

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boris FARTEK

**ANATOMSKE POSEBNOSTI LESA ALEPSKEGA BORA Z RASTIŠČ  
V ŠPANIJI IN SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**ANATOMICAL SPECIFICS OF ALEppo PINE WOOD FROM THE  
SITES IN SPAIN AND IN SLOVENIA**

GRADUATION THESIS  
Higher professional study

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologijo lesa, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani in na Oddelku za ekologijo, Fakultete za znanost, Univerze Alicante v Španiji (Universidad de Ciencia, Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, España), kjer je bil delovni mentor dr. Martín De Luís.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Boris Fartek

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*811.1
KG	anatomija lesa/rani les/kasni les/alepski bor/ <i>Pinus halepensis</i> Mill./dendroklimatologija/Slovenija/Španija
AV	FARTEK, Boris
SA	ČUFAR, Katarina (mentorica)/GORIŠEK, Željko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2010
IN	ANATOMSKE POSEBNOSTI LESA ALEPSKEGA BORA Z RASTIŠČ V ŠPANIJI IN SLOVENIJI
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 40 str., 3 pregl., 17 sl., 22 vir.
IJ	Sl
JI	sl/en
AI	Analizirali smo vzorce lesa alepskega bora ( <i>Pinus halepensis</i> Mill.) izbranih rastišč Guardamar (GUA), Daroca (DAR) in Maigmó (MAI) v Španiji, ter 2 rastišč (Krkavče, Dekani) slovenskega Primorja (SLO). Rastišča imajo različne letne količine padavin in povprečne letne temperature: 273 mm, 17,6 °C (GUA); 370 mm, 13,7 °C (MAI); 431 mm, 12,4 °C (DAR) in 996 mm, 14,3 °C (SLO) ter različen razpored padavin. Za vsako rastišče smo sestavili kronologije širin branik (RW) ter širin ranega (EW) in kasnega lesa (LW). Za dendroklimatološke analize smo uporabili indeksirane kronologije tipa RES ARSTAN za obdobje 1936-2000. Vsaki braniki smo določili prisotnost normalnega ranega in kasnega lesa (N), oziroma prisotnost branik tipa E (celice kasnega lesa znotraj ranega lesa), ali prisotnost branik tipa L (celice ranega lesa znotraj kasnega lesa). Frekvenčne porazdelitve branik tipa E in L za vsako rastišče so pokazale, da so na rastišču GUA najpogosteje branike tipa L, na DAR branike tipa L in E, na MAI smo opazili nekaj branik tipa L, branike tipa E pa so bile obilne le v 3 letih. V SLO so bile dokaj pogoste branike tipa E, branik tipa L pa nismo zasledili. Različno količino branik tipa E in L smo pojasnili z dendroklimatološko analizo. Potrdili smo, da branike tipa E nastanejo, kadar v času nastajanja ranega lesa (predvsem pozno spomladi) nastopi suša. Branike tipa L pa nastanejo, kadar je jesen vlažna in se kambij po suhem vročem poletju ponovno reaktivira.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs  
DC UDC 630\*811.1  
CX wood anatomy/earlywood/latewood/Aleppo pine/*Pinus halepensis* Mill./  
dendroclimatology/Slovenia/Spain  
AU FARTEK, Boris  
AA ČUFAR, Katarina (supervisor)/GORIŠEK, Željko (co-advisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science  
and Technology  
PY 2010  
TI ANATOMICAL SPECIFICS OF ALEPPO PINE WOOD FROM THE SITES  
IN SPAIN AND IN SLOVENIA  
DT Graduation thesis (Higher professional studies)  
NO IX, 40 p., 3 tab., 17 fig., 22 ref.  
LA Sl  
AL sl/en  
AB We analysed the wood samples of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) from the Guardamar (GUA), Daroca (DAR), and Maigmó (MAI) sites in Spain, and from 2 sites (Krkavče and Dekani) from the coastal region of Slovenia (SLO). The selected sites have different annual amounts of precipitation and mean annual temperatures: 273 mm, 17.6 °C (GUA), 370 mm, 13.7 °C (MAI), 431 mm, 12.4 °C (DAR) and 996 mm, 14.3 °C (SLO). They also have different distribution of precipitation. We defined tree ring widths (RW), chronologies of earlywood (EW) and latewood (LW) widths for each of the sites. We used the residual (RES) ARSTAN versions of the chronologies, covering the period from 1936-2000 for dendroclimatological analysis. We defined whether each of the analyzed growth rings contained normal earlywood and latewood (N), E-type (latewood-like cells in earlywood) or L-type (earlywood-like cells in latewood) rings. Frequency distribution of E and L rings for each of the sites indicated that L-type rings were very frequent at GUA. In DAR we recorded frequent L and E-type rings. In MAI we recorded some years with L-type rings, whereas E-type rings occurred only in 3 years. In SLO E-type rings were fairly common, whereas L-type rings did not occur. Different amounts of E-type and L-type rings were explained by dendroclimatological analysis. We confirmed that E-type rings were formed when late spring drought occurred in the period of early wood formation. L-type rings were formed on the sites where wet autumn followed extremely dry and hot summer. In such cases the cambium reactivated, and started to produce early wood-like cells.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine .....	V
Kazalo preglednic.....	VII
Kazalo slik .....	VIII
<b>1      UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2      SPLOŠNI DEL .....</b>	<b>3</b>
2.1    ALEPSKI BOR ( <i>Pinus halepensis</i> Mill.)	3
<b>2.1.1    Značilnosti alepskega bora</b>	<b>3</b>
<b>2.1.2    Areal alepskega bora</b>	<b>4</b>
<b>2.1.3    Les alepskega bora</b>	<b>6</b>
2.2    LETNE PRIRASTNE PLASTI IN FIZIOLOGIJA NASTANKA RANEGA IN KASNEGA LEZA PRI IGLAVCIH	6
<b>3      MATERIALI IN METODE.....</b>	<b>10</b>
3.1    GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI VZORČNIH OBMOČIJ	10
<b>3.1.1    Izbrana rastišča v Španiji</b>	<b>10</b>
3.1.1.1    Rastišče Daroca	11
3.1.1.2    Rastišče Guardamar del Segura	12
3.1.1.3    Rastišča Maigmó	13
<b>3.1.2    Slovenska rastišča</b>	<b>14</b>
3.2    VZORCI IZ RASTIŠČ	16
3.3    ANALIZA BRANIK	17
3.4    KLIMATSKI PODATKI	18
3.5    MERJENJE ŠIRIN BRANIK	19
3.6    ANATOMSKA ANALIZA LESA BRANIK	20
3.7    POSTOPEK DENDROKLIMATOLOŠKE ANALIZE	23
<b>3.7.1    Standardizacija kronologij s programom ARSTAN</b>	<b>23</b>
<b>3.7.2    Dendroklimatološke analize</b>	<b>24</b>
<b>4      REZULTATI IN RAZPRAVA .....</b>	<b>25</b>

4.1	KRONOLOGIJE ŠIRIN BRANIK, TER ŠIRIN RANEGA IN KASNEGA LESA	25
4.2	FREKVENČNE PORAZDELITVE ANOMALIJ V BRANIKAH	28
4.3	DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA	31
4.3.1	<b>Guardamar</b>	31
4.3.2	<b>Daroca</b>	32
4.3.3	<b>Maigmó</b>	33
4.3.4	<b>Slovenija</b>	34
5	<b>SKLEPI</b> .....	36
6	<b>POVZETEK</b> .....	37
7	<b>VIRI</b> .....	39
	<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razlaga kratic, ki jih vsebuje anatomska analiza. ....	22
Preglednica 2: Izbor vzorcev iz rastišč alepskega bora za raziskavo. ....	25
Preglednica 3: Korelacijski koeficienti za zvezo med kronologijo širin ranega (EW) in kasnega (LW) lesa in širin branik (RW) za rastišča Daroca (DAR), Guardamar (GUA), Maigmo (MAI) in Slovenijo (SLO) in širinami (lw-ew- 1), (ew-ew-1), (ew-lw-2), (lw-ew), (lw-lw-1), (lw-ew-1), (rw-ew), (rw-lw), (rw-ew-1), (rw-lw-1), (rw-rw-1). ....	27

## KAZALO SLIK

Slika 1: Alepski bor blizu mesta Alicante, Španija. ....	3
Slika 2: Areal alepskega bora (Mapa <i>Pinus halepensis</i> , Wikimedia, 2010).....	5
Slika 3: Izbrana rastišča v Španiji (Google Earth, 2010). ....	10
Slika 4: Klimogram kraja Daroca, Španija (Agencia Estatal de Meteorología).....	11
Slika 5: Klimogram Guardamar del Segura, Španija (Agencia Estatal de Meteorología) ..	13
Slika 6: Klimogram Maigmó, Španija (Agencia Estatal de Meteorología).....	14
Slika 7: Satelitski posnetek satelita EarthSat dveh slovenskih rastišč alepskega bora, Krkavče in Dekani (Google Earth, 2010).....	15
Slika 8: Klimogram slovenske Istre, Slovenija (Agencija Republike Slovenije za okolje, ARSO).....	16
Slika 9: Pripravljeni vzorci lesa alepskega bora iz slovenskega rastišča pri Krkavčah. ....	17
Slika 10: Merilna oprema na Oddelku za ekologijo, Fakultete za znanost, Univerze Alicante. ....	19
Slika 11: Anatomsko analizo branik. Podatki so nanizani v stolpcih za vsako braniko posebej.....	21
Slika 12: Standardne (STD) kronologije za širine branik (RW), širine ranega lesa (EW) in širine kasnega lesa (LW) za rastišča Guardamar (GUA), Daroca (DAR) in Maigmo (MAI). PIHA – <i>Pinus halepensis</i> .....	26
Slika 13: Stabilizirana frekvenca branik z gostotnimi variacijami tipa E in L za posamezna leta in rastišča. Daroca (DAR), Guardamar (GUA), Maigmo (MAI), Slovenija (SLO).....	29
Slika 14: Korelacija med standardizirano frekvenco branik tipa E in L ter ranega (EW) in kasnega (LW) lesa v odvisnosti od mesečnih klimatskih podatkov, za rastišče Guardamar (GUA). Prikazane so samo statistično značilne vrednosti s 95% intervalom zaupanja. ....	31
Slika 15: Korelacija med standardizirano frekvenco branik tipa E in L, ter rani (EW) in kasni (LW) les v odvisnosti od mesečnih klimatskih podatkov, za rastišče Daroca (DAR). Prikazane so samo značilne vrednosti s 95% intervalom zaupanja. ....	32
Slika 16: Korelacija med standardizirano frekvenco branik tipa E in L, ter rani (EW) in kasni (LW) les v odvisnosti od mesečnih klimatskih podatkov, za rastišče	

Maigmó (MAI). Prikazane so samo značilne vrednosti s 95% intervalom zaupanja. ....	33
--	----

Slika 17: Korelacija med standardizirano frekvenco branik tipa E in L, ter rani (EW) in kasni (LW) les v odvisnosti od mesečnih klimatskih podatkov, za slovenska rastišča (SLO). Prikazane so samo značilne vrednosti s 95% intervalom zaupanja. ....	34
--	----

## 1 UVOD

Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) v Španiji predstavlja pomembno drevesno vrsto v mediteranskih ekosistemih. Uspeva tudi v Sloveniji, vendar je tu omejen na ozek pas ob morju. Na rastiščih v sredozemskem območju Španije je pogosto izpostavljen ekstremnim razmeram, ki nastopijo predvsem zaradi pomanjkanja padavin in visokih poletnih temperatur. Take razmere otežujejo njegovo rast in obstoj. Rastišča alepskega bora v Sloveniji so na severnem robu areala razširjenosti te vrste, zato je tu ogrožen predvsem zaradi nizkih zimskih temperatur. Ker na njegovo preživetje vpliva klima, za proučevanje vpliva klime in klimatskih sprememb na njegovo rast v preteklosti uporabljamo dendroekološke metode, ki temeljijo na analizi branik. V širini branik in zgradbi lesa so zabeleženi tudi podatki o preteklih vplivih klime na rast drevesa.

Poznavanje lesa in branik te drevesne vrste je torej pomembno, saj okoljski dejavniki vplivajo na fiziologijo drevesa, njihov vpliv pa je zabeležen v zgradbi lesa. Za proučevanje vpliva klime in klimatskih sprememb na rast drevesa moramo poznati priraščanje drevesa v preteklosti, saj vsaka branika v lesu predstavlja arhiv teh vplivov za posamezno leto. Z dendrokronologijo, ki se ukvarja z analiziranjem branik, lahko pridobimo informacije o zapisu klime za natančno določeno leto.

V zmerni klimi lahko drevesa rastejo precej enakomerno, kar pomeni da les iglavcev običajno vsebuje rani in kasni les ter jasno vidne branike in letnice. V splošnem velja da so celice ranega lesa večje in s tanjšo celično steno, v kasnem lesu pa imajo celice manjše lumne in debelejše celične stene. Prehod med ranim in kasnim lesom je lahko prestopen ali oster. Pri sredozemskih drevesih vrstah pride pogosto do neenakomernega priraščanja prirastnih plasti. Najpogostejše so motnje v zveznem prehodu iz ranega v kasni les, tako da se v ranem lesu pojavijo celice ki spominjajo na kasni les (E branika) in v kasnem lesu celice ki spominjajo na rani les (L branika) (Campelo in sod., 2006; Jokič, 2009). Med posebnosti, ki jih zabeležimo pri analizi branik spadajo še nepopolne in manjkajoče branike (Novak, 2007) in pojav smolnih kanalov (De Luis in sod. 2007).

V diplomski nalogi je predstavljen del raziskave usmerjenje v študij zveze med rastjo dreves, zgradbo lesa in klimo v Španiji in Sloveniji. Proučeval sem vzorce alepskega bora (*Pinus halepensis* Mill.) iz treh različnih semiaridnih rastišč v Španiji, Daroca, Guardamar in Maigmo. Vzorci iz Slovenije izvirajo iz dveh rastišč v slovenskem Primorju, pri Krkavčah in Dekanih.

Cilji pričajoče naloge so:

- analizirati vzorce lesa alepskega bora z rastišč Daroca, Guardamar in Maigmó v Španiji in iz slovenskega Primorja,
- izmeriti širine branik, ter širine ranega in kasnega lesa,
- sestaviti kronologije širin branik, ranega in kasnega lesa,
- zabeležiti anatomske anomalije v branikah (pojav L in E tipa branik) in manjkajoče branike ter prikazati njihove frekvenčne porazdelitve v odvisnosti od časa,
- s pomočjo klimatskih dejavnikov pojasniti posebnosti v kronologijah širin branik, ter širin ranega in kasnega lesa in frekvenčnih porazdelitev anatomskeh anomalij.

## 2 SPLOŠNI DEL

### 2.1 ALEPSKI BOR (*Pinus halepensis* Mill.)

#### 2.1.1 Značilnosti alepskega bora

Alepski bor je do 20 m visoko in do 1 m debelo drevo ima krošnjo, ki je pogosto nepravilno oblikovana in svetlejša, kot pri drugih sredozemskih borih. Deblo je velikokrat neravno. Poganjki so tanki, v premeru merijo samo 2-3 mm, so svetlo rjavi in goli. Spada med dvoiglične bore. Iglice so 7-15 cm dolge, tanke, zašiljene. Storži so jajčasti, 5-10 cm dolgi, 2,5-4 cm debeli in bleščeče rjavi. Storži imajo debele peclje in največkrat rastejo v vretencih po dva ali trije, storži pa s poganjkom oklepajo značilen ostri kot okrog 50°. Storži dozorijo jeseni v drugem letu, odpirati pa se začnejo šele v tretjem ali četrtem letu in še dolgo ne odpadejo (Brus, 2004).



Slika 1: Alepski bor blizu mesta Alicante, Španija.

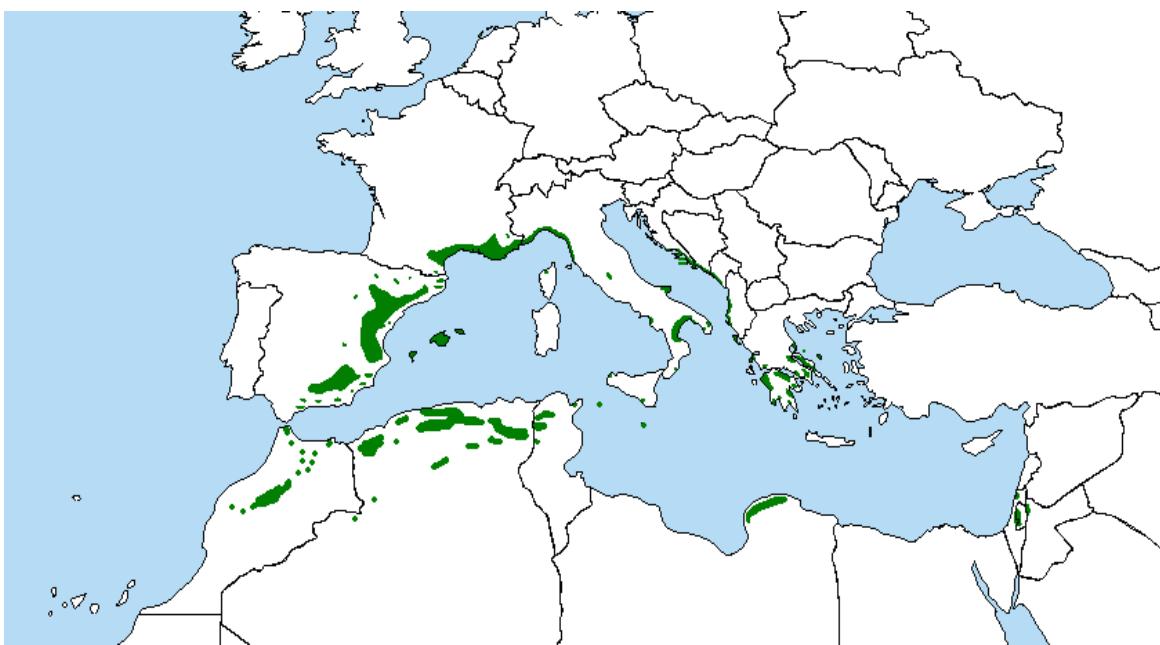
Zelo pomembna značilnost alepskega bora je ta da odlaga velike količine iglic, ki polnijo zemeljska tla, katera so polna in bogata humusa. Zahvaljujoč svojim biološkim značilnostim se naravno širi na druge terene. Odlično se obnavlja na požganih območjih (Prgin, 2005).

Gozdovi alepskega bora so požarno ogroženi, vsako leto jih pogori 5 %. Alepski bor na požar reagira z intenzivno obnovo, saj se pod vplivom vročine odprejo tudi več let stari storži in odvržejo mnogo še kaljivih semen, iz katerih zraste nov pomladec (Brus, 2004).

### **2.1.2 Areal alepskega bora**

Alepski bor je sredozemska drevesna vrsta. Najbolje uspeva na bazičnih apnenčastih tleh, a prenese tudi fliš ali serpentin. Dobro prenaša revna tla, sušo in vročino, zimski mraz, pozna slana in snega pa ga hitro prizadenejo, zato raste samo v toplih obmorskih krajih. Slanih tal ne mara, dobro pa prenaša sol v zraku.

Naravno raste v velikem delu Sredozemlja, njegov areal obsega okrog 3 milijone ha. Največ ga je v severni Afriki med Marokom in Libijo ter v južni Španiji in južni Franciji, najdemo ga še ponekod na Apeninskem polotoku, v Grčiji in zelo malo na bližnjem vzhodu. Naravno raste tudi na Hrvaškem in sicer na otokih južno od Šibenika, na celini pa južno od Splita. Na obalah Jadranskega morja je najpogostejši bor, vendar je ob severnem Jadranu in po severno jadranskih otokih, na primer na Lošinju, umetno sajen. V Grčiji raste od morja vse do 1000 m n. v., v severni Afriki do 1500 m. n. v. (Brus, 2004).



Slika 2: Areal alepskega bora (Mapa *Pinus halepensis*, Wikimedia, 2010).

Pri nas sadimo alepski bor samo ob morju, vendar je zaradi flišne matične podlage redkejši kot na Hrvaškem, kjer prevladuje apnenec. Sadimo ga kot parkovno drevo v vseh obmorskih krajih, v gozdnih nasadih je redkejši. Večji nasad je nad Rižano med Cepki in Dekani, manjši so še pri Fiesi, Strunjanu, Sokoličih pri Sočergi in v dolini Bračana (Brus, 2004).

V Španiji je alepski bor zelo razširjena drevesna vrsta, predvsem v sredozemskem delu države. Največ površine porašča v pokrajinh Katalonija, Valencija, Murcija, Andaluzija ter JV del Aragonije in V del pokrajine Kastilije. Vzroki za tako obsežno razširjenost so zgodovinski in klimatski. V primeru požara se vede kot pionirska, hitro rastoča drevesna vrsta, ki hitro zaščiti razgaljena gozdna tla. Ima negativen vpliv na rast drugih rastlin. Ocenjujejo, da je dominantna vrsta na  $25.000 \text{ km}^2$  gozdne površine. V provinci Alicante je 2600 do 3000 ha oziroma 87 % gozdov alepskega bora. Povprečna gostota alepskih borov je 200 dreves/ha. Uspešnost sajenja je 20 %. Letni prirastek 19-letnega nasada alepskega bora je manj kot  $1 \text{ m}^3/\text{ha}$  (Maestre in Cortina, 2004).

### 2.1.3 Les alepskega bora

V prečnem prerezu je jedrovina zelo razločna, rdečerjave do svetlo rdeče barve, beljava pa je skoraj popolnoma bela. Meje med branikami so praviloma razločne. Delež kasnega lesa močno variira. Prehod med ranim in kasnim lesom je lahko postopen do zelo oster.

Les alepskega bora je tako kot pri drugih vrstah borov večinoma sestavljen iz traheid. Vsebuje heterocelularne trakove in aksialne ter radialne smolne kanale. Les nastane z delovanjem vaskularnega kambija, količina in kakovost lesa pa je odvisna od notranjih in zunanjih dejavnikov, ki vplivajo na delovanje kambija in nastanek novih celic (Čufar, 2006).

V tangencialnem prerezu so trakovi visoki do 10 celic. Trakovno tkivo je heterocelularno, sestavljajo ga parenhimske celice in trakovne traheide, ki imajo na splošno nazobčane stene, le včasih so skoraj popolnoma gladke. V križnem polju med trakovnimi parenhimskimi celicami in aksialnimi traheidami, se nahajajo 1 do 4 pinoidne piknje (Schweingruber, 1990).

## 2.2 LETNE PRIRASTNE PLASTI IN FIZIOLOGIJA NASTANKA RANEGLA IN KASNEGA LESA PRI IGLAVCIH

Ksilemske (in floemske) letne prirastne plasti, ki jih v prečnem prerezu imenujemo letni prirastni kolobarji ali branike, nastanejo zaradi periodičnosti delovanja kambija in spremenljivih fizioloških razmer med vegetacijskim obdobjem. O branikah navadno lahko govorimo pri rastlinah iz zmernih klimatskih pasov. Širine branik oz. debelinski prirastek drevesa so odvisne od rodovitnosti rastišča in socialnega položaja drevesa v sestoju (Čufar, 2006).

Na nastanek ranega in kasnega lesa vpliva razpoložljiva količina rastnih hormonov in hrane – produktov fotosinteze. Rastni hormoni (predvsem avksin) vplivajo na radialne dimenzije, razpoložljivost hrane pa na debeline celičnih sten traheid pri iglavcih. Obe spremenljivki sta medsebojno neodvisni in se spreminja med vegetacijsko dobo.

V obdobju intenzivne rasti poganjkov in listov je nivo avksina visok, kar vpliva na nastanek celic z velikim premerom, značilnih za rani les. V obdobju, ko je razvoj poganjkov in listov končan, količina avksina upada, kar ima za posledico nastanek celic majhnih radialnih dimenzij v kasnem lesu. Larson (1962 iz Čufar, 2006) meni, da je debelitev celične stene v tesni zvezi s proizvodnjo in prerazporeditvijo produktov fotosinteze (asimilatov).

Nastanek tankih in debelih celičnih sten v različnih obdobjih vegetacijske dobe razлага s tem, da se spomladi večina produktov fotosinteze uporabi za rast poganjkov in listov, poleti pa jih je več na razpolago za vgradnjo v celične stene (Larson, 1962 iz Čufar, 2006).

Kambijeva aktivnost mediteranskih drevesnih vrst ima praviloma zelo različno dinamiko in je od leta do leta različna. Nastajanje branike je lahko enakomerno, ali pa ima eno ali celo dve prekinitvi kadar so razmere (predvsem klimatske) neugodne. Kambij je torej lahko aktiven spomladi, ostane aktiven preko poletja in prekine delovanje pozimi, kot v zmernih podnebnih okoljih. V ugodnih klimatskih razmerah (razmeroma toplih zimah in hladnih, mokrih poletjih) lahko radialna rast dreves traja brez prekinitve vse leto, medtem ko se v neugodnih razmerah delovanje kambija prekine. Do prekinitve delovanja lahko pride pozimi (hladne zime) ali poleti (izjemno suha in vroča poletja). V najneugodnejših razmerah se aktivnost kambija lahko prekine dvakrat, poleti in pozimi (De Luis in sod. 2007). Ker se vremenske razmere med leti zelo razlikujejo, se v istem drevesu izmenjujejo prirastne plasti, (a) ki jih je kambij proizvedel med vegetacijsko dobo brez prekinitve (normalne branike), (b) ki so nastale v razmerah ko je bilo delovanje kambija prekinjeno poleti ali pozimi (branike z gostotnimi variacijami) in (c) ko delovanje kambija pozimi ni bilo prekinjeno (ni očitne letnice).

Redke študije nastajanja lesa nakazujejo, da se delitve celic v kambiju pri drevesih iz mediteranskega semiaridnega območja v Španiji, pri rastiščih Jarafuel in Maigmó iz leta 2004, lahko začnejo v sredini marca in končajo med novembrom in decembrom. Kambijkevo aktivnost, lahko v splošnem opišemo z dvema maksimumoma, prvim spomladi in drugim v jeseni (De Luis in sod., 2007).

Različni ritmi delovanja kambija in nastajanja lesa se odražajo v zgradbi branik. Branike, z zgradbo, ki odstopa od normalne zgradbe z jasnim ranim in kasnim lesom v literaturi različno poimenujejo, najpogosteje z izrazi lažne branike, dvojne branike, multiple branike (Čufar, 2006, De Luis in sod. 2007). V zadnjem času se uveljavlja poimenovanje takih branik kot gostotne variacije znotraj branike (angl. Intra – annual density fluctuations - IADF) (Campelo in sod., 2006).

V lesu alepskega bora so gostotne variacije znotraj branik pogoste. V pričajoči nalogi se bomo ukvarjali predvsem s tremi tipi branik. Normalne branike bomo imenovali tiste branike, ki vsebujejo rani les, kasni les, viden prehod med ranim in kasnim lesom ter jasno letnico. V diplomi bomo govorili tudi o branikah, ki vsebujejo gostotne variacije (IADF) in sicer tipa E in L (Campelo in sod., 2006). Branike tipa E vsebujejo celice z značilnostmi kasnega lesa v ranem lesu, branike tipa L pa vsebujejo celice z značilnostmi ranega lesa v kasnem lesu.

Kadar les vsebuje več gostotnih variacij v eni prirastni plasti nekateri viri govorijo o multiplih branikah (De Luis in sod., 2007). Campelo in sod. (2006) so za take branike uvedli poimenovanja L+ (celice ranega lesa na prehodu med kasnim in ranim lesom) in ter E+ (celice kasnega lesa na prehodu med ranim in kasnim lesom).

Les borov vsebuje tudi smolne kanale. Smolni kanali so medcelični prostori, obdani z epitelnimi celicami. V splošnem ločimo normalne in poškodbene, oz. travmatske smolne kanale. Normalne smolne kanale delimo na aksialne in na radialne. Ti so med seboj povezani in skupaj tvorijo omrežje (Čufar, 2006).

Bori vsebujejo smolne kanale, ki jih obdajajo tankostene epitelne celice. Stresni dejavniki, na primer huda poletna suša, po nekaterih virih, pospešujejo nastajanje smolnih kanalov (De Luis in sod., 2007). Položaj smolnih kanalov v prirastnih plasteh pri alepskem boru je lahko zelo različen. Tako lahko najdemo kanale v ranem lesu (RC EW), na prehodu med ranim in kasnim lesom (RC T), ob začetku kasnega lesa (RC ILW) in ob koncu kasnega lesa (RC MLW).

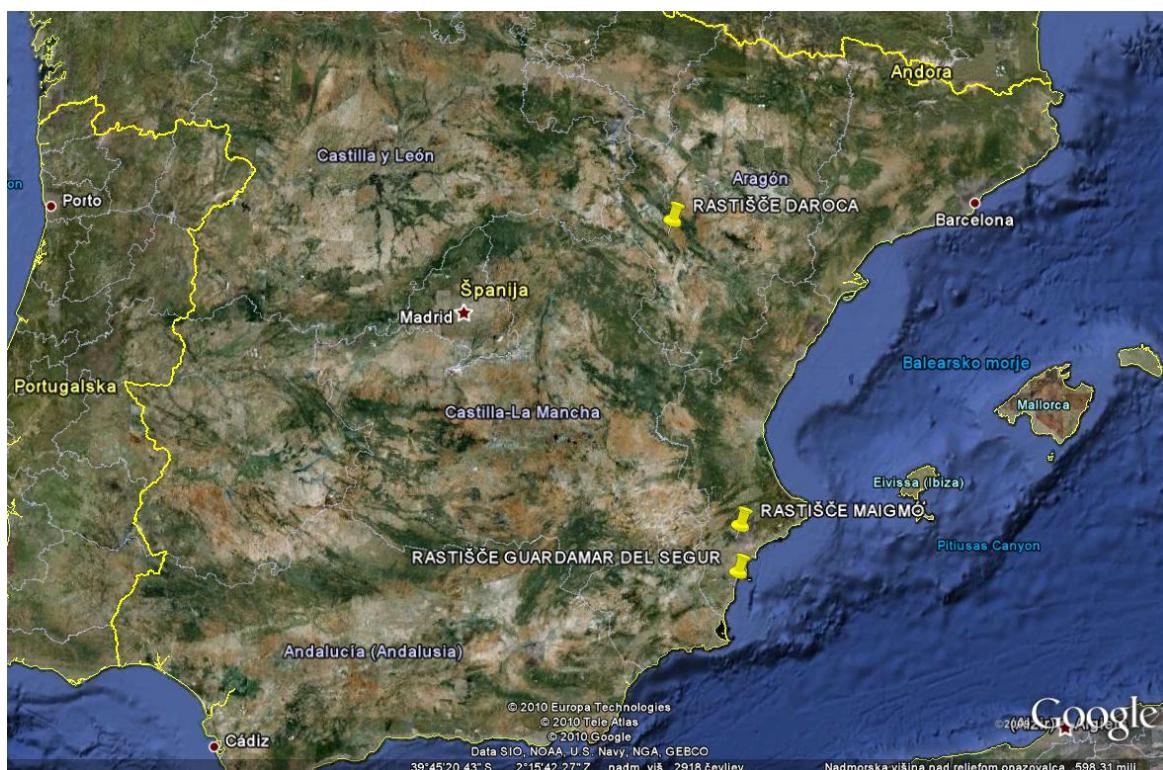
### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI VZORČNIH OBMOČIJ

Vzorci lesa alepskega bora, vključeni v to raziskavo so iz, treh španskih in dveh slovenskih območij. V nadaljevanju podajamo splošen opis območij.

##### 3.1.1 Izbrana rastišča v Španiji

Rastišča v Španiji so blizu kraja Daroca (DAR), v provinci Zaragoza, dve rastišči iz province Alicante, na jugovzhodu Šanije v krajih Guardamar del Segura (GUA) in Maigmó (MAI).



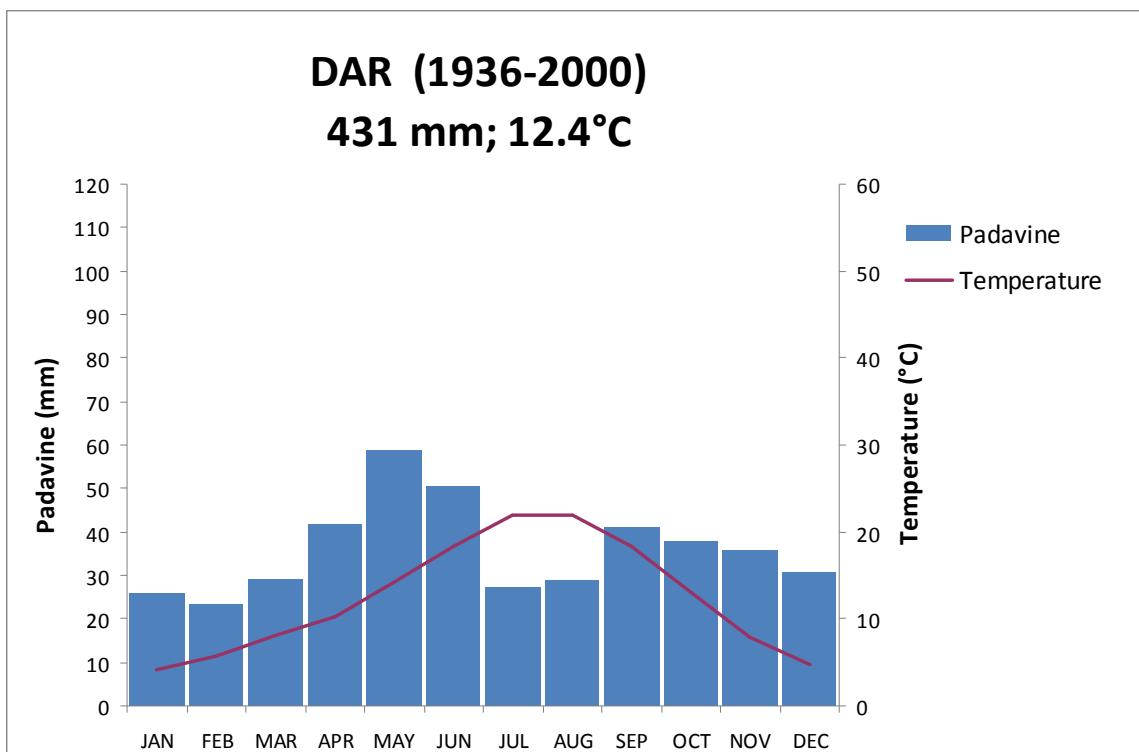
Slika 3: Izbrana rastišča v Španiji (Google Earth, 2010).

### 3.1.1.1 Rastišče Daroca

Rastišče blizu kraja Daroca imajo naslednje koordinate raziskovalnega območja: 41°8'N, 1°24'W; 797 m. n. v. Nahaja se v provinci Zaragoza. Kraj Daroca se nahaja v porečju mesta Calatayud, v dolini reke Jiloca. Leži na hribovitem delu na 797 m nadmorske višine.

Provinca Zaragoza z istoimenskim glavnim mestom se nahaja na severnem delu Španije, v osrednjem delu avtonomne skupnosti Aragonije, ima 880.118 prebivalcem (leto 2003), od tega jih v glavnem mestu živi 682.283 (leto 2008), kar predstavlja redko poseljenost z gostoto naseljenosti 50.95 /km<sup>2</sup> (Wikipedija, 2010).

Provinca Zaragoza ima predvsem sredozemske celinske podnebje, s skoraj puščavskim (stepskim) značajem.



Slika 4: Klimogram kraja Daroca, Španija (Agencia Estatal de Meteorología).

Leži na območju, ki je v celoti obdano z gorovjem. Skupna količina padavin na leto se gibljejo okrog 431 mm. Za območje so značilna vroča suha poletja in s padavinskimi

maksimumom spomladi, do 600 mm. Najvišje temperature so poleti, ko dosežejo nad 25°C. Pozimi so temperature nizke, v povprečju od 5 do 10 °C (slika 4).

### 3.1.1.2 Rastišče Guardamar del Segura

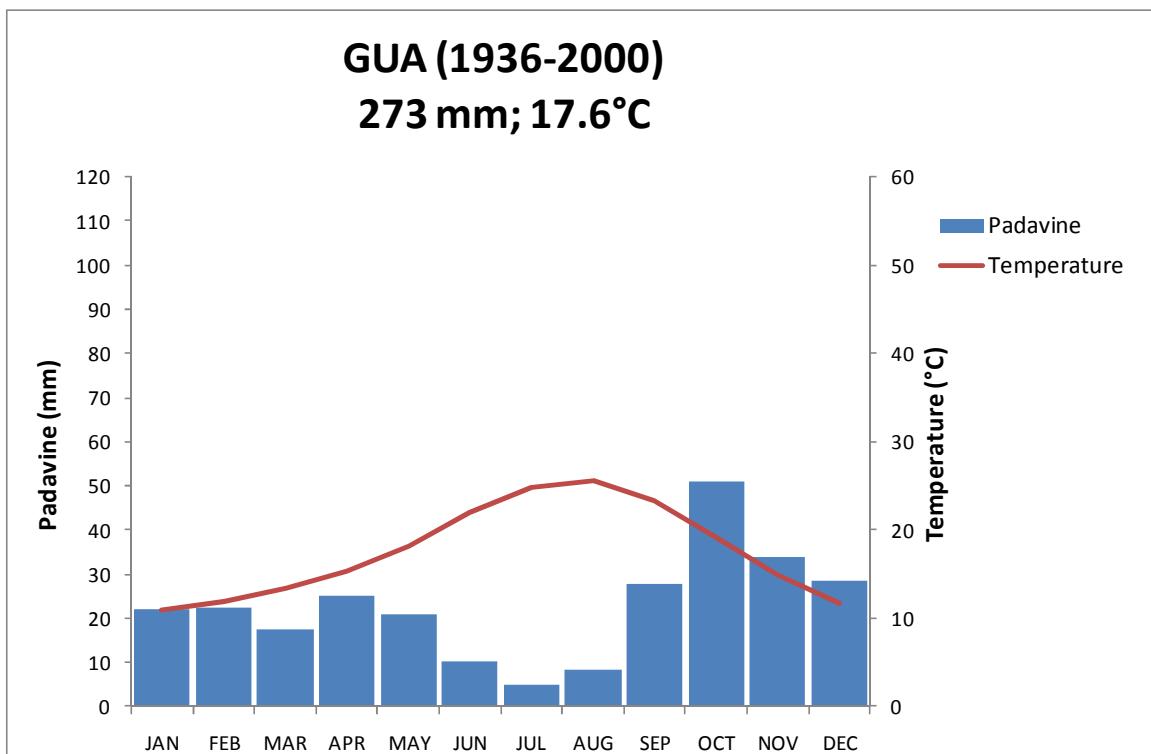
Rastišče Gaurdamar del Segura imata tipično mediteransko semiaridno klimo. Guardamar del Segura je ekosistem peščenih sipin. To je območje Sredozemlja, poraščeno z gozdom alepskega bora ujetim v 11 km dolgo območje vzdolž bele peščene plaže (Wikipedija, 2010).

Koordinate rastišča so 38°6'N, 0°40'W; 5m.n.v., s povprečnimi letnimi temperaturami 17,6 °C in letno vsoto padavin 273 mm.

Rastišče Guardamar del Segura se nahaja v provinci Alicante. Provinca Alicante z istoimenskim glavnim mestom se nahaja na jugovzhodnem delu Španije, v južnem delu avtonomne skupnosti Comunidad de Valencia. Provinca ima 1.783.555 prebivalcev, od tega jih v glavnem mestu Alicante živi 322.673. Je peta najbolj poseljena provinca v Španiji s gostoto naseljenosti 295.50 /km<sup>2</sup> (Wikipedia, 2010).

Spada med najbolj gorate province v Španiji. Od jugovzhoda proti severu-vzhodu province potekajo gorske verige, ki dosežejo najvišji vrh na Aitani (1.558 m) v gorski verigi Sierra Aitana. Na južnem in jugo-vzhodnem delu province prevladujejo ravnine (Wikipedija, 2010).

Sredozemsko pol puščavsko podnebje, ki vlada v obalnem pasu province Alicante, z visokimi temperaturami in dolgimi obdobji brez padavin poleti, ter s padavinskim maksimumom v zimskem delu leta, predstavlja ekstremne rastiščne pogoje celotni vegetaciji.



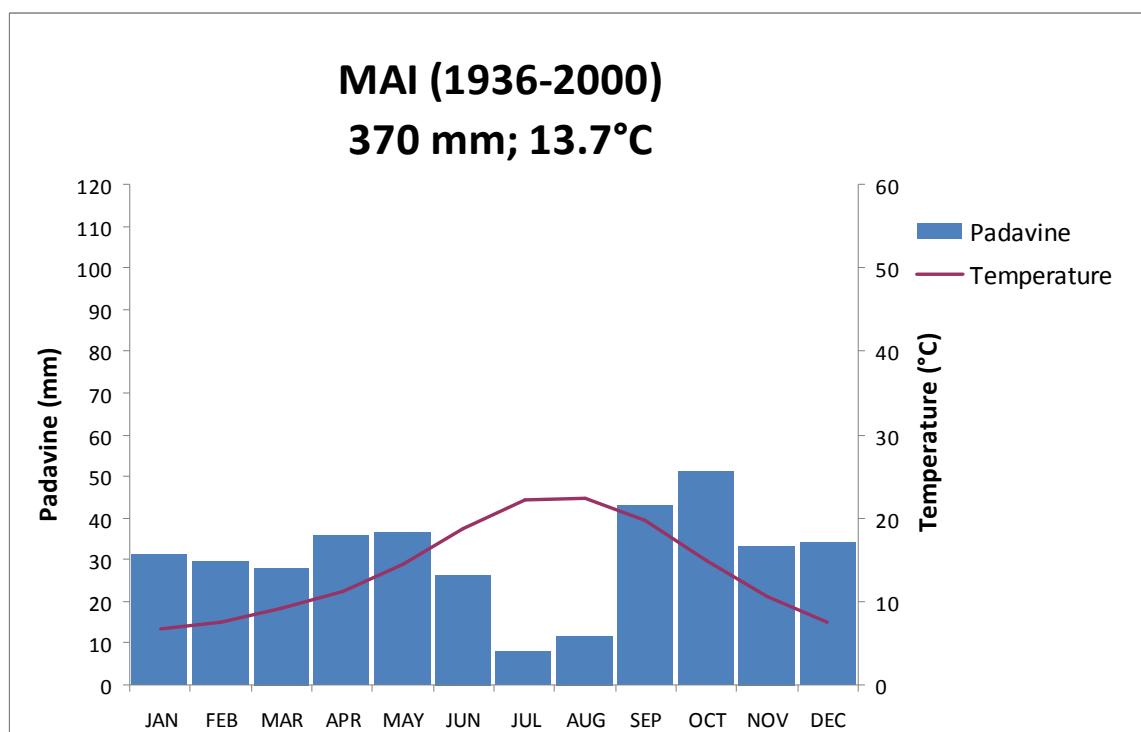
Slika 5: Klimogram Guardamar del Segura, Španija (Agencia Estatal de Meteorología).

Skupna količina letnih padavin znaša 273 mm. Poletja so zelo dolga, vroča in suha, zime pa mile in suhe. Poletne temperature dosežejo od 30 °C. Zimske temperature se zelo redko spustijo pod 10 °C. Padavinski maksimum, do 550 mm, pa je največji jeseni v mesecu oktobru (slika 5).

### 3.1.1.3 Rastišča Maigmó

Maigmó je pokrajina na severnem delu province Alicante. Maigmó (MAI) je rastišče nedaleč stran od rastišča Guardamar, vendar je bolj oddaljeno od obale in leži na višji nadmorski višini. Koordinate tega rastišča so: 38°3'N, 0°38'W; Nadmorka višina znaša 844 m.

Značilno za to področje je sredozemsko pol puščavsko podnebje z povprečno temperaturo 13,7 °C in skupno količino padavin 370 mm/leto.

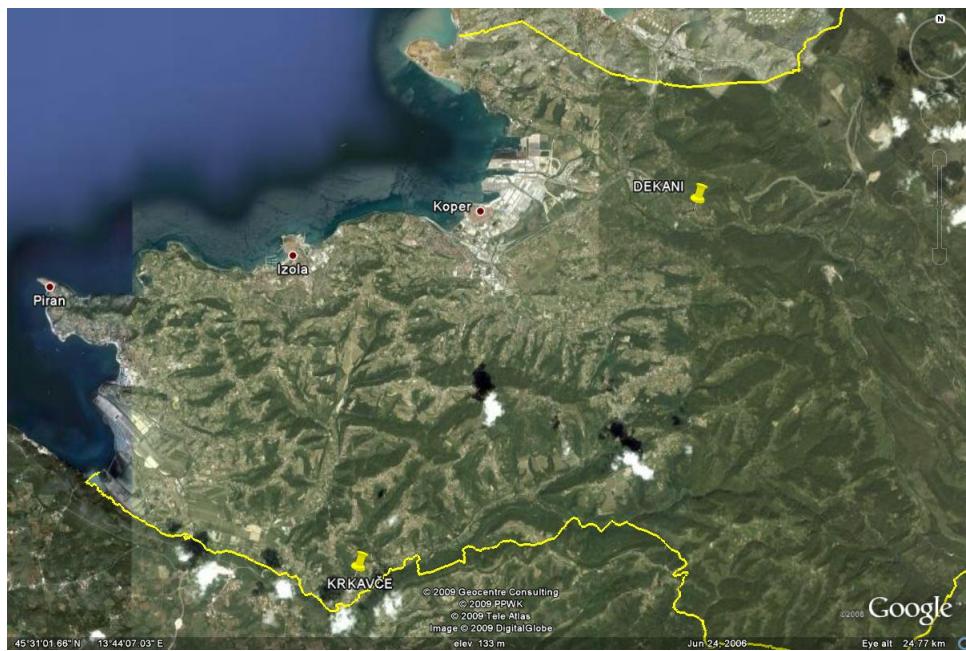


Slika 6: Klimogram Maigmó, Španija (Agencia Estatal de Meteorología).

Področje je izpostavljeno poletnim sušam zaradi visokih temperatur in nizkih padavin. Največ padavin pade spomladi meseca aprila in maja, ter jeseni meseca septembra in oktobra. V zimskih mesecih so temperature nižje od 10 °C (slika 6).

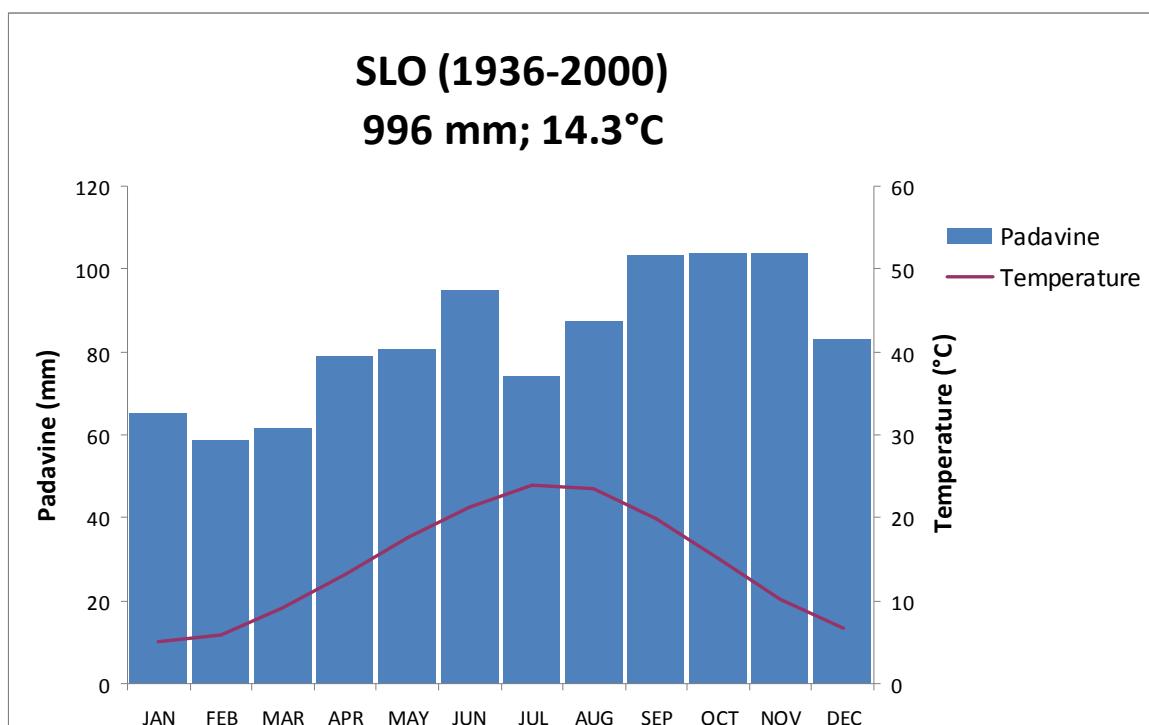
### 3.1.2 Slovenska rastišča

Izbrani slovenski rastišči sta pri kraju Krkavče in pri Dekanih. Oba kraja se nahajata na območju Slovenske Istre v obalno kraškem območju.



Slika 7: Satelitski posnetek satelita EarthSat dveh slovenskih rastišč alepskega bora, Krkavče in Dekani (Google Earth, 2010).

Podnebje slovenske Istre uvrščamo v submediteransko podnebje. Submediteransko se od tipičnega mediteranskega podnebja loči po nekoliko nižjih povprečnih temperaturah ter drugačni razporeditvi in količini padavin, z manj izrazito poletno sušo (Ogrin, 1995).



Slika 8: Klimogram slovenske Istre, Slovenija (Agencija Republike Slovenije za okolje, ARSO).

Povprečna letna temperatura v slovenski Istri znaša 14,3 °C, skupna količina padavin na leto pa 996 mm. Največ padavin pade jeseni od septembra do decembra. Eden glavnih omejevalnikov rasti alepskega bora na tem področju so nizke zimske temperature. V zimskih mesecih december in januar temperature padejo pod 5 °C. Maksimalne vrednosti povprečne mesečne temperature dosežejo meseca julija in avgusta, ko znašajo nad 25 °C .

### 3.2 VZORCI IZ RASTIŠČ

V naši raziskavi smo uporabili že pripravljene vzorce lesa alepskega bora z rastišč: Daroca, Guardamar, Maigmó v Španiji (Zajec, 2005; Jokić, 2009) in iz slovenske Istre (Zajec, 2005).

Za vsako rastišča smo imeli na razpolago po dva vzorca na drevo, število vzorčnih dreves na rastišču pa je bilo različno:

- Daroca 15 vzorčnih dreves,
- Guardamar 15 vzorčnih dreves,
- Maigmó 15 vzorčnih dreves,
- Slovenija skupaj 25 vzorčnih dreves.

Na spodnji sliki (slika 9) je prikazanih nekaj vzorcev iz dreves slovenskega rastišča.



Slika 9: Pripravljeni vzorci lesa alepskega bora iz slovenskega rastišča pri Krkavčah.

### 3.3 ANALIZA BRANIK

Za analizo branik smo uporabili vzorce iz dreves odvzete v zadnjih letih za različne projekte, oz. njihove posnetke. S pomočjo računalniškega programa Serif Photo Plus 6.0, ki služi za urejanje fotografij, smo na fotografije zabeležili vse potrebne informacije: leto nastanka branike, manjkajoče branike in tip morebitne gostotne fluktuacije (IADF).

Analizo branik smo posebej skrbno izvedli za vzorce iz rastišča Maigmó in iz Slovenije. Opise datiranih branik iz Guardamarja in Daroce pa smo dobili iz arhivov starejših raziskav (Zajec, 2005; Jokić, 2009).

Za analizo vzorcev iz Slovenije smo najprej sestavili referenčno kronologijo. Datiranje smo začeli z vzorcem, ki je imel največje število branik in znano leto nastanka zadnje branike. Ko smo na njem datirali vse branike, smo zaporedje širin branik tega vzorca uporabili za datiranje preostalih vzorcev. Vedno smo najprej datirali branike pod skorjo in napredovali proti strženu, torej od najmlajše do najstarejše branike.

Datirali smo tudi vse vzorce iz ostalih rastišč. Pri vzorcih iz španskih rastišč smo poznali leto nastanka zadnje branike, vendar je bilo datiranje zamudno, ker so branike vsebovale zgoraj naštete rastne anomalije.

Paziti smo morali na mesto in širino branike, ter na bližino tipično širokih in ozkih branik referenčnega vzorca. Tako smo lažje določili katere branike manjkajo, oz. vsebujejo anomalije. Pri nekaterih drevesih smo ugotovili, da se na različnih vzorcih branika nastala v istem letu lahko precej razlikuje, predvsem zaradi variabilnosti po obodu drevesa, poškodb, reakcijskega lesa in drugih anomalij.

### 3.4 KLIMATSKI PODATKI

Za analize smo uporabili lokalne klimatske podatke INM (Instituto nacional de meteorología) za Guardamar, Daroco in Maigmó. Vzorci iz rastišč so bili vzeti leta 2001 (Maigmó), 2004 (Krkavče in Dekani) in 2007 (Daroca in Guardamar), vendar smo uporabili mesečne padavine in mesečne temperature za obdobje od leta 1936 do 2000, v katerem smo imeli podatke izmed vseh rastišč. Za analizo smo uporabili statistično harmonizirane rezultate za obe območji, sestavljeni iz več lokalnih klimatskih postaj, prikazane v Gonzalez-Hidalgo in sodelavci (2009) in De Luis in sodelavci (2009).

Uporabljeni klimatski podatki za Guardamar, Daroco, Maigmó in slovenska rastišča so bili:

časovna vrsta skupnih mesečnih padavin za obdobje od 1936 do 2000,  
časovna vrsta povprečnih mesečnih temperatur za obdobje od 1936 do 2000,  
časovna vrsta maksimalnih mesečnih temperatur za obdobje od 1936 do 2000,  
časovna vrsta minimalnih mesečnih temperatur za obdobje od 1936 do 2000.

### 3.5 MERJENJE ŠIRIN BRANIK

Po tem ko smo branike datirali, smo opravili merjenje širin branik. Uporabili smo naslednjo opremo:

- merilno mizo Lintab znamke Rinntech (Lintab<sup>TM</sup> 5 Tree – ring station),
- stereo mikroskop Nikon z digitalno video kamero Kappa,
- osebni računalnik z operacijskim sistemom Windows XP in programom TSAP Win (Rinntech) za merjenje širin branik in analize.



Slika 10: Merilna oprema na Oddelku za ekologijo, Fakultete za znanost, Univerze Alicante.

Merjenje širin branik smo opravili na 49 vzorcih iz Slovenije in 18 vzorcih iz Maigmója. Podatke o širinah branik vzorcev iz Guardamraja, in Daroce smo že imeli iz prejšnjih raziskav (Jokić, 2009).

Pri merjenju širin branik smo morali opazovati zgradbo lesa skozi mikroskop in jo primerjati s posnetimi fotografijami vzorcev kjer smo branike datirali. Brez tega se v mnogih primerih ne bi mogli pravilno odločiti kje je meja med prirastnimi plastmi. Meritve smo s pomočjo merilne mize izvajali v smeri od oboda drevesa proti strženu. S pritiskom na merilni gumb smo vsako meritev zabeležili na 1/100 mm natančno. Ločeno smo merili smo širine ranega in kasnega lesa, program pa je sproti izračunaval tudi širine branik. Program TSAP Win nam je omogočil shranjevanje meritev in pretvorbo podatkov za da obdelavo v drugih dendrokronoloških in statističnih programih.

### 3.6 ANATOMSKA ANALIZA LESA BRANIK

Za zapis anatomskih značilnosti, smo uporabili pripravljeno preglednico s seznamom rastnih posebnosti v katero smo zapisovali pojav anomalij s številkami 0, 1 ali 2. Spodnja slika prikazuje to preglednico, katera nam je služila za določitev gostotnih fluktuacij v braniki (IADF – ang. Intra-annual density fluctuations) pri alepskem boru ter za iskanje razlik med izbranimi rastišči.

Vzorce naših rastišč smo pregledali s stereo mikroskopom 25 kratne povečave. Opisali smo 8736 branik in sicer: 1547 iz Daroce, 2537 iz Guardamarja, 2336 iz Maigmója in 2316 iz Slovenije.

Zabeležili smo v katerem letu je nastala normalna branika in kdaj branike tipa E in L. Analizo smo izvajali v smeri od stržena (najstarejše branike) proti kambiju (najmlajše branike), tako smo lažje sledili anatomske spremembam in rasti drevesa.

Slika 11: Anatomsko analizo branik. Podatki so nanizani v stolpcih za vsako braniko posebej.

Preglednica 1: Razlaga kratic, ki jih vsebuje anatomska analiza.

STOLPEC	IME/PARAMETER	OPIS	PODATEK
A	Name / code	Oznaka opazovane branike označena s kodo.	D-mesto odvzema vzorca, PP-šifra
B	Year / n°	Pripravno leto opazovane branike.	drevne vrste, 01-številka drevesa,
C	TP / type	Prehod med braniko, ki je pričastila v prejšnji sezoni in opazovano braniko.	1- oster prehod, 2- postopen prehod
D	EARLY-WOOD / RC	Vsebnost smolnih kanalov v ranem lesu.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
E	EARLY-W... / LW.cells	Vsebnost celic podobnih kasnemu lesu med celicami kasnega lesa.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
F	EARLY-WOOD / E	Vsebnost dvojne branike v ranem lesu, tip E.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
G	EARLY-WOOD / n°	Število prej omenjenih dvojnih branik.	št. 1 - ∞
H	EARLY-WOOD / noe	Branika ne vsebuje celic ranega lesa.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
I	EARLY-W... / others	Vpišemo komentar!	Vpišemo komentar!
J	T_EW-LW / RC	Vsebnost smolnih kanalov na prehodu med ranim in kasnim lesom.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
K	T_EW-LW / type	Prehod med ranim in kasnim lesom v braniki.	1- oster prehod, 2- postopen prehod
L	LATE_WOOD / RC-i	Vsebnost smolnih kanalov na začetku prirastka kasnega lesa (initial).	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
M	LATE_WOOD / RC-m	Vsebnost smolnih kanalov na koncu prirastka kasnega lesa (marginal).	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
N	LATE-W... / EW.cells	Vsebnost celic podobnih ranemu lesu med celicami kasnega lesa.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
O	LATE-WOOD / L	Vsebnost dvojne branike v kasnem lesu, tip L.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
P	LATE-WOOD / n°	Število prej omenjenih dvojnih branik.	št. 1 - ∞
R	LATE-WOOD / noe	Branika ne vsebuje celic kasnega lesa.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
S	LATE-W... / others	Vpišemo komentar!	Vpišemo komentar!
Š	TN / type	Prehod med opazovano braniko in braniko, ki je pričastila v prejšnji sezoni.	1- oster prehod, 2- postopen prehod
T	RINGS / MR	Vsebnost večkratnih (multiple) branik.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
U	RINGS / MISS	Vsebnost manjkačih (izpadlih) branik.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
V	PIC	Dobrer primer za izdelavo fotografije.	PIC

V nadaljevanju smo izračunali frekvence anomalij na leto (F) po enačbi:

$$F = N/n$$

N pomeni število branik, ki vsebujejo enak tip anomalije v istem letu , n pa predstavlja skupno število vseh branik rastišča. Uporabili smo tudi popravek za izboljšanje stabilnosti variance (Osborn in sod., 1997).

$$f = Fn^{0.5}$$

Kjer je f stabilizirana frekvenca posamezne anomalije.

### 3.7 POSTOPEK DENDROKLIMATOLOŠKE ANALIZE

#### 3.7.1 Standardizacija kronologij s programom ARSTAN

Za proučitev vpliva klimatskih dejavnikov na širine ranega in kasnega lesa ter širine branik smo standardizirali zaporedja širin in sestavili kronologije s pomočjo programa ARSTAN (Holmes, 1994).

Zaporedja širin branik, ranega in kasnega lesa smo uvozili v program ARSTAN, ki nam je izračunal kronologije in statistične kazalnike zanje. Program ARSTAN nam je omogočil izračun štirih tipov kronologij: neindeksirana (RAW), standardna (STD), kronologija tipa »ARSTAN residual« (RES) in avtoregresivna (ARSTAN).

Kronologije »ARSTAN residual« (RES) smo uporabili za nadaljnje analize s programom DendroClim 2002 (Biondi in Waikul, 2004).

### 3.7.2 Dendroklimatološke analize

Pri dendroklimatološki raziskavi gre za ugotavljanje povezav med časovnimi vrstami klimatskih podatkov in kronologijami širin branik in ranega ter kasnega lesa za določeno obdobje.

S standardizacijo posamezne klimatske serije in izračunom njenega povprečja smo sestavili regionalni klimatski niz podatkov za obdobje 1936-2000.

Program DendroClim 2002 omogoča analizo zveze med širinami branik, ranega in kasnega lesa in klimo z izračunom korelacijskih in odzivnih funkcij. Program uporablja Bootstrap postopek (Guiot, 1991) za izračun korelacijskih koeficientov in odzivnih funkcij. Območje zaupanja za prikaz značilnih intervalov je ocenjeno na 5 % stopnjo tveganja.

Pridobljene klimatske podatke za obravnavana rastišča smo skupaj s kronologijo tipa »ARSTAN residual« (RES) za posamezno rastišče obdelali s programom DendroClim 2002 (Biondi in Waikul, 2004). Z izračunom korelacijskih in odzivnih koeficientov smo določili statistično značilne zveze med širino branik ter ranega in kasnega lesa in klimatskimi dejavniki. Pri uporabi programa DendroClim 2002 smo uporabili tudi podatke stabilizirane IADF frekvence (f) kot odvisno spremenljivko.

S pomočjo analize z odzivno funkcijo smo ugotavljali, kateri klimatski dejavniki vplivajo na variiranje širin branik in kolikšen je njihov vpliv.

V programu smo določili še mesece, ki naj bi bili pomembni za širino in zgradbo tekoče branike. Izbrali smo parametre od septembra predhodnega leta do novembra tekočega leta. Najprej smo izračunali korelacijske in odzivne funkcije po metodi Bootstrap in stopnjo njihove značilnosti. Nato je sledila analiza časovne stabilnosti po metodi gibljivih intervalov ter grafična predstavitev korelacijskih in odzivnih vrednosti. Rezultate smo grafično prikazali s pomočjo programov Sigma Plot in Excel. Programa smo uporabili za izdelavo diagramov in analizo podatkov.

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

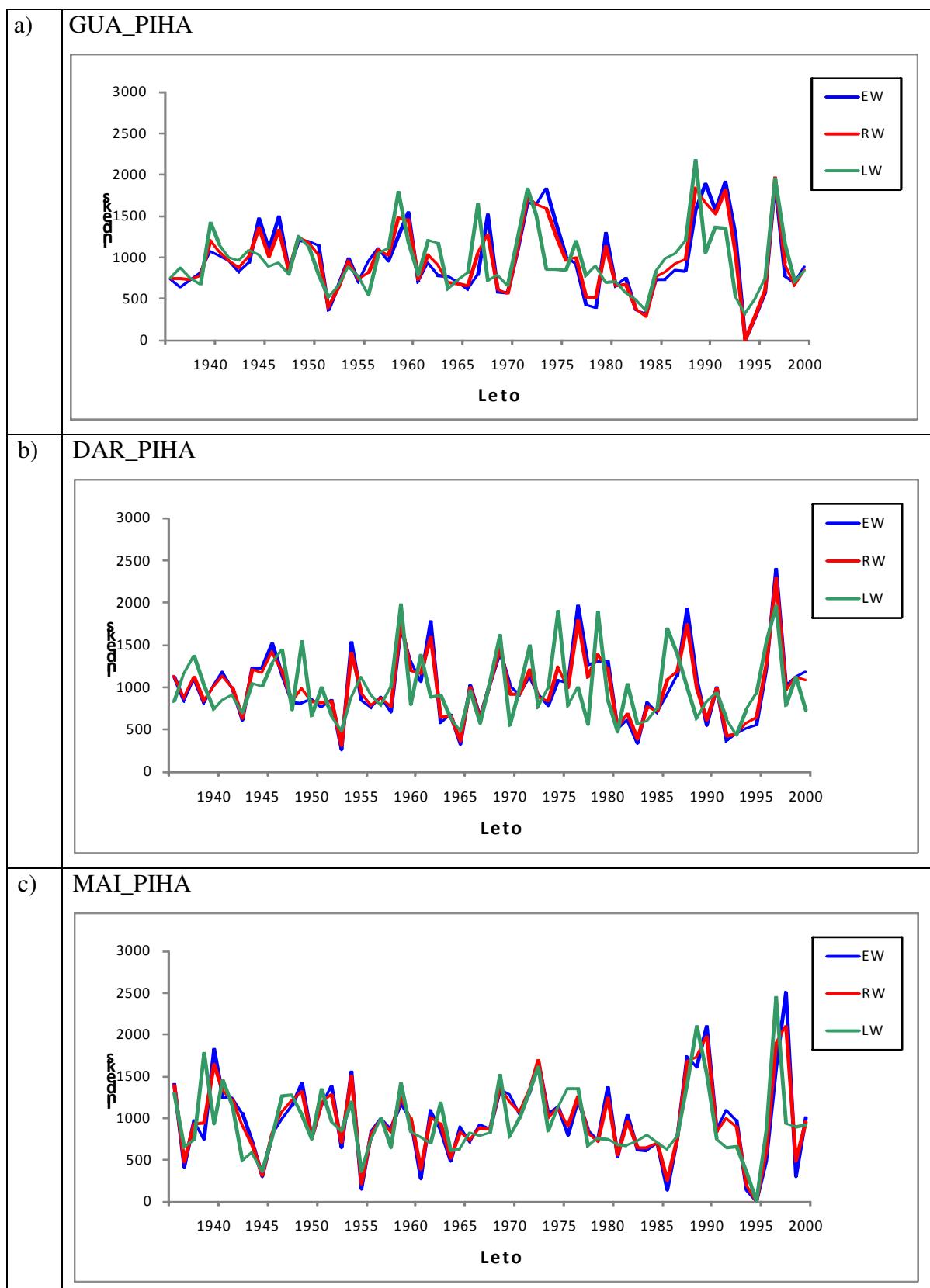
### 4.1 KRONOLOGIJE ŠIRIN BRANIK, TER ŠIRIN RANEGA IN KASNEGA LESA

V raziskavo je bilo vključenih 140 vzorcev iz štirih rastišč. V spodnji tabeli je prikazano število vzorcev iz posameznega rastišča.

Preglednica 2: Izbor vzorcev iz rastišč alepskega bora za raziskavo.

Št.	Vzorci (oznaka)	Leto vzorčenja	Število vzorčnih dreves	Število vzorcev
1	DAR_PIHA	2007	15	30
2	GUA_PIHA	2007	15	30
3	MAI_PIHA	2001	15	30
4	SLO_PIHA	2004	25	50
				SKUPAJ 140

V nadaljevanju so predstavljene kronologije širin branik ter širin ranega (EW) in kasnega lesa (LW). Prikazani so indeksi treh različnih tipov kronologij širin branik ranega lesa (EW – earlywood), širin kasnega lesa (LW – latewood) in širin branik (RW – ring width), za sestoje alepskega bora iz rastišč Guardamar, Daroca, Maigmó in v Sloveniji (slika 12).



Slika 12: Standardne (STD) kronologije za širine branik (RW), širine ranega lesa (EW) in širine kasnega lesa (LW) za rastišča Guardamar (GUA), Daroca (DAR) in Maigmo (MAI). PIHA – *Pinus halepensis*.

V preglednici 3 so prikazani naslednji korelacijski koeficienti za zvezo med kronologijami:

- širin ranega (EW), kasnega (LW) lesa in širin branik (RW),
- širinami kasnega in ranega lesa predhodnjega leta (lw-ew-1),
- širin ranega in ranega lesa predhodnjega leta (ew-ew-1),
- širin ranega in kasnega lesa predhodnjih dveh let (ew-lw-2),
- širin kasnega in ranega lesa zadnjega leta (lw-ew),
- širin kasnega in kasnega lesa predhodnjega leta (lw-lw-1),
- širin kasnega in ranega lesa predhodnjega leta (lw-ew-1),
- širin branik in ranega lesa zadnjega leta (rw-ew),
- širin branik in kasnega lesa zadnjega leta (rw-lw),
- širin branik in ranega lesa predhodnjega leta (rw-ew-1),
- širin branik in kasnega lesa predhodnjega leta (rw-lw-1),
- širin branik in širin branik predhodnjega leta (rw-rw-1).

Preglednica 3: Korelacijski koeficienti za zvezo med kronologijo širin ranega (EW) in kasnega (LW) lesa in širin branik (RW) za rastišča Daroca (DAR), Guardamar (GUA), Maigmo (MAI) in Slovenijo (SLO) in širinami (lw-ew-1), (ew-ew-1), (ew-lw-2), (lw-ew), (lw-lw-1), (lw-ew-1), (rw-ew), (rw-lw), (rw-ew-1), (rw-lw-1), (rw-rw-1).

	DAR_EW	DAR_LW	DAR_RW	GUA_EW	GUA_LW	GUA_RW	MAI_EW	MAI_LW	MAI_RW	SLO_EW	SLO_LW	SLO_RW
ew-lw-1	0,33			0,58			0,56			0,37		
ew-ew-1	0,21			0,42			0,12			0,22		
ew-lw-2	0,11			0,20			-0,01			0,06		
lw-ew		0,52			0,62			0,61			0,45	
lw-lw-1		0,00			0,33			0,22			0,25	
lw-ew-1		-0,03			0,13			0,14			0,17	
rw-ew			0,98			0,97			0,98			0,94
rw-lw			0,66			0,79			0,75			0,71
rw-ew-1			0,17			0,37			0,14			0,24
rw-lw-1			0,28			0,56			0,52			0,37
rw-rw-1			0,21			0,46			0,24			0,30

Iz preglednice je razvidno, da je širina branik bolj odvisna od širine ranega lesa (EW) kot od kasnega lesa (LW) v tekočem letu. Širina branike predhodnega leta je bolj odvisna od širine kasnega lesa predhodnega leta. Ugotovljena je visoka korelacija med širinami branik v Guardamarju s širino kasnega lesa (LW).

Širina kasnega lesa predhodnega leta (LW-1) vpliva na širino branike tekočega leta (predvsem v Guardamarju in Maigmóju). Širina branike v tekočem letu je zelo odvisna od

širine kasnega lesa predhodnega leta (LW-1), verjetno na račun akumulacije hrane v prejšnji jeseni. To je bolj opazno v Guardamarju in Maigmóju..

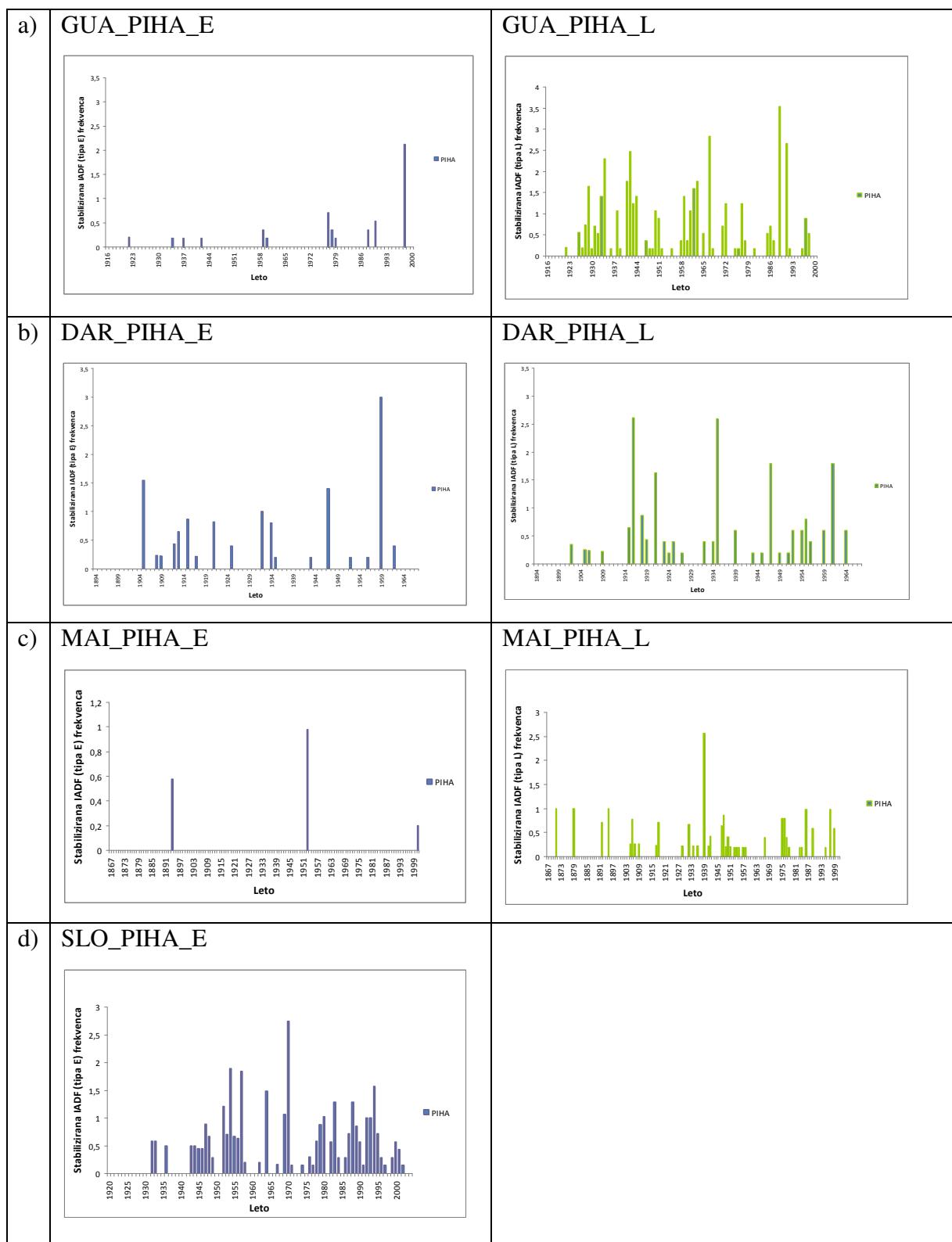
Pri zvezi med širinami ranega lesa tekočega leta (EW) in širinami kasnega lesa predhodnega leta (LW-1) je predvsem v Guardamarju in Maigmóju zabeležena tesna zveza.

Širina kasnega lesa (LW) je močno povezana s širino ranega lesa (EW). Odvisnost širine kasnega lesa tekočega leta od širine ranega lesa tekočega leta je pri vseh rastiščih visoka. Nastanek kasnega lesa tako verjetno ni odvisen samo od jesenskih vremenskih razmer ampak tudi od predhodnih pomladanskih, kar se odraža v širini ranega lesa (EW). Korelacijski koeficient zveze med širinami kasnega lesa in prirastkom ranega lesa prejšnjega leta (EW-1) pa je majhen.

#### 4.2 FREKVENČNE PORAZDELITVE ANOMALIJ V BRANIKAH

Pregled pogostosti anomalij v lesu je pokazal, da je najpogostejši pojav gostotnih variacij pri branikah tipa E ter tipa L. Zato smo spremljali samo frekvenčne porazdelitve teh dveh tipov branik.

Branike tipa L so prisotne v večini dreves alepskega bora iz sestojev v Španiji, največ pa jih je pri drevesih iz sesta Guardamar. Branike tipa E so manj pogoste pri drevesih iz Španije. Pri drevesih iz Slovenije, je branik tipa E občutno več kot pri drevesih iz Španije, nismo pa zasledili branik tipa L.



Slika 13: Stabilizirana frekvenca branik z gostotnimi variacijami tipa E in L za posamezna leta in rastišča.

Daroca (DAR), Guardamar (GUA), Maigmo (MAI), Slovenija (SLO).

Pri vzorcih iz Guardamarja (GUA) in Maigmója (MAI), se stabilizirana frekvenca prisotnosti branik tipa E giblje okrog povprečne vrednosti 0,04. Prisotnost E branik v celotnem raziskanem obdobju 64 let je 19 % pri GUA, pri MAI pa le 5 %.

Vzorci iz rastišč Daroca (DAR) in iz Slovenije (SLO) vsebujejo bistveno več E branik, prav tako je stabilizirana IADF frekvenca pri obeh v mejah 0,24 povprečne vrednosti. Prisotnost E branik v celotnem obdobju je pri DAR je 27 % in kar 75 % pri vzorcih iz SLO.

Branike tipa E pričakujemo v območjih, kjer po nastanku prvih celic v braniki tipa ranega lesa nastopi vroče suho obdobje in nastanek celic tipa kasnega lesa. Zato so branike tipa E pogostejše v Sloveniji, v Španiji pa manj, saj visoke temperature v času nastajanja ranega lesa povzročijo upočasnitev rasti in formiranje celic, ki so podobne kasnemu lesu. Pri slovenskih drevesih, ne prihaja do prekinitev rasti, kot je to značilno za rastišča Guardamar, in Maigmó iz Španije. Prav tako je opazna večja količina ranega lesa pri drevesih iz Slovenije in večja količina kasnega lesa pri drevesih iz Španije. Če suši sledi bolj vlažno toplo vreme, spet začnejo nastajati celice značilne za rani les. Njihovem nastanku sledi nastanek kasnega lesa (De Luis in sod., v tisku ).

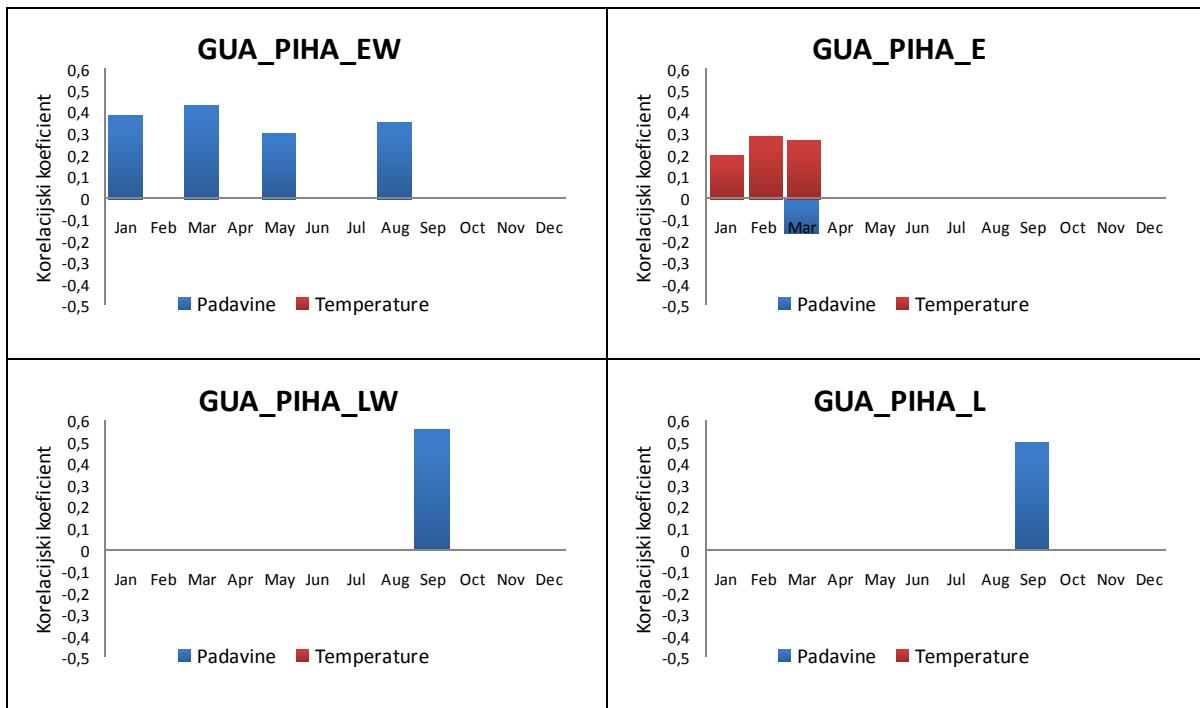
Večje število branik tipa L smo zasledili samo pri drevesih iz Španije. Na vseh rastiščih so bile prisotne v znatnih količinah. Za primerjavo, rastišče Guardamar vsebuje 77 %, Daroca 45 %, Maigmó 61 % branik tipa L glede na skupno število analiziranih branik. Po količini in pogostosti L branik izstopa rastišče Guardamar. Stabilizirane vrednosti IADF frekvenc prikazujejo nekoliko razlik. Največjo povprečno vrednost ima rastišče Guardamar in to 0,51. Maigmo ima povprečno vrednost 0,15, Daroca pa 0,27.

Branike tipa L pričakujemo v območjih, kjer kambij v vročih suhih poletjih preneha proizvajati nove celice. Ko se to zgodi, branika tekočega leta običajno že vsebuje rani in kasni les. Če je jesen vlažna (in topla) pride do reaktivacije kambija in ponovno začnejo nastajati celic tipa ranega lesa, ki jim sledi nastanek celic tipa kasnega lesa (De Luis in sod., v tisku).

#### 4.3 DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA

Rezultati dobljeni pri dendroklimatološki analizi s programom DendroClim 2002 so prikazani v naslednjih poglavjih.

##### 4.3.1 Guardamar



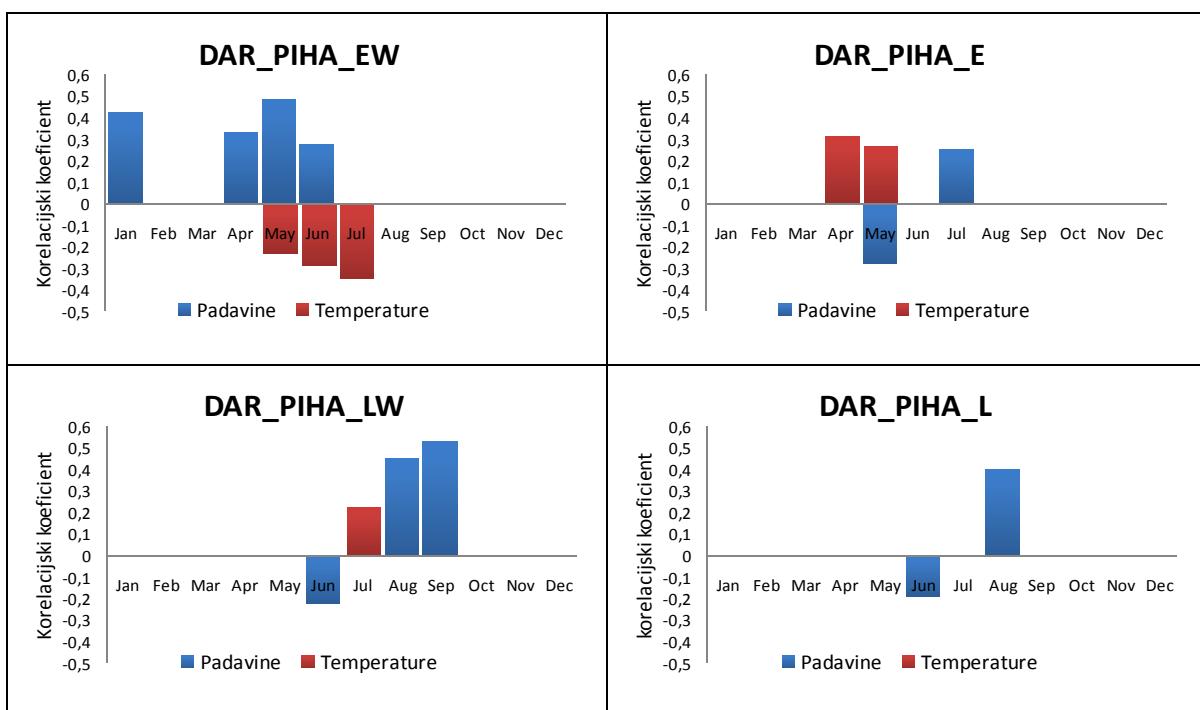
Slika 14: Korelacija med standardizirano frekvenco branik tipa E in L ter ranega (EW) in kasnega (LW) lesa v odvisnosti od mesečnih klimatskih podatkov, za rastišče Guardamar (GUA). Prikazane so samo statistično značilne vrednosti s 95 % intervalom zaupanja.

Pri vzorcih iz Guardamarja (slika 14) je opazna pozitivna korelacija med širino ranega lesa (EW) in količino padavin v januarju, marcu in maju in pozitivna korelacija med širino kasnega lesa (LW) in količino padavin v septembru.

Pozitivna korelacija je opazna tudi med formiranjem E branik in zimskimi temperaturami januarja, februarja in marca, ter negativna korelacija z količino marčevskih padavin. Pri branikah tipa L je opazna pozitivna korelacija z količino padavin v septembru.

Ekstremne klimatske razmere povzročajo nastajanje E branik, ko po reaktivaciji kambija pozno spomladi nastopi suša z vročino, kar pa povzroči da začne nastajati les z značilnostmi kasnega lesa. Širina ranega lesa je posledično majhna. V obdobju nastajanja kasnega lesa, je opazno nastajanje L branik, zaradi vpliva padavin v septembru. Te pospešijo rast ob normalnih jesenskih temperaturah, ter s tem povzročijo nastajanje veliko večje količine branik tipa L kot E (slika 13(a)), širina kasnega lesa pa je večja od ranega.

#### 4.3.2 Daroca



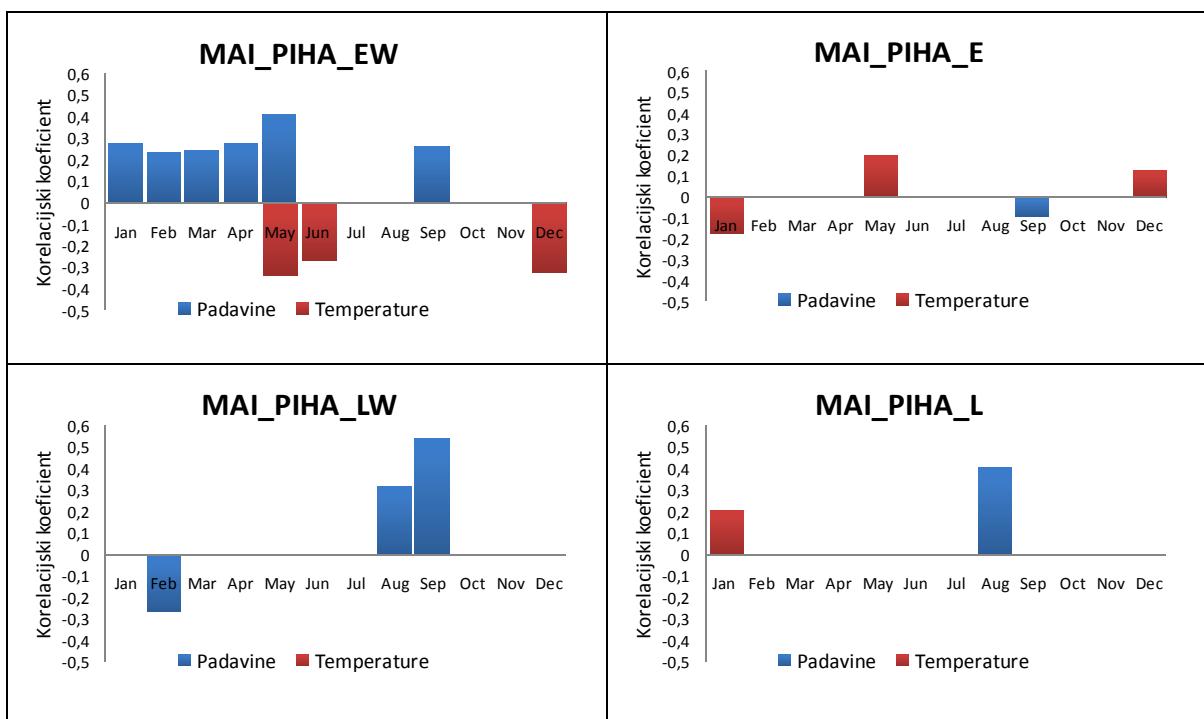
Slika 15: Korelacija med standardizirano frekvenco branik tipa E in L, ter rani (EW) in kasni (LW) les v odvisnosti od mesečnih klimatskih podatkov, za rastišče Daroca (DAR). Prikazane so samo značilne vrednosti s 95 % intervalom zaupanja.

Vzorci za rastišče Guardamar na sliki 15 prikazujejo pozitivno korelacijo med širino ranega lesa (EW) in količino padavin meseca januarja in v mesecih april, maj in junij. Negativna korelacija med širino ranega lesa (EW) in temperaturami je v začetku poletja od maja do julija. Korelacija kasnega lesa (LW) in količino junijskih padavin je negativna in pozitivna med količino padavin avgusta in septembra in julijskimi temperaturami. Pri formiranju E branik vidimo pozitivno korelacijo med temperaturami aprila in maja, ter negativno korelacijo količine padavin v maju. Negativna korelacija je pri branikah tipa L in

količino padavin meseca junija, medtem ko pa je pozitivna korelacija med količino padavin in E branikami v juliju in avgustu med L branikami.

Razvidno je da se formiranje ranega lesa začne z zamikom vse do meseca aprila. Opazne so mesečne prekinitev rasti ranega lesa v mesecu aprilu in maju, ko nastajajo branike tipa E. Pozitivna korelacija julijskih padavin kaže, da te vplivajo na dodatno nastajanje ranega lesa. Povečane količine padavin avgusta in septembra po poletni suši vplivajo na nastanek branik tipa L. odstotek prisotnosti branik tipa E in L pri drevesih iz tega rastišča je skoraj enak, kar dokazuje celoletno nihanje priraščanja celic ranega in kasnega lesa.

#### 4.3.3 Maigmó



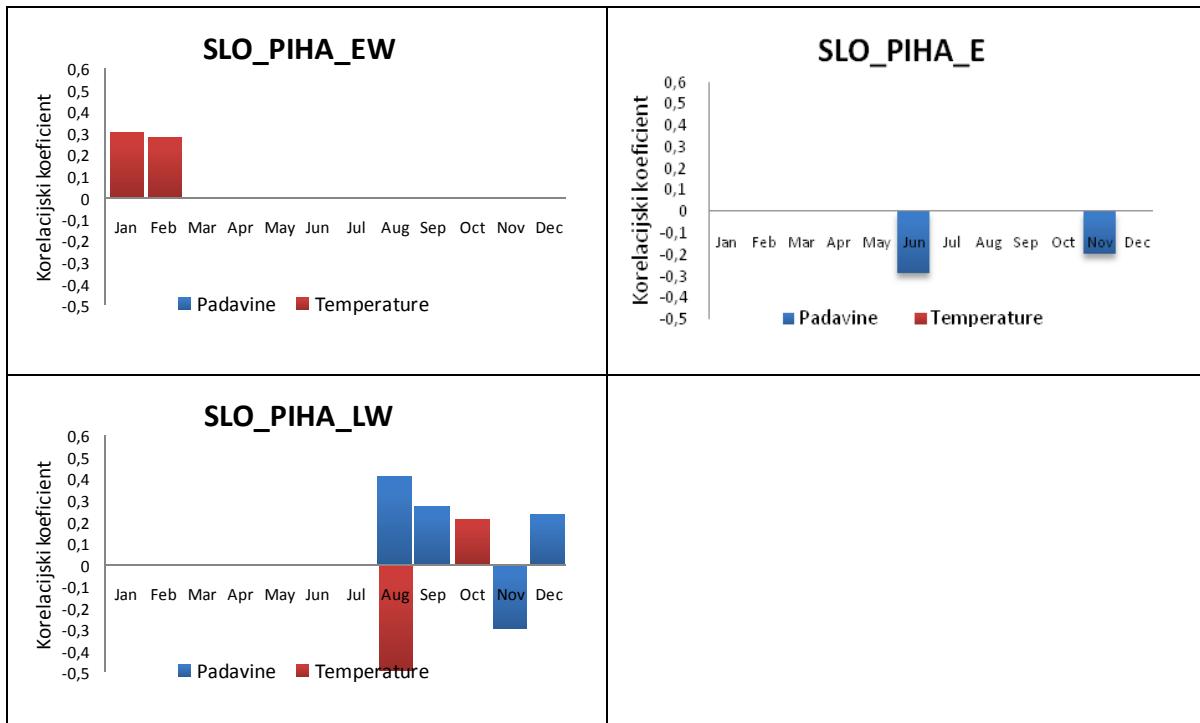
Slika 16: Korelacija med standardizirano frekvenco branik tipa E in L, ter rani (EW) in kasni (LW) les v odvisnosti od mesečnih klimatskih podatkov, za rastišče Maigmó (MAI). Prikazane so samo značilne vrednosti s 95 % intervalom zaupanja.

Na sliki 16, pri vzorcih z rastišča Guardamar opazimo pozitivno korelacijo med ranim lesom (EW) in količino padavin v mesecih od januarja do junija, ter negativno korelacijo

temperatur maja in junija z ranim lesom (EW). Korelacija kasnega lesa (LW) in količino padavin v februarju je negativna in pozitivna avgusta in septembra. Majhna pozitivna korelacija med nastajanjem E branik in temperaturami maja in decembra nima bistvenega pomena. Prav tako je majhna negativna korelacija med E branikami in količino padavin septembra. Meseca avgusta je vidna pozitivna korelacija med količino padavin in branikami tipa L.

Glede na to, da korelacijski koeficienti niso statistično značilni, kaže da s klimatskimi dejavniki ne moremo razložiti nastajanja E branik, ki so na rastišču Maigmó zelo redke ali jih ni (slika 13 (c)). Drevesa tega rastišča imajo pogosto normalen rani les, korelacijski koeficienti za količino padavin v času nastajanja ranega lesa pa so pozitivni. Prisotnost L branik je v zvezi s količinami padavin v avgustu in septembru.

#### 4.3.4 Slovenia



Slika 17: Korelacija med standardizirano frekvenco branik tipa E in L, ter rani (EW) in kasni (LW) les v odvisnosti od mesečnih klimatskih podatkov, za slovenska rastišča (SLO). Prikazane so samo značilne vrednosti s 95 % intervalom zaupanja.

Pri vzorcih iz Slovenije na sliki 17 opazimo pozitivno korelacijo med ranim lesom (EW) in temperaturami meseca januarja in februarja. Pozitivna korelacija med širino kasnega lesa (LW) in količino padavin je opazna v mesecu avgust in september, prav tako je pozitivna korelacija med temperaturo in širino kasnega lesa (LW) v oktobru in negativna v avgustu. Negativna korelacija med količine padavin in branikami tipa E je v juniju in novembru.

Pri drevesih iz slovenskega rastišča, na širino ranega lesa pozitivno vplivajo januarske in februarske temperature. Višje temperature v teh dveh mesecih domnevno vplivajo na zgodnejšo reaktivacijo kambija spomladti.

Nastanek E branik je v negativni korelaciiji z junijskimi padavinami. Kadar je junij suh kambij začne proizvajati celice tipa kasnega lesa. Negativne korelacije med pogostostjo E branik in novembrskimi padavinami ni mogoče fiziološko pojasniti.

## 5 SKLEPI

Analizirali smo vzorce lesa alepskega bora (*Pinus halepensis* Mill.) z rastišč Guardamar (GUA), Daroca (DAR) in Maigmó (MAI) v Španiji, ter z dveh rastišč (Krkavče, Dekani) iz slovenskega Primorja (SLO). Izbrana rastišča imajo različne letne količine padavin in povprečne letne temperature: 273 mm, 17,6 °C (GUA), 370 mm, 13,7 °C (MAI), 431 mm, 12,4 °C (DAR) in 996 mm, 14,3 °C (SLO) ter različen razpored padavin.

Za vsako rastišče smo sestavili kronologije širin branik (RW) ter širin ranega (EW) in kasnega lesa (LW). Za dendroklimatološke analize pa smo uporabili indeksirane kronologije tipa RES ARSTAN za obdobje 1936 do 2000.

Skupno smo analizirali 140 vzorcev in 8736 branik. Za vsako braniko smo določili ali ima normalen rani in kasni les (N), ali pa vsebuje celice tipa kasnega lesa znotraj ranega lesa (branika tipa E) ali pa celice tipa ranega lesa znotraj kasnega lesa (branika tipa L).

Frekvenčne porazdelitve branik tipa E in L za vsako rastišče so pokazale, da so na rastišču GUA najpogostejše branike tipa L, na DAR branike tipa L in E, na MAI smo opazili nekaj branik tipa L, branike tipa E pa so bile obilne le v treh letih. V SLO so bile dokaj pogoste branike tipa E, branik tipa L pa nismo zasledili.

Različno količino branik tipa E in L smo pojasnili z dendroklimatološko analizo. Potrdili smo, da branike tipa E nastanejo kadar v času nastajanja ranega lesa (predvsem pozno spomladi) nastopi suša, branike tipa L pa nastanejo kadar je jesen vlažna in se kambij po suhem vročem poletju ponovno reaktivira.

## 6 POVZETEK

Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) v Španiji predstavlja pomembno drevesno vrsto v mediteranskih ekosistemih. Uspeva tudi v Sloveniji, vendar je tu omejen na ozek pas ob morju. V Španiji je izpostavljen izjemnim ekstremnim razmeram, ki nastopijo predvsem zaradi pomanjkanja padavin in visokih poletnih temperatur. Take razmere otežujejo njegovo rast in obstoj. Rastišča alepskega bora v Sloveniji pa so na severnem robu areala razširjenosti te vrste, zato je tu ogrožen predvsem zaradi nizkih zimskih temperatur. Ker na njegovo preživetje vpliva klima, za proučevanje vpliva klime in klimatskih sprememb na njegovo rast v preteklosti, uporabljamo dendroekološke metode. V zgradbi lesa so zabeleženi podatki o preteklih vplivih klime. Ti zapisi so med drugim vidni v širinah branik in njihovi anatomske zgradbi, predvsem menjavanju celic, ki imajo značilnosti ranega in celic tipa kasnega lesa znotraj posamezne branike, ki so jih v sodobni literaturi poimenovali branike tipa L (celice ranega lesa v kasnem lesu) in branike tipa E (celice kasnega lesa v ranem lesu) (Campelo in sod. 2006).

Cilji diplomske naloge so bili:

- analizirati vzorce lesa alepskega bora z rastišč Daroca, Guardamar in Maigmó v Španiji in iz slovenskega Primorja,
- izmeriti širine branik, ter širine ranega in kasnega lesa,
- sestaviti kronologije širin branik, ter širin ranega in kasnega lesa,
- zabeležiti anatomske anomalije v branikah (L in E tip branik) in manjkajoče branike ter prikazati frekvenčne porazdelitve takih branik na posameznem rastišču,
- s pomočjo klimatskih dejavnikov pojasniti posebnosti v kronologijah širin branik, ter širin ranega in kasnega lesa in frekvenčnih porazdelitev anatomskih anomalij.

Analizirali smo vzorce alepskega bora iz treh španskih in dveh slovenskih rastišč. Rastišča v Španijo so bila: Guardamar, Daroca in Maigmó. Dekani in Krkavče pa sta bile dve slovenski rastišči. Sledile so meritve širin branik, ter ranega in kasnega lesa na 0,01 mm natančno. Za zajem in obdelavo podatkov smo uporabljali program TSAP Win. Branike smo datirali na leto natančno in v datiranih branikah zabeležili anatomske posebnosti.

Določili smo normalne branike (N) ter branike tipa E in L. Izračunali smo frekvenčno porazdelitev branik tipa E in L po letih in izvedli dendroklimatološko analizo, s pomočjo programa DendroClim2002.

Analizirali smo vzorce lesa alepskega bora (*Pinus halepensis* Mill.) z rastišč Guardamar (GUA), Daroca (DAR) in Maigmó (MAI) v Španiji, ter z dveh rastišč (Krkavče, Dekani) iz slovenskega Primorja (SLO). Izbrana rastišča imajo različne letne količine padavin in povprečne letne temperature: 273 mm, 17,6 °C (GUA), 370 mm, 13,7 °C (MAI), 431 mm, 12,4 °C (DAR) in 996 mm, 14,3 °C (SLO) ter različen razpored padavin.

Za vsako rastišče smo sestavili kronologije širin branik (RW) ter širin ranega (EW) in kasnega lesa (LW). Za dendroklimatološke analize pa smo uporabili indeksirane kronologije tipa RES ARSTAN za obdobje 1936 do 2000.

Skupno smo analizirali 140 vzorcev in 8736 branik. Za vsako braniko smo določili ali ima normalen rani in kasni les (N), ali pa vsebuje celice tipa kasnega lesa znotraj ranega lesa (branika tipa E) ali pa celice tipa ranega lesa znotraj kasnega lesa (branika tipa L).

Frekvenčne porazdelitve branik tipa E in L za vsako rastišče so pokazale, da so na rastišču GUA najpogosteje branike tipa L, na DAR branike tipa L in E, na MAI smo opazili nekaj branik tipa L, branike tipa E pa so bile obilne le v treh letih. V SLO so bile dokaj pogoste branike tipa E, branik tipa L pa nismo zasledili.

Različno količino branik tipa E in L smo pojasnili z dendroklimatološko analizo. Potrdili smo, da branike tipa E nastanejo kadar v času nastajanja ranega lesa (predvsem pozno spomladi) nastopi suša, branike tipa L pa nastanejo kadar je jesen vlažna in se kambij po suhem vročem poletju ponovno reaktivira.

## 7 VIRI

1. Biondi F., Waikul K. 2004. DENDROCLIM 2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers and Geosciences*, 30: 303-311
2. Brus R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga: 399 str.
3. Campelo F., Nabais C., Freitas H., Gutierrez E. 2006. Climatic significance of tree-ring width and intra-annual density fluctuations in *Pinus pinea* from dry Mediterranean area in Portugal. *Annales of Forest Science*, 64: 229-238
4. Čufar K. 2006. Anatomija lesa: univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
5. De Luis M., Gričar J., Čufar K., Raventós J. 2007. Seasonal dynamics of wood formation in *Pinus halepensis* from dry and semi-arid ecosystems in Spain. *IAWA Journal*, 28, 4: 389-404
6. De Luis M., Novak K., Raventós J., Gričar J., Prislan P., Čufar K. 2010. Climate factors promoting intra-annual density fluctuations in Aleppo pine (*Pinus halepensis*) from semiarid sites. *Dendrochronologia*, v tisku
7. De Luis M., González-Hidalgo J. C., Longares L. A., Stepánek P. 2009. Seasonal Precipitation trends in the Mediterranean Iberian Peninsula in second half of 20th century. *International Journal of Climatology*, 29: 1312-1323. DOI: 10.1002/joc.1778
8. González-Hidalgo J. C., López-Bustins J. A., Stepánek P., Martín-Vide J., de Luis M. 2009. Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula during the second half of the 20th century (1951-2000). *International Journal of Climatology*, 29: 1415-1429. DOI: 10.1002/joc. 1780.
9. Google Earth. 2010. Satelitska slika španskih rastišč.  
<http://earth.google.com> (16.5.2010)
10. Google Earth. 2010. Satelitska slika slovenskih rastišč.  
<http://earth.google.com> (16.5.2010)
11. Guiot J. 1991. The bootstrapped response function. *Tree-Ring Bulletin*, 51: 39-41

12. Holmes R. L. 1994. Dendrochronology program library user's manual. Laboratory of treeing Research. University of Arizona, Tucson: 51 str.
13. Jokič M. 2009. Anatomske posebnosti alepskega bora in pinije zaradi klimatskih anomalij. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 100 str.
14. Maestre T. F., Cortina J. 2004. Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Maditerranean areas? Forest Ecology and Management, 198: 303-317
15. Novak K. 2007. Variabilnost prirastka na različnih višinah v deblu pinije in alepskega bora. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 80 str.
16. Ogrin D. 1995. Podnebje Slovenske Istre. Koper, Zgodovinsko društvo za južno primorsko: 381 str.
17. Osborn T. J., Briffa K. R., Jones P. D. 1997. Adjusting variance for sample size in tree-ring chronologies and other regional mean time series, Dendrochronologia, 15: 89-99
18. Prgin D. 2005. Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) prvorazredna vrsta za podizanje šuma na mediteranskem kršu. Šumarski list, 1-2: 71-80
19. Schweingruber F. H. 1990. Anatomie europäischer Hölzer – Anatomy of European woods. Bern, Stuttgart, Paul Haupt Verlag: 800 str.
20. Wikimedia Commons. 2010. Mapa *Pinus halepensis*.  
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa-pinus-halepensis1.png>  
(16.5.2010)
21. Wikipedija. 2010. Prosta spletna enciklopedija o Španiji, rastišča Daroca, Guardamar, Maigmó.  
<http://es.wikipedia.org> (11.2.2010)
22. Zajec L. 2005. Ekološke in dendrokronološke analize rasti alepskega bora (*Pinus halepensis* Mill.) iz izbranih rastišč v Sloveniji in Španiji. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 94 str.

## ZAHVALA

Želja in uspeh vsakega študenta je zaključiti študij in diplomirati na izbranem področju. Čeprav se včasih pojavljajo dvomi v lastne sposobnosti in vprašanja o pravilni izbiri študija, pa vseeno vztrajnost in podpora drugih zagotovo pripelje do trenutka, ko trud in delo nista bila zaman. Na koncu je rezultat in dokaz opravljenega študija diploma, na katero je ponosen vsak diplomant. Ljudje me velikokrat sprašujejo zakaj sem izbral študij lesarstva. V trenutku vprašanja tudi v meni vzbudi dvom, ali je bila odločitev pravilna. Pa vendar, z gotovostjo lahko odgovorim, da znanje, ki ga imam, lahko koristno uporabim na različnih področjih.

Še zdaleč ne moremo govoriti, da je študij lesarstva zgolj znanje o lesu in njegovi uporabi. Skozi leta izobraževanja, študent spoznava tudi druga pomembna področja svojega študija, ki dajejo in krepijo nova znanja o ekonomski, družbeni, politični in znanstveni sferi. Da znam vse to pravilno vrednotiti in še bolje uporabiti v življenju, sem zelo zadovoljen na kvaliteto izobraževanja v času mojega študija, kjer sem spoznal veliko ljudi in možnosti v tej panogi, ter izkoristil priložnost študentske izmenjave v tujini, kjer sem opravljal praktičen del te diplomske naloge.

Iskrena zahvala gre moji mentorici prof. dr. Katarini Čufar, ki je z bogatimi izkušnjami, precej energije in znanja vložila v to delo in me spodbujala, ko sem se preveč oddaljil od diplomske naloge.

Zahvala gre tudi prof. dr. Josepu Raventósu profesorju na Univerzi v Alicantaju in dr. Martínu De Luis iz Univerze v Zaragozi, ki sta mi v času moje izmenjave in praktičnega dela diplomske naloge v Španiji, veliko pomagala in strokovno svetovala.

Zahvala, ki je neprecenljiva in ostaja za vse življenje, pa gre svojim domačim, staršem in sestri, za možnost študija, moralno in finančno podporo, ter potrpljenje, ko sem zaradi svoje narave in želje po potovanju, za trenutek pozabil na dom.

Hvala tudi prijateljem, znancem in tistim s katerimi sem skupaj preživiljal študentska leta za vse skupne trenutke, pomoč in spodbude.

Laboratorijsko delo sem opravil na Univerzi Alicante, kjer sem študiral v okviru programa LLP ERASMUS študijskih izmenjav. Delo je del španskega projekta Klimatska variabilnost in gozdna dinamika v mediteranskih ekosistemih (Climatic Change and Forest Dynamics in Mediterranean Ecosystems) Ref.: CGL2005-04270.

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boris FARTEK

**ANATOMSKE POSEBNOSTI LESA ALEPSKEGA BORA Z  
RASTIŠČ V ŠPANJI IN SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2010