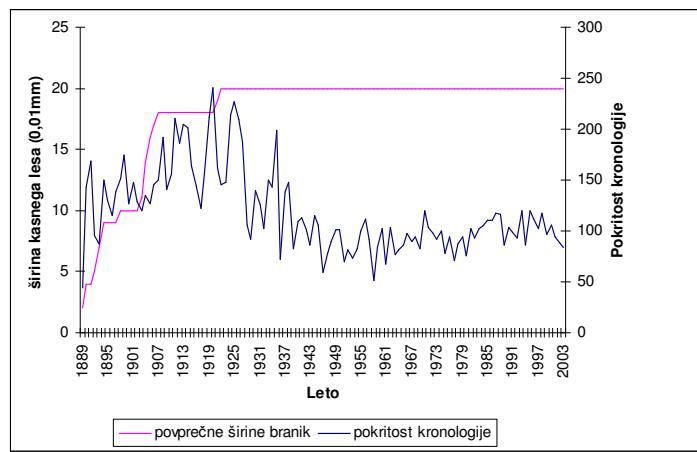
4.2 KRONOLOGIJA ŠIRIN KASNEGA LESA HRASTA (*Quercus* sp.) Z DOLENJSKE

Za meritve širin kasnega lesa hrasta z Dolenjske, smo uporabili iste vzorce kot za meritve širin branik hrasta z Dolenjske. Podatki so prikazani v preglednici 3. Na sliki 25 so prikazana sinhronizirana in datirana zaporedja širin kasnega lesa vseh vzorcev. Na sliki je dobro viden trend upadanja širin kasnega lesa s starostjo oz. oddaljenostjo do stržena.



Slika 25: Datirana zaporedja širin kasnega lesa vseh vzorcev z Dolenjske

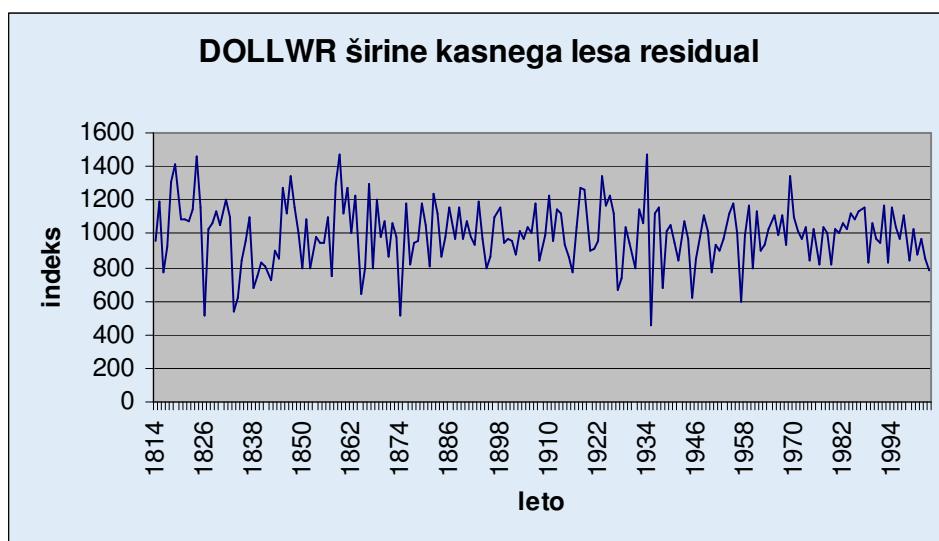
Kronologija širin kasnega lesa je prikazana na sliki 26, kjer lahko vidimo širine kasnega lesa v odvisnosti od časa in pokritost kronologije. Prikazani so samo podatki za obdobje 1889 do 2003, ko je pokritost večja od 2.



Slika 26: Kronologija širin kasnega lesa hrasta z Dolenjske (DOL) in njena pokritost

Kronologijo širin kasnega lesa hrasta z Dolenjske, smo izračunali po enakem postopku kot kronologijo širini branik. Pripravili smo več verzij kronologije s pomočjo programov TSAP/x in ARSTAN.

Prav tako smo za proučitev zveze med širinami kasnega lesa in klimo smo podatke obdelali še s programom ARSTAN, ki vsebuje modele za indeksiranje podatkov za izračun različnih tipov kronologij. V tem primeru smo izračunali samo RES (kronologijo), katera je prikazana na sliki 27.



Slika 27: Kronologija tipa ARSTAN residual (RES) za širine kasnega lesa hrasta z Dolenjske

Za kronologijo so bili izračunani statistični kazalniki preglednica 7, ter korelacijski in odzivni koeficienti za zvezo med širino kasnega lesa ter temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) od septembra prejšnjega leta do septembra tekočega leta za Dolenjsko preglednica 8.

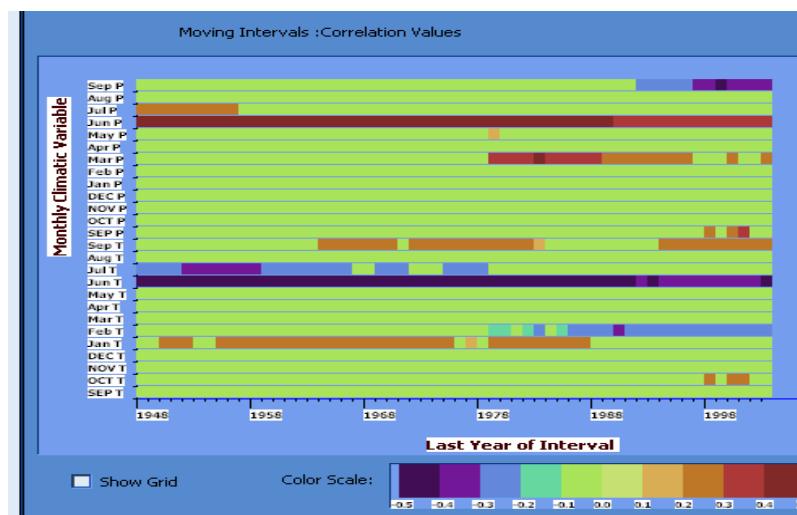
Preglednica 7: Statistična parametri RES- ARSTAN residual kronologije širin kasnega lesa hrasta z Dolenjske

	RES
	DOL
Razpon let	1812-2003
Število dreves	10
Skupno število branik	2242
Število manjkajočih branik	0
Srednja vrednost indeksa širine branik (mm)	1,0002
Mediana indeksa širin branik (mm)	1,0067
Srednja občutljivost	0,2018
Standardni odklon	0,1821
Avtokorelacija prvega reda	0,5170

Preglednica 8: Koreacijski in odzivni koeficienti za zvezo med širino branik ter temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) od septembra prejšnjega leta do septembra tekočega leta za Dolenjsko

	koreacijski	koreacijski
	koeficient	koeficient
MESEC	temperatura	padavine
september	-0.08291	0.112094
oktober	0.0453912	0.0397127
november	-0.0413084	-0.0754623
december	-0.142157	-0.0798976
januar	0.121437*	0.0235468
februar	-0.0964576	0.0183899
marec	-0.0496863	0.139969*
april	0.0191926	-0.006445
maj	0.0113886	0.125815
junij	-0.471715*	0.52111*
julij	-0.204605*	0.165238*
avgust	-0.103861	0.0315119
seprember	0.213493	-0.0622585

Iz preglednice 8 je razvidno, da se koreacijski koeficienti temperature in padavin širin kasnega lesa minimalno razlikujejo od koreacijski koeficientov temperature in padavin širin branik. Izračun je pokazal, da so značilni meseci širin kasnega lesa isti kot pri širinah branik. Pomen kazalnikov dobro pokaže analiza njihove časovne stabilnosti slika 28.



Slika 28: Časovna stabilnost korelacijskih koeficientov odzivne funkcije med širino kasnega lesa in klimatskimi parametri (interval 60 let); prvi interval od 1900-1959, zadnji interval od 1944-2003. Barvna skala označuje predznak in velikostni razred korelacijskega koeficiente.

5 RAZPRAVA

Pri sestavi kronologij širin branik hrasta so imeli v preteklosti v Sloveniji veliko problemov in lokalna kronologija za območje Dolenjske, kjer sta graden in dob pogosta, še ni bilo. Za sestavo kronologije želimo pridobiti vzorce čim starejših dreves. To je pogosto težko, saj so veliki hrasti na Dolenjskem pogosto mlajši od 100 let. Mi smo se odločili za zbiranje kolutov starih dreves iz redne sečnje. Kljub temu so izbrani koluti imeli večinoma okoli 100 branik. Izstopalo je samo eno drevo z 191 branikami.

Za analize so se izkazale primerne širin branik in širine kasnega lesa. Ločeno merjenje ranega in kasnega lesa je subjektivno. Zaporedij širin ranega lesa nismo mogli sinhronizirati in sestaviti kronologije, zaporedja kasnega les pa smo brez težav sinhronizirali.

Ugotovili smo, da je hrast iz Dolenjske zelo primeren za dendrokronologijo in dendroklimatologijo, saj so branike dobro vidne in je relativno lahko meriti njihovo širino. Izkazalo se je, da so širine kasnega lesa in širine branik v tesni zvezi in da nanje vplivajo podobni klimatski dejavniki. Na širine branik in na širine kasnega lesa najbolj vplivata junijска temperatura in junijске padavine. Junijска temperatura vpliva na širino branik in širino kasnega lesa negativno, junijске padavine pa imajo pozitiven vpliv. Korelacijski koeficienti med širinami branik in širinami kasnega lesa ter klimatskimi parametri so pokazali minimalna odstopanja. To nakazuje, da je širina kasnega lesa in s tem širina branike pod močnim vplivom zunanjih dejavnikov (klime), širina ranega lesa, pa je verjetno pod vplivom notranjih dejavnikov.

Raziskave so pokazale, da je vpliv junijskih temperatur in padavin na širino branik in širine kasnega lesa časovno stabilen.

6 SKLEPI

Sestavljena je kronologija širin branik in širin kasnega lesa za hrast (*Quercus* sp.) z območja Dolenjske. Zaporedij širin ranega lesa ni bilo mogoče sinhronizirati in bilo mogoče sestaviti kronologije.

Dendroklimatološka analiza je pokazala, da na širino branik in na širino kasnega lesa pri hrastu z Dolenjske statistično značilno vplivajo junijске temperature in junijске padavine. Junijске padavine imajo pozitiven, temperature pa negativen vpliv na širine branik in širine kasnega lesa. Vrednosti korelacijskih koeficientov za širine branik in širine kasnega lesa le malo odstopajo.

Ugotovljeno je tudi, da so korelacijski koeficienti med vplivom junijskih temperatur in junijskih padavin na širine branik in širine kasnega lesa stabilne v času. Ta ugotovitev velja za obdobje zadnjih 100 let, za katerega imamo na voljo podatke o klimi.

7 POVZETEK

V diplomski nalogi smo raziskali dendrokronološke in dendroklimatološke vidike rasti hrasta (*Quercus* sp.) z območja Dolenjske.

Cilji diplomske naloge so bili:

- sestaviti lokalno kronologijo širin branik za hraste iz območja Dolenjske,
- sestaviti kronologijo širin kasnega in ranega lesa za ista drevesa,
- opraviti dendroklimatološke analize s pomočjo programa DENDROCLIM 2002.

Les za raziskave je izviral iz območja Zavoda za gozdove, OE Novo mesto. Iz hlodov starih dreves iz redne sečnje smo najprej izžagali kolute iz katerih smo nato naredili vzorce, ki smo jih nato gladko obdelali za meritve širin branik in kasnega ter ranega lesa jih sinhronizirali in datirali s pomočjo programa TSAP/x. Nato smo s pomočjo programa TSAP/x in ARSTAN sestavili različne tipe kronologij. Kronologija tipa ARSTAN residual smo uporabili za dendroklimatološko raziskavo, kjer smo s pomočjo programa DENDROCLIM 2002 proučili zvezo med širinami branik in kasnega lesa ter klimo (skupne mesečne padavine in povprečne mesečne temperature).

Za hrast z Dolenjske smo sestavili lokalno kronologijo dolgo 191 let, za obdobje 1812-2003. Sestavili smo kronologijo širin branik in širin kasnega lesa. Zaporedij širin ranega lesa ni bilo mogoče sinhronizirati in bilo mogoče sestaviti kronologije.

Dendroklimatološka analiza je pokazala, da na širino branik in na širino kasnega lesa pri hrastu z Dolenjske statistično značilno vplivajo junijске temperature in junijске padavine. Junijске padavine imajo pozitiven, temperature pa negativen vpliv na širine branik in širine kasnega lesa. Vrednosti korelacijskih koeficientov za širine branik in širine kasnega lesa le malo odstopajo.

Ugotovljeno je tudi, da so korelacijski koeficienti vpliva junijskih temperatur in junijskih padavin na širine branik in širine kasnega lesa stabilne v času. Ta ugotovitev velja za obdobje zadnjih 100 let, za katerega imamo na voljo podatke o klimi.

8 VIRI

- Biondi F., Waikul K. 2004. DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & geosciences*, 30: 303-311
- Brus R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga
Založba: 399 str.
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Čufar K., Levanič T. 1999. Tree-ring investigations in oak and ash from different sites in Slovenia - Phyton (Horn, Austria) 39, 3: 113-116
- Čufar K., Zupančič M., Gričar J., De Luis Arrillaga M. 2006. Dendrochronology and its use in biology and cultural studies. V: 4. slovenski simpozij o rastlinski biologiji z mednarodno udeležbo. Ljubljana, Knjiga povzetkov: 48-49
- Geografski atlas Slovenije. 1998. Ljubljana, DZS: 360 str.
- Jenskleemann.de, 2007.
www.jenskleemann.de/.../e/ei/eichen.html (20. mar. 2007)
- Jurkovič M. 1996. Dendroklimatološke raziskave borovij v okolici Ljubljane:
Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Lesarstvo: 55 str.
- Levanič T. 1996. Dendrokronološka in dendroekološka analiza propadajočih vladajočih in sovladajočih jelk (*Abies alba* Mill.) v dinarski fitogeografski regiji: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 166 str.
- Levanič T., Čufar K. 2000. Dendrokronološko datiranje objektov v Sloveniji. RES. Dela, Papers. 4/1999: 38-47
- Mrhar M. 2005. Kronologija širin kasnega lesa pri hrastu (*Quercus* sp.): Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 47 str.

- Pavlič T. 1997. Analiza rasti doba (*Quercus robur* L.), gradna (*Quercus petraea* Liebl.) in velikega jesna (*Fraxinus excelsior* L.) na Ljubljanskem barju: Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 66 str.
- Sever M. 2004. Lokalne kronologije hrasta (*Quercus* sp.) in telekonekcija: Dipl. delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 59 str.
- Slovenija - turistični vodnik. 1995. Ljubljana, Geografski obzornik. 42: 30
- Srebotnjak K. 1997. Dendroekološka analiza črnega bora (*Pinus nigra* Arnold) na Divaško Komenskem Krasu: Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 80 str.
- SSKJ (slovar slovenskega knjižnega jezika), 1994. Ljubljana, DZS, str. 684
- Stanovnik M. 1998. Dendroekološka analiza rasti smreke (*Picea abies* Karst.) v mraziščih na področju Notranjskega Snežnika: Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 54 str.
- Strasberger A. 1997. Uvodne dendrokronološke raziskave hrasta v Sloveniji: Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 52 str.
- Velušček A., Čufar K. 2002. Dendrokronološke raziskave količ na Ljubljanskem barju. Arheološki vestnik, 53: 59-67.
- Vukosav, 1998.
www.inet.hr/~jvukosav/Hrast.jpg (20. mar. 2007)
- Wikipedia.org, 2007.
upload.wikipedia.org/.../280px-Koeh-118.jpg (20. mar. 2007)
- Zajec L. 2005. Ekološke in dendrokronološke analize rasti alepskega bora (*Pinus halepensis* Mill.) iz izbranih rastišč v Sloveniji in Španiji: Diplomsko delo. univerzitetni študij. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljene vire: 94 str
- Zaletelj P. 2006. Dendrokronološke raziskave objektov na Dolenjskem: Diplomsko delo. Visokošolski strokovni študij. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 72 str.
- Zavod za gozdove Slovenije. 2007.
<http://www.zgs.gov.si> (20. mar. 2007)

9 ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Katarini Čufar za strokovne nasvete, vzpodbujanje in vsestransko pomoč. Zahvala gre tudi recenzentu prof. dr Primožu Ovnu, za skrbno recenzijo in dopolnila.

Hvala dr. Martinu De Luísu za pomoč pri obdelavi podatkov, mlademu raziskovalcu Maksu Mereli za pomoč pri pridobitvi vzorcev, Petru Cundru za pomoč pri obdelavi vzorcev in ostalim, ki so kakorkoli pripomogli k izdelavi moje diplomske naloge.

Zahvala gre tudi knjižničarki gospe Darji Vranjek in viš. pred. mag. Nadi Kuzmin za pomoč pri lektoriranju angleškega dela diplomske naloge.

Na koncu bi se rad zahvalil še vsem domačim, predvsem staršema za njuno pomoč ter podporo, da sta mi omogočila študij in me vodila skozi življenje. Zahvalil bi se tudi moji Alenki za njeno pomoč bodrenje saj me je vseskozi podpirala in mi stala ob strani, prav tako pa tudi bratu Romanu z družino za njihovo razumevanje in pomoč.

