

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Miladin JOKIĆ

**ANATOMSKE POSEBNOSTI ALEPSKEGA BORA IN PINIJE
ZARADI KLIMATSKIH ANOMALIJ**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**ANATOMY SPECIFICS OF ALEPPO PINE AND STONE PINE
RELATED TO CLIMATE ANOMALIES**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

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 v Alicanteju v Španiji (Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, España), kjer je bil delovni mentor dr. Martín De Luis.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Miladin Jokić

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*811.1
KG	anatomija lesa/rani les/kasni les/ <i>Pinus pinea/Pinus halepensis</i> /dendrokronologija/klima
AV	JOKIĆ, Miladin
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	2009
IN	ANATOMSKE POSEBNOSTI ALEPSKEGA BORA IN PINIJE ZARADI KLIMATSKIH ANOMALIJ
TD	Diplomsko delo (visokošolski študij)
OP	XV, 100 str., 6 pregl., 65 sl., 13 pril., 35 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Kambij dreves na semiaridnih območjih ima v enem letu lahko več obdobjij aktivnosti in mirovanja, zato les lahko vsebuje zgradbene posebnosti kot so razlike v debelini celičnih sten znotraj branike. Preučevali smo branike v lesu in pogostost anatomskih anomalij pinije (<i>Pinus pinea</i>) in alepskega bora (<i>Pinus halepensis</i>) 2 semiaridnih rastišč (Guardamar in Daroca v Španiji). Predlagali smo naslednje tipe rastnih anomalij: (1) tip E (kasnemu lesu podobne celice se nahajajo v ranem lesu), (2) tip E+ (kasnemu lesu podobne celice se pojavijo ob začetku rastne sezone), (3) tip L (ranemu lesu podobne celice se pojavijo v kasnem lesu), (4) tip L+ (ranemu lesu podobne celice se pojavijo ob koncu rastne sezone), (5) tip M (lažna večkratna/multipla branika) in (6) tip N (nepopolna branika). Proučili smo tudi prehod med ranim in kasnim lesom, razločnost meje med branikami in prisotnost smolnih kanalov. Anomalije smo prikazali v slikovnem atlasu in v obliki diagramov frekvenčnih porazdelitev. Analiza odzivnih funkcij med kronologijami širin branik, širin ranega in kasnega lesa ter klimatskimi podatki (povprečne mesečne temperature in mesečne vsote padavin) je pokazala predvsem visok pozitiven vpliv padavin od predhodnega decembra do tekočega junija na širino branike ter na širino ranega in kasnega lesa pri obeh vrstah na obeh rastiščih. Ugotovili smo tudi nekaj odvisnosti, specifičnih za posamezno vrsto in rastišče. Delo je nastalo v sodelovanju med Univerzo v Ljubljani in Univerzo Alicante v Španiji, v okviru bilateralnega sporazuma o študentskih izmenjavah ERASMUS LLP.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Vs
DC	UDC 630*811.1
CX	wood anatomy/earlywood/latewood/ <i>Pinus pinea</i> / <i>Pinus halepensis</i> /dendrochronology/climate
AU	JOKIĆ, Miladin
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	2009
TI	ANATOMY SPECIFICS OF ALEPPO PINE AND STONE PINE RELATED TO CLIMATE ANOMALIES
DT	Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO	XV, 100 p., 6 tab., 65 fig., 13 ann., 35 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	In semiarid conditions, the cambium in trees may have several periods of activity and dormancy in the same year. This results in wood anatomical anomalies like intra-annual density fluctuations (IADF). Tree-rings and wood anomalies in stone pine (<i>Pinus pinea</i>) and Aleppo pine (<i>Pinus halepensis</i>) growing at two semiarid sites, Guardamar and Daroca in Spain, were studied. Based on the structure of growth rings the following types of wood anomalies were proposed: (1) type E (latewood-like cells within earlywood), (2) type E+ (latewood-like cells between earlywood and latewood of the previous tree-ring), (3) type L (earlywood-like cells within latewood), and (4) type L+ (earlywood-like cells between latewood and earlywood of the next tree-ring), (5) type M (false multiple ring) and (6) type N (incomplete ring). In addition, the transition from early- to latewood, clearness of the tree-ring boundary and the presence of resin canals were investigated. The pictures of wood anomalies were presented and their frequencies in different calendar years shown for both sites and species. Response function analyses showed that tree-ring, early- and latewood widths were strongly positively correlated with precipitations from December to June in both species and sites. Some species and site-specific responses to climate were recorded. The work was completed in cooperation between the University of Ljubljana and the University of Alicante, Spain, in the frame of ERASMUS LLP bilateral agreement on student exchange.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic.....	VII
Kazalo slik.....	VIII
Kazalo prilog.....	X
Okrajšave in simboli	XI
Slovarček.....	XIII
1 UVOD	1
2 SPLOŠNI DEL	3
2.1 PROVINCA ZARAGOZA.....	3
2.1.1 Geografski opis.....	3
2.1.2 Podnebje.....	4
2.1.3 Daroca.....	4
2.2 PROVINCA ALICANTE.....	6
2.2.1 Geografski opis.....	6
2.2.2 Podnebje.....	7
2.2.3 Guardamar del Segura.....	8
2.3 RASTJE V ŠPANSKEM SEMIARIDNEM OBMOČJU.....	10
2.3.1 Rastje.....	10
2.3.2 Poseganja v okolje in njihove posledice.....	10
2.3.3 Požari.....	11
2.3.4 Značilnosti rodu bora (<i>Pinus</i>).....	11
2.4 PINIJA (<i>PINUS PINEA L.</i>).....	13
2.4.1 Značilnosti pinije.....	13
2.4.2 Areal pinije.....	14
2.4.3 Uporabnost pinije.....	14
2.5 ALEPSKI BOR (<i>Pinus Halepensis Mill.</i>)	15
2.5.1 Značilnosti alepskega bora.....	15
2.5.2 Areal alepskega bora.....	16
2.5.3 Uporabnost alepskega bora.....	17
2.6 ANATOMIJA LESA BOROV.....	18
2.6.1 Fiziologija nastanka branike.....	18
2.6.2 Fiziologija nastanka ranega in kasnega lesa pri iglavcih.....	18
2.6.3 Anomalije.....	19
2.6.3.1 Izpad branik.....	19
2.6.3.2 Lažne branike.....	19
2.6.3.3 Svetla branika (angl. light ring)	20
2.6.4 Smolni kanali.....	20
2.6.5 Anatomske značilnosti lesa pinije.....	20
2.6.6 Anatomske značilnosti lesa alepskega bora.....	21
2.7 DENDROKRONOLOGIJA IN DENDROEKOLOGIJA.....	23
2.7.1 Splošno.....	23
2.7.2 Dendrokronologija - možnost uporabe in omejitve.....	23
2.7.3 Postopek dendrokronološke analize.....	23
2.7.4 Sinhroniziranje kronologij.....	24
2.7.5 Matematično statistične metode za obdelavo kronologij.....	24

2.7.5.1	Vrednost t - po Baillie-Pilcherju (t_{BP})	24
2.7.5.2	Koeficient časovne skladnosti (GLK)	25
2.7.5.3	Indeks navzkrižnega datiranja (CDI)	25
2.7.5.4	Prekrivanje kronologij (Olp.)	25
2.7.6	Dendroklimatologija.....	26
3	MATERIAL IN METODE.....	27
3.1	IZBOR RASTIŠČ.....	27
3.2	IZBOR TESTNIH DREVES.....	31
3.3	ODVZEM IZVRTKOV.....	32
3.4	PRIPRAVA VZORCEV.....	34
3.5	ANALIZA BRANIK.....	35
3.6	MERJENJE ŠIRIN BRANIK.....	35
3.7	SINHRONIZIRANJE IN OBDELAVA KRONOLOGIJ.....	36
3.8	ANATOMSKA ANALIZA BRANIK.....	38
3.9	KLIMATSKI PODATKI.....	40
3.10	DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA.....	40
4	REZULTATI	42
4.1	KRONOLOGIJE ŠIRIN BRANIK.....	42
4.1.1	Sestava kronologije za pinijo iz Daroce.....	42
4.1.2	Sestava ostalih kronologij.....	46
4.1.3	Statistični kazalniki kronologij.....	46
4.1.4	Zveze med kronologijami.....	49
4.2	VPLIV KLIME NA BRANIKE.....	52
4.2.1	Vpliv klime na širino branik (RW)	52
4.2.2	Vpliv klime na prirastek ranega lesa (EW)	53
4.2.3	Vpliv klime na prirastek kasnega lesa (LW)	54
4.3	SLIKOVNI ATLAS ANATOMSKIH ANOMALIJ.....	56
4.4	ANALIZA ANATOMSKIH POSEBNOSTI IN VPLIV KLIME.....	59
4.5	IZPADLE BRANIKE.....	66
4.6	BRANIKE TIPA E IN L.....	67
4.7	POSTOPEN PREHOD.....	68
4.8	SMOLNI KANALI.....	69
5	RAZPRAVA	71
6	SKLEPI	74
7	POVZETEK.....	76
8	VIRI	79
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Izbor rastišč in dreves za raziskave	31
Preglednica 2: Preglednica z razlago kratic, ki jih vsebuje anatomski analiza	39
Preglednica 3: Izvrtki pinije (<i>Pinus pinea</i>) iz sestoja v Daroci in podatki o branikah.....	42
Preglednica 4: Statistični parametri kronologije širin branik za pinijo (<i>Pinus pinea</i>) iz Daroce, program ARSTAN (RAW- kronologija širin branik, STD- standardna kronologija, RES- kronologija statističnih ostankov, AR- avtoregresivna kronologija)	45
Preglednica 5: Srednja občutljivost (MS) in srednja soodvisnost (MC) za standardne kronologije širin branik (RW), ranega lesa (EW) in kasnega lesa (LW) za za pinijo (<i>Pinus pinea</i>) in alepski bor (<i>Pinus halepensis</i>) iz Daroce in Guardamarja	48
Preglednica 6: Korelacija med kronologijami pinije (<i>Pinus pinea</i>) in alepskega bora (<i>Pinus halepensis</i>) iz Daroce in Guardamarja	49

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Zemljevid Španije, ki prikazuje kraj Daroca, od koder izvirajo testna drevesa za odvzem vzorcev.	3
Slika 2: Klimatogram Daroca, Španija.....	4
Slika 3: Kotlina ob reki Jiloca v Daroci (foto: Miladin Jokić).	5
Slika 4: Zemljevid Španije, ki prikazuje kraj Guardamar del Segura, od koder izvirajo testna drevesa za odvzem vzorcev.....	6
Slika 5: Klimatogram Guardamar, Španija.	7
Slika 6: Pečene sipine v območju Guardamar del Segura, Španija (foto: Miladin Jokić).	9
Slika 7: Pinija na jugu pokrajine Daroca, Španija (foto: Miladin Jokić).	13
Slika 8: Areal pinije (Bioversity International, 2009).....	14
Slika 9: Alepsi bor v bližini Alicanteja, Španija (foto: Miladin Jokić).....	15
Slika 10: Areal Alepskega bora (Bioversity International, 2009).....	16
Slika 11: Vzorec lesa alepskega bora z normalnimi (rumeno) in dvojnimi (zeleno) branikami ter z mesti manjkajočih branik (rdeče) (Izvrtek GUA_PIHA_2001 - 12B_01).....	20
Slika 12: Mikroskopske slike alepskega bora (a) prečni, (b) radialni in (c) tangencialni prerez ter slike pinije (d) prečni, (e) radialni in (f) tangencialni prerez (Schweingruber. 1990).	22
Slika 13: Reliefni zemljevid Iberskega polotoka, Daroca (A) in Guardamar (B) (Google Maps, 2009).	27
Slika 14: Satelitski posnetek kraja Daroca, raziskovalnega območja 1 (Google Maps, 2009)....	28
Slika 15: Satelitski posnetek kraja Daroca, raziskovalnega območja 2 (Google Maps, 2009)....	28
Slika 16: Satelitski posnetek kraja Guardamar del Segura, raziskovalnega območja (Google Maps, 2009).....	29
Slika 17: Sestoj dreves v Daroci (a) in Guardamarju (b), kjer so bili odvzeti izvrtki (foto: Miladin Jokić).	30
Slika 18: Oprema za odvzem izvrtkov (foto: Klemen Novak).	32
Slika 19: Odvzem izvrtka s prirastoslovnim svedrom (foto: Dr. Martin De Luis).	33
Slika 20: Pakiranje izvrtkov na lesenih podporah (foto: Miladin Jokić).	33
Slika 21: Priprava vzorcev (foto: Klemen Novak).	34
Slika 22: Merilna oprema (foto: Miladin Jokić).....	36
Slika 23: Preglednica za anatomsko analizo branik.	38
Slika 24: Časovni razpon zaporedij širin branik vseh izvrtkov pinije (<i>Pinus pinea</i>) iz sestoja v Daroci.	43
Slika 25: Datirana zaporedja širin branik vseh izvrtkov pinije iz sestoja v Daroci.	44
Slika 26: Pokritost (št.dreves) kronologije DAR-PIPI za pinijo, sestoj Daroca.	45
Slika 27: ARSTAN standardne kronologije pinije (<i>Pinus pinea</i> , PIPI) in alepskega bora (<i>Pinus halepensis</i> , PIHA) v Daroci in Guardamarju.....	47
Slika 28: Zveza (koreacijski koeficienti) med kronologijo širin branik in kronologijami za kasni les tekočega leta (LW), rani les tekočega leta (EW), kasni les predhodnega leta (LW-1), rani les predhodnega leta (EW-1). DAR Daroca, GUA Guardamar, PIHA <i>Pinus halepensis</i> , PIPI <i>Pinus pinea</i>	49
Slika 29: Zveza med kronologijo širin ranega lesa in kronologijami predhodnjega leta za kasni les predhodnega leta (LW-1), rani les predhodnega leta (EW-1). DAR Daroca, GUA Guardamar, PIHA <i>Pinus halepensis</i> , PIPI <i>Pinus pinea</i>	50
Slika 30: Zveza (koreacijski koeficienti) med med kronologijo širin kasnega lesa in kronologijami za rani les tekočega leta (EW), kasni les predhodnega leta (LW-1), rani les predhodnega leta (EW-1). DAR Daroca, GUA Guardamar, PIHA <i>Pinus halepensis</i> , PIPI <i>Pinus pinea</i>	50

Slika 31: Vpliv klime (korelacijski koeficienti) na širino branik pri piniji (<i>Pinus pinea</i> , PIPI) in alepskem boru (<i>Pinus halepensis</i> , PIHA) iz Daroce (DAR) in Guardamarja (GUA). (a) za padavine, (b) maksimalne temperature in (c) minimalne temperature.....	52
Slika 32: Vpliv klime (korelacijski koeficienti) na širino ranega lesa pri piniji (<i>Pinus pinea</i> , PIPI) in alepskem boru (<i>Pinus halepensis</i> , PIHA) iz Daroce (DAR) in Guardamarja (GUA). (a) za padavine, (b) maksimalne temperature in (c) minimalne temperature.....	53
Slika 33: Vpliv klime (korelacijski koeficienti) na širino kasnega lesa pri piniji (<i>Pinus pinea</i> , PIPI) in alepskem boru (<i>Pinus halepensis</i> , PIHA) iz Daroce (DAR) in Guardamarja (GUA). (a) za padavine, (b) maksimalne temperature in (c) minimalne temperature.....	54
Slika 34: Slike anatomskih anomalij tipa E (a), E+ (b), L (c), L+ (d), M (e) in N (f).	57
Slika 35: Slika postopnega prehoda med ranim in kasnim lesom (a), ter dvema branikama (b).	58
Slika 36: Slika možnih položajev smolnih kanalov v braniki.	58
Slika 37: Klimatogram za Daroco.	60
Slika 38: Klimatogram za Guardamar.	61
Slika 39: Frekvenca E branik.	62
Slika 40: Frekvenca L branik.	62
Slika 41: Frekvenca smolnih kanalov v ranem lesu.	63
Slika 42: Frekvenca smolnih kanalov na prehodu iz ranega lesa v kasni.	63
Slika 43: Frekvenca smolnih kanalov v začetku kasnega lesa.	64
Slika 44: Frekvenca smolnih kanalov v zaključnem delu kasnega lesa.	64
Slika 45: Frekvenca branik s postopnim prehodom iz ranega v kasni les.	65
Slika 46: Frekvenca branik s postopnim prehodom med sosednjima branikama.	65
Slika 47: Pogostost izpadlih (manjkajočih) branik pri piniji iz Guardamarja (GPP), alepskem boru iz Guardamarja (GPH), pri piniji iz Daroce (DPP) in pri alepskem boru iz Daroce (DPH).	66
Slika 48: Pogostost E (a) in L (b) (dvojnih) branik.	67
Slika 49: Pogostost postopnih prehodov med ranim in kasnim lesom (a), ter med branikami (b).	68
Slika 50: Pogostost smolnih kanalov v ranem lesu (a), prehodu (b), začetku (c) in koncu (d) kasnega lesa.....	69

KAZALO PRILOG

Priloga A: ESPAÑOL - RESUMEN

Priloga B: DAR_PIPN (EW)

Priloga C: DAR_PIPN (LW)

Priloga D: DAR_PIPN (RW)

Priloga E: DAR_PIHA (EW)

Priloga F: DAR_PIHA (LW)

Priloga G: DAR_PIHA (RW)

Priloga H: GUA_PIPN (EW)

Priloga I: GUA_PIPN (LW)

Priloga J: GUA_PIPN (RW)

Priloga K: GUA_PIHA (EW)

Priloga L: GUA_PIHA (LW)

Priloga M: GUA_PIHA (RW)

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ang. – angleško

AR – avtoregresivna kronologija

CDI – ang. Crossdate Index – indeks navzkrižnega datiranja

cit. – citirano

DAR – Daroca

E – Lažna branika v ranem lesu

E+ – lažna branika v začetku ranega lesa

etc. – ang. – in tako dalje (itd.)

GLK – nem. Gleichläufigkeit – časovna skladnost

GUA – Guardamar del Segura

ha – hektar, površinska enota

INM – špan. instituto nacional de meteorología

ipd. – in podobno

itd. – in tako dalje

km – kilometer

L – lažna branika v kasnem lesu

L+ – lažna branika ob koncu kasnega lesa

M – lažne večkratne branike (multiple)

m – meter

max. – maksimalno

min. – minimalno

N – neprava branika

n. m. v. – nadmorska višina

nem. – nemško

npr. – na primer

Olp. – ang. Overlap - prekrivanje

oz. – oziroma

PIHA – alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.), PH

PIPN – pinija (*Pinus pinea* L), PP

pr. n. š. – pred našim štetjem

RAW – kronologija širin branik

RC EW – smolni kanali v ranem lesu

RC ILW – smolni kanali ob začetku kasnega lesa

RC MLW – smolni kanali ob koncu kasnega lesa

RC T – smolni kanali na prehodu med ranim in kasnim lesom

RES – kronologija statističnih ostankov

sod. – sodelavci

STD – standardna kronologija

stol. – stoletje

špan. – špansko

T EWLW – prehod med ranim in kasnim lesom

t. i. – tako imenovano

t. j. – to je

TN – prehod s naslednjo braniko

TP – prehod s predhodno braniko

t_{BP} – časovna (t) vrednost po Baillie Pilcheju

SLOVARČEK

1. anomalija – nepravilnost
2. antropogeno – kar je povzročil človek
3. arboretum – parkovni nasad dreves
4. aridno – sušno
5. asimilat – snov nastala pri fotosintezi
6. avksin – rastlinski rastni hormon
7. branika – prirastna plast lesa ali skorje nastala v eni sezoni
8. datiranje – določanje datuma, v našem primeru določanje koledarskih let v katerih so nastale branike
9. dekret – odlok
10. dendroekologija – veja dendrokronologije, s katero, na podlagi raziskave datiranih branik, analiziramo ekološke dejavnike
11. dendrogeomorfologija – veda, s katero, na podlagi raziskave datiranih branik, analiziramo geomorfične procese
12. dendroklimatologija – veda, s katero, na podlagi raziskave datiranih branik, analiziramo klimo
13. dendrokronologija – veda, ki se ukvarja s proučevanje branik v lesu in z njihovim datiranjem
14. destruktivno – uničevalno, razkrojevalno
15. devastacija – opustošenje, razdejanje
16. dezertifikacija – izsuševanje zemlje in nastajanje puščave
17. dvojna branika – branika, pri kateri sta v eni sezoni nastali dve plasti, ki ju ne razmejuje prava letnica (tudi neprava branika, lažna branika)
18. eksistanca – obstoj
19. erozija – razjedanje zemeljske površine
20. fotoperioda – obdobje trajanja svetlobe
21. fotosinteza – asimilacija ogljikovega dioksida in vode v rastlinah s klorofilom pod vplivom svetlobe
22. granulacija – sestav sipkega materiala glede na razmerje med velikostjo zrn, zrnavost
23. indikator – kazalnik
24. interpretacija – razлага, predstavitev
25. izpadla branika – branika, ki manjka po celiem obodu drevesa
26. izvrtek – s prirastoslovnim svedrom odvzet, izvrstan vzorec drevesa, ki je dolg, vitek in ima navadno premer okoli 5 mm
27. kontinuirano – nepretragano, neprekinjeno
28. konzervacija – ohranitev
29. kronologija – časovno zaporedje, v našem primeru zaporedje širin branik, ki temelji na povprečju zaporedij širin branik več dreves
30. levante – vzhodnik, veter, ki piha z vzhoda
31. locirati – postaviti, namestiti kaj na določen kraj

32. longitudinalna smer – vzdolžna smer (npr. osna smer debla)
33. multipla branika – branika, pri kateri so v eni sezoni nastale tri ali več plasti, ki jih ne razmejujejo prave letnice (tudi večkratne branike)
34. nepopolna branika – branika, v kateri manjka kasni ali rani les
35. nesklenjena branika – branika, ki manjka na določenem mestu po obodu debla
36. pinjola – užitno seme pinije
37. referenčna kronologija – zaporedje širin branik, ki temelji na povprečju zaporedij širin branik več dreves in jo uporabljamo za sinhroniziranje in datiranje
38. restavracija – obnova, vzpostavitev prvotnega stanja
39. semiaridno – polpuščavsko
40. sinhroniziranje – postopek primerjave zaporedij širin branik in njihova postavitev v sinhron (istočasen) položaj glede na leto nastanka posamezne branike
41. smolni kanal – medcelični prostor, obdan z epitelnimi celicami
42. svetla branika – branika, ki ne vsebuje kasnega lesa oz. vsebuje kasni les s tanjšimi celičnimi stenami
43. variabilnost – spremenljivost
44. variiranje – spremiščanje
45. vegetacija – rastje

1 UVOD

Les oz. branike v lesu predstavljajo arhiv klimatskih in drugih dejavnikov, ki vplivajo na drevo med njegovo rastjo. Dendrokronologija se ukvarja z analizo branik. Najpogostjša je analiza širin branik. Mnoge študije so pokazale, da je variiranje širin branik mogoče pojasniti s klimatskimi dejavniki (npr. Čufar in sod. 2008). Specifične letne klimatske informacije je težko pridobiti samo z merjenjem širin branik, zato so se različne študije ukvarjale tudi s posebnostmi in anomalijami v anatomski zgradbi lesa (npr. Wimmer in Grabner 1997).

Les iglavcev v zmernem klimatskem območju običajno vsebuje jasne branike in letnice ter tipičen rani in kasni les. Najbolj običajno je, da se velikost lumnov od ranega proti kasnemu lesu zmanjšuje, debelina celičnih sten pa povečuje. Pri »normalnih« branikah je prehod iz ranega v kasni les lahko postopen ali oster, letnica pa je običajno izrazita. Pri sredozemskih borih zgradba lesa pogosto odstopa od tega modela. Najpogostejše so motnje v zveznem prehodu iz ranega v kasni les, tako da se v ranem lesu pojavijo celice ki spominjajo na kasni les in v kasnem lesu celice ki spominjajo na rani les. Pri tem govorimo o pojavi gostotnih variacij znotraj branike (angl. intra annual density fluctuation – IADF), v literaturi omenjajo tudi pod nazivi dvojne branike (angl. double rings), lažne branike (angl. false rings) in multiple prirastne plasti (angl. multiple growth layers), multiple branike (angl. multiple rings) ali lažne prirastne plasti v braniki (angl. intra-annual growth bands) (prim. Kaennel in Schweingruber, 1995; De Luis in sod., 2007). Različne študije govorijo tudi o anomalijah kot so »zamrznjene branike« (angl. frost rings) ali svetle branike (angl. light rings).

Do gostotne variacije znotraj branike (kratko IADF) pride, ko izjemne razmere prekinejo normalno radialno rast oz. normalen prehod iz ranega v kasni les.

O zvezi med klimatskimi pogoji in nastankom IADF pri različnih drevesnih vrstah so bile opravljene različne raziskave (npr. Wimmer in Grabner, 1997), ki prikazujejo povezave med padavinami v maju in nastankom IADF v ranem lesu črnega bora (*Pinus nigra* Art.). Rigling in sod. (2001, 2002) so pri drevesih rdečega bora (*Pinus Sylvestris* L.) iz semiaridnega predela centralnih Alp (Švica) dokazali zvezo med nastankom IADF v kasnem lesu kadar sta julij in avgust hladna in mokra.

Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) in pinija (*Pinus pinea* L.) sta najbolj pogosti drevesni vrsti na španskem semiaridnem območju, saj dobro prenašata pomanjkanje vode in visoke temperature. V Španiji je glavni omejevalni dejavnik priraščanja dreves pomanjkanje padavin. S klimatskimi spremembami se nevarnost pojavljanja suše povečuje, preživetje bora pa zaostruje. To zaostrovanje je mogoče razbrati iz branik v lesu in iz njihove zgradbe že veliko prej kot se pojavijo zunanji znaki propadanja (npr. poškodbe na krošnji) (Čufar, osebna komunikacija).

Namen pričajoče naloge je primerjava anatomskih zgradbenih posebnosti v lesu pinije (*Pinus pinea* L.) in alepskega bora (*Pinus halepensis* Mill.) iz različnih rastišč (z različnimi klimatskimi razmerami) v Španiji in sicer na (a) semiaridnem mediteranskem obmorskem

rastišču Guardamar (JV Španija – provinca Alicante v Valenciji) in na (b) celinskem rastišču Daroca (provinca Zaragoza v Aragoniji – osrednji celinski del Španije).

Cilji naloge so bili:

- 1.) Sestaviti kronologije širin branik ter širin ranega in kasnega lesa za pinijo iz Daroce ter uporaba obstoječih kronologij alepskega bora in pinije iz Daroce ter Guardamarja.
- 2.) Analizirati anatomske posebnosti v lesu na leto natančno datiranih branik.
- 3.) Proučiti vpliv klime (temperatura, padavine) na širine branik.
- 4.) Izdelati slikovni atlas z vsemi kategorijami anatomskih anomalij.
- 5.) Proučiti vpliv klime (temperatura, padavine) na različne tipe gostotnih fluktuacij (IADF) v branikah.
- 6.) Določiti vzorce IADF pri alepskem boru in piniji ter poiskati razlike med izbranimi rastiščema.
- 7.) Oceniti vpliv klime v posameznem letu na nastanek smolnih kanalov.

Diplomska naloga je del projekta Klimatska variabilnost in gozdna dinamika v mediteranskih ekosistemih (Climatic Change And Forest Dynamics In Mediterranean Ecosystems) Ref.: CGL2005-04270 financirana s strani španske vlade. Delo je potekalo na Oddelku za ekologijo Univerze v Alicanteju v Španiji, kjer sem študiral v študijskem letu 2007/2008 v okviru projekta študentskih izmenjav ERASMUS LLP.

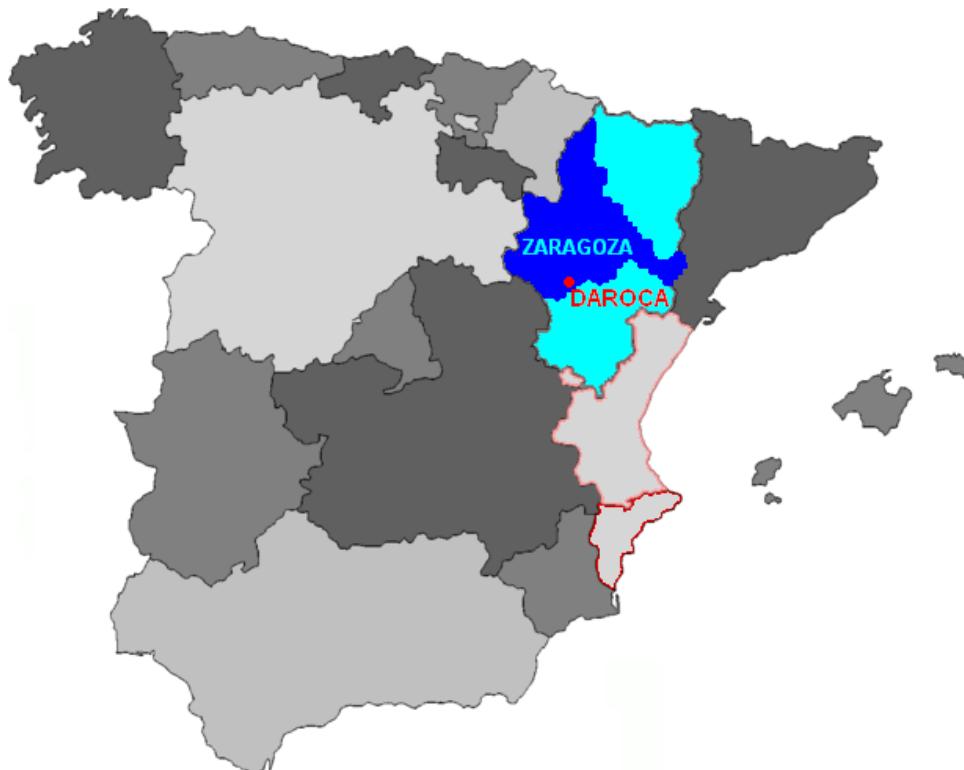
2 SPLOŠNI DEL

2.1 PROVINCA ZARAGOZA

2.1.1 Geografski opis

Provinca Zaragoza z istoimenskim glavnim mestom se nahaja na severnem delu Španije, v osrednjem delu avtonomne skupnosti Aragonije, ima 880.118 prebivalcev (leto 2003), od tega jih v glavnem mestu živi 682.283 (leto 2008), kar predstavlja redko poseljenost s gostoto naseljenosti $50.95/\text{km}^2$. Leži v ravnini reke Ebro in njenih pritokih Huerva in Gállego, obdajajo jo raznolike pokrajine, od puščav (Los Monegros) do gozdov. Celotna pokrajina je obkrožena z gorami, ki vplivajo na tamkajšnjo klimo. Zaragoza je glavno mesto province in prav tako avtonomne pokrajine Aragonije (Wikipedija, 2008).

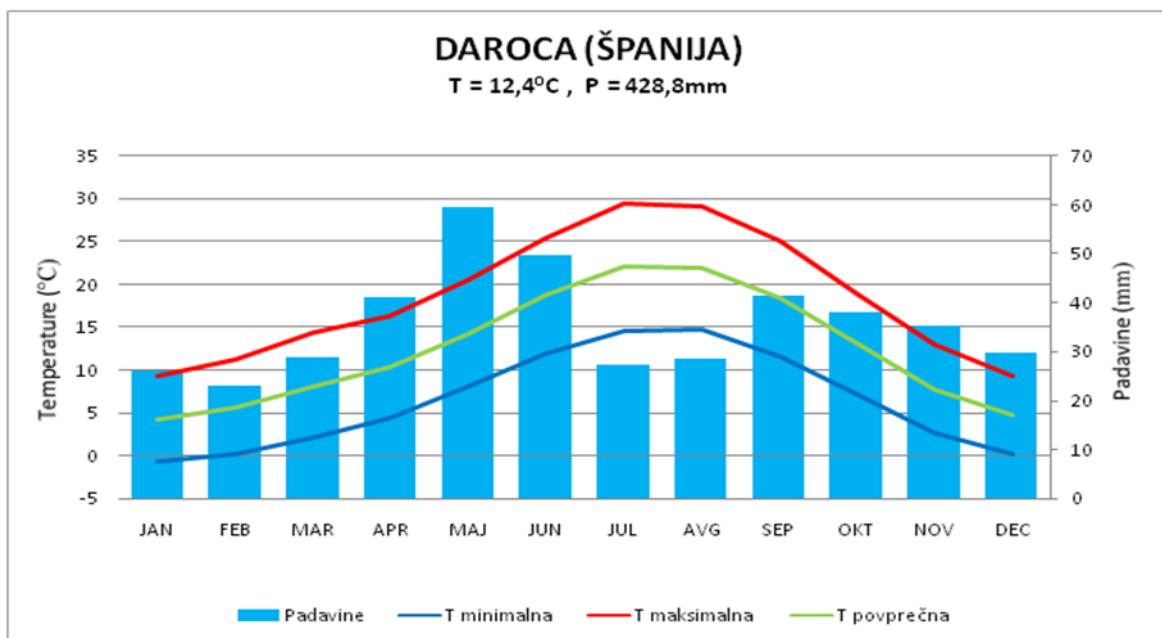
Na zemljevidu Španije (slika 1) je z modro označena provinca Zaragoza v avtonomni pokrajini Aragoniji. Z rdečo piko je označen kraj Daroca.



Slika 1: Zemljevid Španije, ki prikazuje kraj Daroca, od koder izvirajo testna drevesa za odvzem vzorcev.

2.1.2 Podnebje

Tip podnebja v provinci Zaragoza lahko opišemo kot sredozemsko celinsko podnebje s skoraj puščavskim (stepskim) značajem (slika 2). Za območje so značilna vroča suha poletja in s padavinskim maksimumom spomladi. To predstavlja dokaj normalne rastiščne pogoje večini vegetacije in zelo dobre pogoje v obrečnih področjih. Povprečne letne padavine se gibljejo okrog 310 mm/leto. Poleti temperatura doseže tudi do 42°C. Zime so mrzle, ponavadi od 0°C do 10°C, tudi do -14°C; v povprečju sneži en dan na leto. Pozimi se pojavlja megla, ki se zadržuje v nižinah, pojavnost je okrog 20 dni skupaj v mesecu decembru in januarju. Pogostost piha mrzel suh veter iz severozahoda, s hitrostjo do 19 km/h. To je tako imenovan »Cierzo«. Imajo tudi mistral iz SV oz. iz Francoske smeri. Daroca predstavlja umirjeno vendar skoraj puščavsko podnebje in se nahaja v hribovitem delu na 797 m nadmorske višine.



Slika 2: Klimatogram Daroca, Španija (Wikipedija, 2008).

2.1.3 Daroca

Pokrajina Daroca predstavlja turistično precej znano kotlino ob reki Jiloca, kotlina je obdana z vzhodne in zahodne strani s hribovji, San Cristóbal in San Jorge. Na hribovju prevladujejo travniki in ponekod sadovnjaki. Območje je zelo sušno in vso prst padavine odnašajo v kotlino. Prav tako je nekoliko nasadov borovih dreves, prevladujejo predvsem pinija (*Pinus pinea*), alepski bor (*Pinus halepensis*) in črni bor (*Pinus nigra*) (Cai Aragon, 2009).

Med večjimi danes znanimi posegi v okolje z izskavanjem gozdov so bili poseki v 10. in 9. stol. pr. n. š. za potrebe železarstva oz. za predelavo različnih rudnin za potrebe ladjetdelništva v času močne španske mornarice (od 14. do 18. stol.) (Wikipedija, 2008).

V kotlini Daroca so nasadi listnatega drevja za industrijsko rabo, njive ter manjše kmetije (slika 3). Tla sestavljajo kamnine kot so apnenec, kremenjak, glina, sadra in kamnine, ki vsebujejo primesi železa (De Luis, osebna komunikacija).

Nad kotlino leži zgodovinsko precej pomembno mesto Daroca, na 800 metrov nadmorske višine.



Slika 3: Kotlina ob reki Jiloca v Daroci (foto: Miladin Jokić).

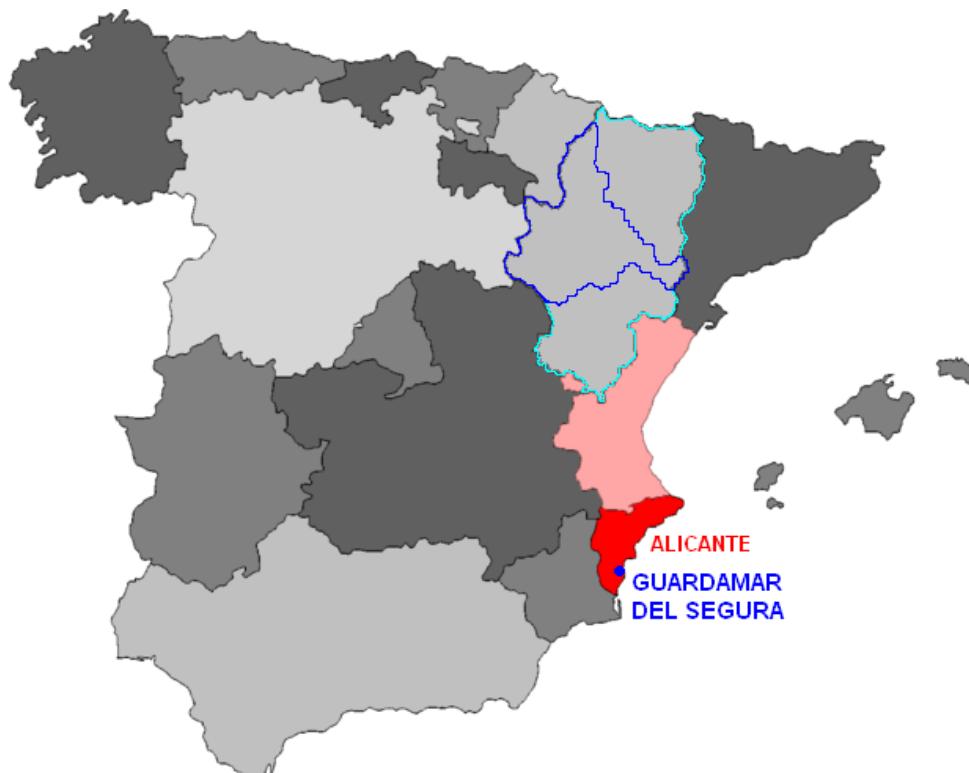
2.2 PROVINCA ALICANTE

2.2.1 Geografski opis

Provinca Alicante (v katalonščini Alacant) z istoimenskim glavnim mestom se nahaja na Jugovzhodnem delu Španije, v južnem delu avtonomne skupnosti Comunidad Valenciana. 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 $295.50/\text{km}^2$ (Wikipedija, 2008).

Spada med najbolj gorate province v Španiji. Od JV proti SV province potekajo gorske verige, ki dosežejo najvišjo točko z vrhom Aitana (1.558 m) v istoimenski gorski verigi Sierra Aitana. Na J in JV delu province prevladujejo ravnine. Ravnine se nahajajo v spodnjem toku rek Segura in Vinalopó, ki sta skupaj z reko Serpis pomembeni viri vode. Veliko je tudi sušnih rek (npr. Lambra), ki se ob padavinah napolnijo z vodo. Obmorsko mesto Alicante je med najhitreje rastočimi mesti v Španiji, kijedstavlja drugo največje mesto v Valenciji. Lokalna ekonomija temelji na turizmu (Wikipedija, 2008).

Na zemljevidu Španije (slika 4) je z rdečo označena provinca Alicante, ki stoji v avtonomni pokrajini Comunidad Valenciana. Z modro piko je označen kraj Guardamar del Segura.

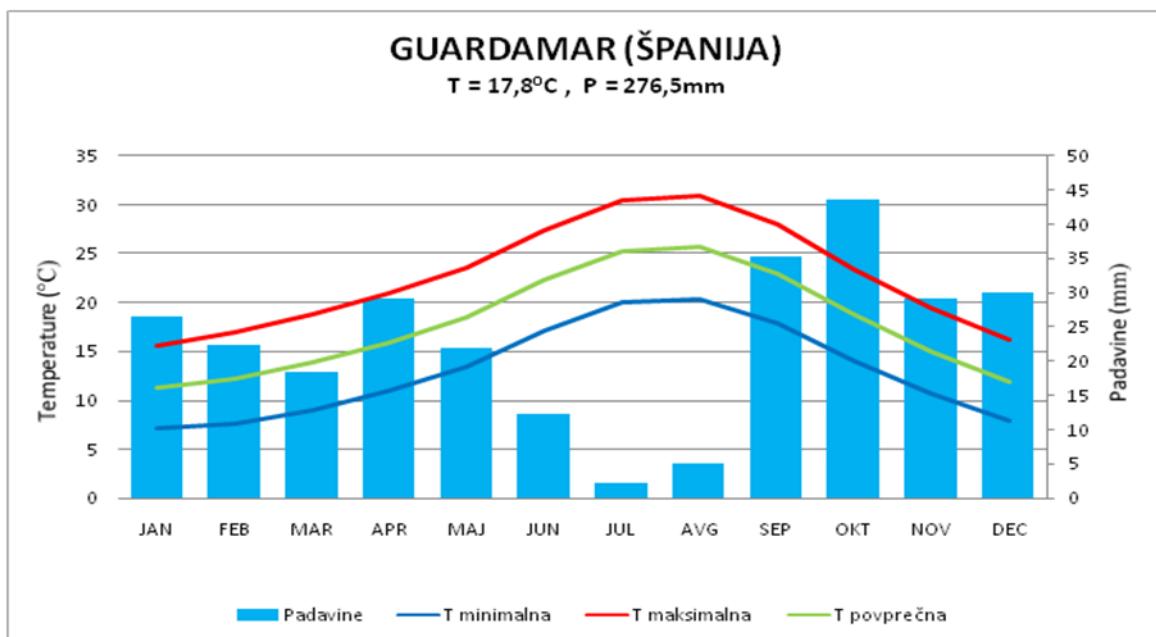


Slika 4: Zemljevid Španije, ki prikazuje kraj Guardamar del Segura, od koder izvirajo testna drevesa za odvzem vzorcev.

2.2.2 Podnebje

Sredozemsko polpuščavsko 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. Skupna količina letnih padavin v povprečju znaša od 300 - 600 mm/leto. Poleti, ko povprečne dnevne temperature dosegajo med 30 in 35 °C, je sončno sevanje najmočnejše. Zaradi visokih temperatur vetrovni tokovi nosijo vlažne zračne mase z morja na kopno. Kopno dosežejo tudi zračne mase z razpršeno morsko vodo, ki vsebujejo veliko soli, ki se odlaga na kopno in povzroča zviševanje vodnega potenciala v zemlji, s čimer postane voda v tleh še bolj nedostopna rastlinam. Razpršena slana voda povzroča tudi poškodbe na listih rastlin (Raventos in sod. 2001; Zajec, 2005).

V kraju Guardamar del Segura, kjer smo opravili raziskave, je količina padavin še manjša kot znaša povprečje v provinci (slika 5). Klima je vroča in suha. Temperatura se zelo redko spusti pod 0 °C in poleti pogosto vzdigne do 40 °C. Količina padavin je 250 – 300 mm na leto, ki večinoma pada v 30 dneh od jeseni do pomlad, kot hudourniške padavine. Povprečna letna temperatura je 17-18 °C, temperaturni maksimum je 40°C v avgustu in minimum 0 °C v decembru. Najbolj vroči dnevi so v prvi polovici avgusta. Možnost zmrzovanja oz. temperature pod 0 °C je do 5 dni na leto (García-Apaza, 2006).



Slika 5: Klimatogram Guardamar, Španija (Wikipedija, 2008).

2.2.3 Guardamar del Segura

Kraj Guardamar del Segura, je znan po sipinah, ki se nahajajo ob izlivu reke Segura v morje in so nastale s peščenimi nanosi reke Segura, morskimi naplavinami in preoblikovanjem vetra (slika 6). Dolge so okoli 16 km, široke od 200 do 1300 metrov in obsegajo 846 ha površine.

Sipine so porasle z vegetacijo, vir vode pa predstavlja reka Segura, ki je najpomembnejši in edini zunanji vir vode. Ima tudi podzemne izvire sladke vode v nekaterih najnižjih delih sipin. Sipine so najprej preoblikovali morski valovi, nato pa še veter. Prevladujoči veter je levante (vzhodnik), ki je najbolj preoblikoval sipine. Njihovo napredovanje, spremenjanje in gibanje je bilo od 3 do 8 m na leto. Prst na sипинah je zelo revna. To je mivka pomešana s peskom in kamenjem ter organskimi ostanki dreves in drugega rastja (Novak, 2007).

Sipine so začeli pogozdovati pred približno 100 leti s ciljem, obdržati na plaži ves material (mivko), ki ga naplavljata reka in morje, utrditi vso površino sипин in s tem preprečiti njihovo premikanje, napredovanje in ogrožanje naselja in plantažnih nasadov v bližini ter jo spremeniti v plodna tla. Pogozditev sипин je potekala v več fazah. Najprej so znižali najvišje dele sипин in jih utrdili z zabijanjem dolgih lesenih kolov, da so preprečili njihovo premikanje. Sledilo je prekrivanje tal s sajenjem različnih rastlin kot so *Psamofilia arenaria* in *Mesembryanthemum crassifolium* na pobočjih sипин in *Agava americana* v obalnem območju. V zalednem pasu so začeli z zasajanjem dreves alepskega bora, pinije, različnih vrst evkaliptov, datljevitih palm ter agave (García-Apaza, 2006).

Danes, 100 in več let kasneje so sipine utrjene in ne ogrožajo več naselja. Razdeljene so na obalni pas oz. aktivne sipine, ki se še vedno premikajo, zaledno cono in območje utrjenih sипин, ki jih porašča gozdno rastje. Površina sипин, ki jo poraščajo borova drevesa obsega približno 134 ha površine (García-Apaza, 2006). Avtohtono rastje na sипинah je zelo skromno (Novak, 2007).



Slika 6: Peščene sipine v območju Guardamar del Segura, Španija (foto: Miladin Jokić).

2.3 RASTJE V ŠPANSKEM SEMIARIDNEM OBMOČJU

2.3.1 Rastje

Tipično drevesno rastje v mediteranskem okolju je na splošno opredeljeno s prevlado pritlikavega zimzelenega grmičevja in nizkimi drevesi z majhnimi, mesnatimi in žilavimi listi. V Španiji ga imenujejo *monte bajo* (nizka gozdna pokrajina). Najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na rastje je tipična poletna suša, ki traja 5-6 mesecev (Cherubini in sod. 2003).

V tipičnem mediteranskem okolju v Španiji in v provinci Alicante uspevajo bodlikavi hrast (*Quercus coccifera*), pinija (*Pinus pinea*), alepski bor (*Pinus halepensis*), palmito (*Chamaerops humilis*), podrast (grmičevje, različne dišavnice,), rastline, ki uspevajo na slanih tleh in rečna vegetacija ob strugah potokov in rek (Gil-Olcina in Olcina-Cantos, 2000).

V mediteransko-celinskem okolju v provinci Zaragoza se rastje bistveno ne razlikuje od tistega v priobalnem pasu, čeprav so padavine obilnejše in temperature nižje. Rastje v območju španskega celinskega podnebja ima še vedno mediteranski značaj. Na območju Zaragoze je manj izrazito toploljubnih rastlin (npr. palm). Tudi vegetacija ob strugah rek se zdi bolj podobna celinski.

2.3.2 Poseganja v okolje in njihove posledice

Prekomerno izkoriščanje gozdov je povzročilo popolno devastacijo posebno v priobalnem pasu že pred več tisoč leti. Prvotni hrastovi gozdovi črnike (*Quercus ilex*), plutca (*Quercus suber*), navadnega koprivovca (*Celtis australis*), malega in poljskega jesena (*Fraxinus ornus* in *Fraxinus angustifolia*) ter posameznih borovih sestojev rdečega (*Pinus sylvestris*), črnega (*Pinus nigra*) in alepskega bora (*Pinus halepensis*) ter pinije (*Pinus pinea*), so bili močno izsekani za potrebe ladjedelništva v času močne španske mornarice (od 14. do 18. stol.).

S hudourniškimi zimskimi padavinami so bila neporaščena tla podvržena močnim erozijskim procesom. Z umetno obnovo porušenih in načetih gozdnih ekosistemov se je pričela širša uporaba tujerodnih drevesnih vrst, katerih uporaba je bila najprej omejena le na parke, arboretume (parkovni nasad dreves) in na bližino naselij.

V Španiji so v zadnjih sto letih umetno osnovali nad 5,7 milijona hektarjev gozdov (Zajec, 2005). Glavni drevesni vrsti, ki sta bili uporabljeni pri zasajanju novih gozdov v semiaridnih področjih Sredozemlja, sta pinija in alepski bor. Na tem območju nista avtohtonji vrsti (Raventós in sod., 2001), vendar sta prilagojeni na omejene vodne vire in izpostavljenosti močnemu sončnemu obsevanju. Vrsti dobro prenašata sol, ki jo po rastiščih blizu morja nosi veter.

V Španiji je zaradi semiaridnih in ponekod celo aridnih razmer zelo pomembna varstvena vloga gozdnega rastja. Velika ekološka vloga gozdnih rastišč je pripeljala do zakonske zaščite vseh gozdnih sestojev, s čimer je z zakonom prepovedana sečnja vseh gozdnih dreves v Španiji, z izjemo v severnih pokrajinah, Baskiji in Navarri (De Luis, osebna komunikacija).

Zaradi velike razširjenosti alepskega bora je le-ta deležen velike pozornosti strokovne javnosti. Raziskovanje njegovih značilnosti in ekoloških odzivov poteka na številnih raziskovalnih inštitucijah. Raziskovanje ekologije alepskega bora se razširja na varstvo gozdov, kot so varstvo pred požari, plazovi in poplavami. Zaradi ekstremnih razmer v okolju je gozdna vegetacija glede na število rastlinskih vrst relativno skromna, sestavlja jo le najbolj prilagodljive vrste, ki uspevajo na svoji eksistenčni meji (Zajec, 2005).

2.3.3 Požari

Velik problem aridnih in semiaridnih območij v Španiji so pogosti gozdn požari. Med letoma 1969 in 1983 so letno uničili 10-20 % sestojev alepskega bora. Med leti 1974 in 1999 je v Španiji zgorelo več kot 4,6 milijonov hektarjev gozdov, med katerimi znaša delež alepskega bora 26 % (Maestre in Cortina, 2004).

2.3.4 Značilnosti rodu bora (*Pinus*)

V svetu je znanih kar 111 vrst borov (Stevens in Enquist, 1998), ki pripadajo rodu borovcev (*Pinus*), družina borovke (*Pinaceae*) in uspevajo skoraj v vseh svetovnih klimah, od subtropskih krajev do zgornje gozdne in polarne meje. Večinoma rastejo na severni polobli od polarnega kroga do Guatemale, Indije, severne Afrike in Indonezije. V velikem obsegu vrste iz družine borovk uporabljajo za pogozdovanje v Južni Ameriki (Čile, Brazilija), v južni Afriki, Avstraliji in na Novi Zelandiji. Razširjenost areala borovk kaže na visoko stopnjo prilagodljivosti klimatskim in rastiščnim razmeram širom po svetu.

V Španiji rastejo predvsem pinija (*Pinus pinea*), alepski bor (*Pinus halepensis*), črni bor (*Pinus nigra*), redkeje tudi ruše (*Pinus mugo*) in cemprin (*Pinus cembra*), obmorski bor (*Pinus pinaster*) in rdeči bor (*Pinus sylvestris*). Ti bori so vednozelena drevesa, ki dosegajo zelo različne višine in oblike krošenj. Redkeje se pojavljajo v oblikah grmov. Debla so praviloma vitka, a ne vedno ravna, z bolj ali manj razpokanim lubjem. Iglice so v šopkih, po 2 iglici skupaj ali po 3-5 iglic v skupnem ovoju, kar omogoča ločevanje nekaterih vrst med seboj. Značilno za večino borov je vretenasto razraščanje in oblikovanje nepravilnih oblik krošnje.

Bori so praviloma svetloljubni in za rast potrebujejo veliko svetlobe, čeprav v mladosti zdržijo tudi senčenje drugih dreves. Svetloljubne drevesne vrste rastejo hitro in dosežejo kulminacijo tekočega višinskega prirastka relativno hitro. Drevesa na boljših rastiščih praviloma dosegajo večje višine. Višinski prirastek je zelo odvisen predvsem od klimatskih razmer predhodnjega leta, debelinski prirastek pa predvsem od razmer v tekočem letu (Mirov, 1967).

Bori imajo široko ekološko amplitudo, zato lahko uspevajo tudi na najrevnejših tleh in v ostrih podnebnih razmerah (npr. ekstremne temperature). Ker imajo praviloma močno glavno korenino, uspevajo tudi v peščenih tleh in so zelo odporni proti vetru.

Fiziološko so bori odporni proti suši, kar prispeva k njihovi prilagodljivosti na različne rastne pogoje. Ta odpornost omogoča preživetje tudi na področjih, kjer je vode sicer v izobilju, ni pa dosegljiva zaradi raznih dejavnikov (kamninska sestava tal, zmrznjena zemlja ipd.). Kadar je zemlja nasičena z vodo, so tudi respiratorne funkcije korenin upočasnjene in tako korenine absorbirajo manj vode.

V zmernih podnebjih rastejo bori periodično. Vsak zunanji vpliv na terminalno rast listnih primodijev, kot je vodni deficit, zračna polucija ipd., vpliva v določeni meri tudi na prirastek lesa.

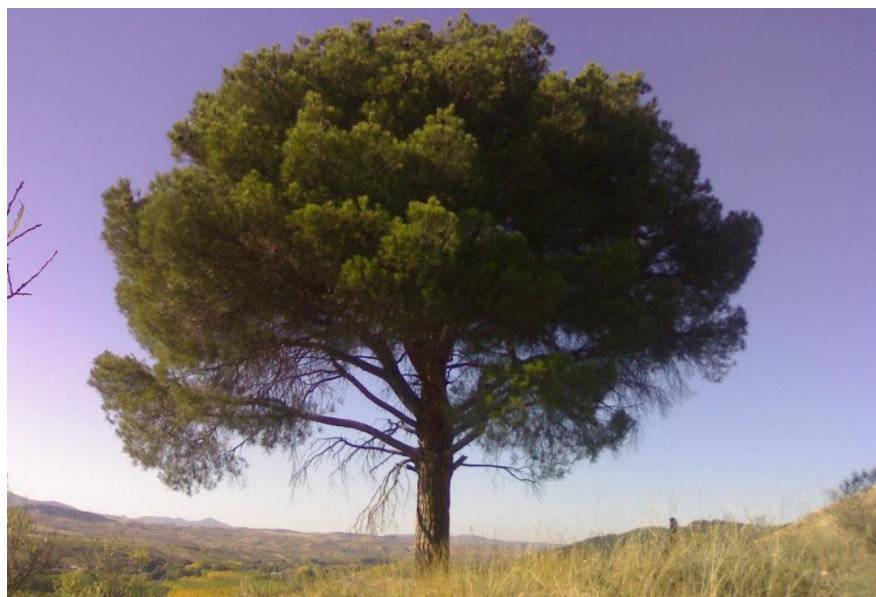
2.4 PINIJA (*PINUS PINEA L.*)

2.4.1 Značilnosti pinije

Pinija je do 30 m visoko drevo, s premerom debla do 1,9 m. Krošnja je v mladosti okroglasta, okrog 50 let stara drevesa, pa že oblikujejo gosto in značilno dežnikasto krošnjo (oblika odprtega dežnika) (slika 7). Debla so v spodnjih dveh tretjinah brez vej. Skorja je do starosti 5 let siva, kasneje pa do 10 cm debela, ter ima vzdolžno globoko razpokano in rdečkastosivo luskasto lubje. Mladi poganjki so tanki, rumenozeleni in goli, brsti pa so 6-12 cm dolgi in brez smole. Iglice, ki rastejo po dve v šopku, so 10-20 cm dolge in ostanejo na drevesu 3-4 leta. Moški cvetovi na dnu poganjkov zadnjega leta so rumeni in številni, ženska socvetja so pecljata in največkrat posamično rastejo na koncu najnovejših poganjkov. Storži so popolnoma zreli šele jeseni v tretjem letu po cvetenju. So okroglasti, simetrični, 8-15 cm dolgi, premera 7-10 cm in so rjave do rdečkastorjave barve (Brus, 2004).

Najraje raste na peščenih in kislih tleh, dobro pa prenaša tudi rahlo bazična na apnenčasti osnovi. Prenaša skromna tla, ne pa slane podlage. Je značilna sredozemska vrsta, ki potrebuje veliko svetlobe in toplove in je odporna proti suši in vročini. Slabo prenaša mraz in sneg, ter je občutljiva na onesnažen zrak. Doseže starost 200-250 let (Brus, 2004).

Uspeva v območjih s količino padavin od 400 do 800 mm in temperaturami od -15 °C do 40 °C. Odporna je na delovanje vetra, tudi morskega z obilo soli. V tem primeru zmanjša svojo rastno aktivnost in odvrže iglice na vetru in soli izpostavljenih vejah, ki odmrejo in s tem zaščitijo preostali del drevesa. Z debelo skorjo in visoko od tal dvignjeno krošnjo omogoča njeno preživetje v primeru prehoda ognja pod njo (García-Apaza, 2006).



Slika 7: Pinija na jugu pokrajine Daroca, Španija (foto: Miladin Jokić).

2.4.2 Areal pinije

Razširjena je na obalnih območjih severnega Sredozemlja. Najpogosteje je na Pirenejskem in Apeninskem polotoku, v Grčiji in na obalah Male Azije (Sirija). Raste tudi na Kavkazu (slika 8). Njena današnja razširjenost je v veliki meri posledica intenzivnega umetnega razširjanja v zadnjih tisočletjih. V severnem delu areala uspeva od morja do 600 n. m. v., v južnem delu pa od morja do 1000 n. m. v. (Brus, 2004).

V Španiji je razširjena v osrednji mazeti (Castilla La Mancha, Castilla y León), JV delu polotoka, centralnem hribovju, v Kataloniji (katalonsko obalno hribovje), J del pokrajine Kastilje v provincah Albacete in Cuenca (García-Apaza, 2006).



Slika 8: Areal pinije (Bioversity International, 2009).

2.4.3 Uporabnost pinije

Uporabnost pinije za pridobivanje užitnih semen, tako imenovanih pinjol je v Sredozemlju danes gospodarsko pomembnejša dejavnost, kot proizvodnja lesa. Storži so pomembni za okras in kurivo. Nekoč je bila pinija pomembna za pridobivanje smole, danes pa je po vsem Sredozemlju priljubljeno okrasno drevo in jo pogosto sadijo zaradi sence. Les je kakovosten vendar močno smolnat in zato manj priljubljen, uporablja ga v gradbeništvu in mizarstvu (Brus, 2004).

2.5 ALEPSKI BOR (*PINUS HALEPENSIS MILL.*)

2.5.1 Značilnosti alepskega bora

Alepski bor je do 20 m visoko in do 1 m debelo vednozeleno iglasto drevo s krošnjo, ki je v mladosti valjasta, pri starejših drevesih pa široko zaobljena, redka, svetlejša kot pri drugih sredozemskih borih in pogosto nepravilno oblikovana (slika 9). Večkrat ima neravnino deblo. Skorja je sprva svetlo siva in gladka, pozneje rdečerjava in močno razpokana. Tanki poganjki so v premeru merijo 2-3 mm, so svetlo rjavi in goli, brsti so podolgovato jajčasti, do 10 mm dolgi in brez smole. Iglice, ki rastejo po dve v šopku, so 7 - 15 cm dolge in ostanejo na drevesu le dve leti. Seme alepskega bora je dolgo 5-7 cm, na spodnji strani zašiljeno, običajno na eni strani črno brez leska, na drugi pa rjavosivo z leskom, a pegasto na obeh straneh. Alepski bor je enodomna, vetrocvetna vrsta, ki cveti od marca do maja. Zreli storži so jajčasti, 5-10 cm dolgi ter 2,5-4 cm debeli v bleščeče rjavi barvi. Apofiza na plodni luski je ploščata ali izbočena in ima dobro vidno svetlo sivo grbico, ki pa je brez ostre konice.

Je značilna sredozemska drevesna vrsta, ki zelo dobro prenaša revna tla. Najraje raste na apnenčastih tleh, uspeva pa tudi na flišu. Odporen je na visoke temperature in dolgotrajno sušo (1-5 mesecev). Redko preseže starost 250 let (Brus, 2004).

Spodnja meja letnih padavin za uspevanje je 250 mm, če je padavin manj pa je rast anomalna in se ustavi (García-Apaza, 2006). Nizke zimske temperature (pod -3 °C), ključno omejujejo preživetje alepskega bora. Mraz, slana in sneg ga hitro prizadenejo, zato raste samo v toplih obmorskih krajih. Slanah tal ne mara, dobro pa prenaša sol, ki jo po rastiščih blizu morja nosi veter. Je svetloljubna in hitro rastoča vrsta (Brus, 2004).



Slika 9: Alepski bor v bližini Alicanteja, Španija (foto: Miladin Jokić).

2.5.2 Areal alepskega bora

Alepski bor je naravna sredozemska vrsta. Največje površine porašča v severni Afriki med Marokom in Libijo, ter v južni Španiji in Franciji. Najdemo ga ponekod na Apeninskem polotoku, v Grčiji in zelo malo na Bližnjem vzhodu (slika 10). Naravno raste tudi na Hrvaškem na otokih južno od Šibenika, na celini pa južno od Splita. Uspeva tudi do 1000 m. n. v. v Grčiji in do 1500 m. n. v. v Severni Afriki (Brus, 2004).

V Španiji je alepski bor zelo razširjena (predvsem umetno nasajena) drevesna vrsta, večinoma 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. Gozdno gojitevno je nezahtevna vrsta, uspeva na revni podlagi. Odporna je na visoke temperature, zato so jo že zgodaj začeli umetno vnašati v aridna (puščavska) in semiaridna (polpuščavska) področja Iberskega polotoka. Ima negativen vpliv na rast drugih rastlin.

Ocenjujejo, da je alepski bor v Španiji dominantna vrsta na 25.000 km² gozdne površine. V provinci Alicante je 2600 od 3000 ha oz. 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 m³/ha (Maestre in Cortina, 2004).



Slika 10: Areal Alepskega bora (Bioversity International, 2009).

2.5.3 Uporabnost alepskega bora

Zaradi skromnih potreb in odpornosti je primeren za pogozdovanje suhih kraških goličav na obmorskih področjih. K razširjanju pripomorejo storži, ki ostanejo dolgo zaprti. Je pomembna vrsta za smolarjenje, ki ga v zadnjem času povsod opuščajo. Zaradi visoke vsebnosti smole in ker raste na najbolj naseljenih obalnih območjih, je požarno močno ogrožen, vendar si po požarih hitro opomore. Čeprav ima le srednje kakovosten les, je v večjem delu Sredozemlja pomemben kot lesna vrsta. Les uporablja v gradbeništvu, mizarstvu, sodarstvu, kot kurivo in za gradnjo ladij (Brus, 2004).

2.6 ANATOMIJA LESA BOROV

Les borov je tako kot pri drugih vrstah sestavljen večinoma iz traheid, vsebuje heterocellularne smolne kanale 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).

2.6.1 Fiziologija nastanka branike

Drevesni kambij pri drevesih iz zmerne klime vsako leto proizvede po en prirastni plašč oz. braniko, ki je sestavljena iz ranega in kasnega lesa. Letni debelinski prirastek je odvisen od razpoložljivosti hormonov in fotosintetske hrane ter vremenskih razmer (predvsem količine padavin in temperature) tekočega leta, in nekoliko manj predhodnega leta. Na prirastek lesa vplivajo tudi gozdarski posegi, onesnaženje okolja, lesni škodljivci in drugi dejavniki. V izjemnih razmerah pri iglavcih nastajajo nepopolne (nesklenjene) branike, prirastek enega leta pa lahko tudi v celoti izostane. Možen pa je tudi pojav lažnih branik, kjer nastane v enem letu več prirastnih con (Čufar, 2006).

2.6.2 Fiziologija nastanka ranega in kasnega lesa pri iglavcih

Na nastanek ranega in kasnega lesa vpliva razpoložljiva količina rastnih hormonov in hrane- produktov fotosinteze. Traheide ranega in kasnega lesa se razlikujejo po debelini celične stene in radialnem premeru. Rastni hormoni vplivajo na radialno dimenzijo, razpoložljivost hrane pa na debelino celične stene. Obe spremenljivki sta medsebojno neodvisni in se spremenjata med vegetacijsko dobo. Med rastnimi hormoni je najpomembnejši avksin, ki vpliva na aktivacijo kambija in diferenciacijo njegovih derivatov.

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 dimenzijs v kasnem lesu. Larson (1962) 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).

Po grobi oceni kasni les v zmerni klimi začne nastajati v juliju in to najprej na bazi drevesa. Larson to pojasnjuje z različno koncentracijo avksina po deblu. Ko začne rast poganjkov pešati, se količina avksina zmanjšuje. Njegovo pomanjkanje najprej občuti kambij na bazi drevesa, ker je najdlje od mesta nastanka avksina. Razvijajoči se listi (iglice) v območju krošnje zagotavljajo deblu enakomerno oskrbo z avksinom skozi pretežni del vegetacijskega obdobja in s tem tvorbo traheid s širokimi lumni. Les krošnje in

juvenilni les, ki nastajata v bližini mesta nastanka avksina, zato nimata izrazitega kasnega lesa.

Za razmejevanje med ranim in kasnim lesom najpogosteje uporabljam kriterij po Morku (1928), po katerem h kasnem lesu prištevamo tiste celice v radialnem nizu, ki imajo radialno dimenzijo lumna manjšo kot je dvojna debelina tangencialne celične stene (Čufar, 2006).

2.6.3 Anomalije

V zmernih podnebjih rastejo bori periodično in tako vsako leto (večinoma od konca aprila do začetka septembra) nastane ena branika. Prehod iz ranega v kasni les pa naj bi povzročala sprememba nivoja avksina (rastni hormon) in razpoložljivih asimilantov, ki sta odvisna tudi od zunanjih dejavnikov. Vpliv zunanjih dejavnikov se odraža v različni širini in deležu kasnega lesa.

Pri sredozemskih borih nastopa drugačen vzorec rasti, saj je obdobje kambijkeve aktivnosti daljše oz. se začne že ob začetku in traja do konca koledarskega leta, pri čemer so možne prekinitev ali upočasnitve kambijkeve dejavnosti poleti (De Luis in sod., 2007). Tak ritem se odraža tudi na kakovosti lesa, zato je prehod iz ranega lesa manj tipičen, pa tudi letnica je lahko manj izrazita (Čufar, osebna informacija).

2.6.3.1 Izpad branik

Izpad branik je praviloma posledica tega, da se kambij ne aktivira in ne proizvede novih celič lesa v določenem letu. To je pogosto posledica pomanjkanja asimilatov. Do nekativacije kambija lahko pride samo na določenih delih v drevesu (nesklenjena branika), prirastek pa lahko izпадne tudi v celoti (izpadla branika) (Novak, 2007). Pojav izpadlih ali nesklenjenih branik pri alepskem boru iz Španije lahko delno pojasnimo z dolgimi sušnimi obdobji (Raventós in sod., 2001).

2.6.3.2 Lažne branike

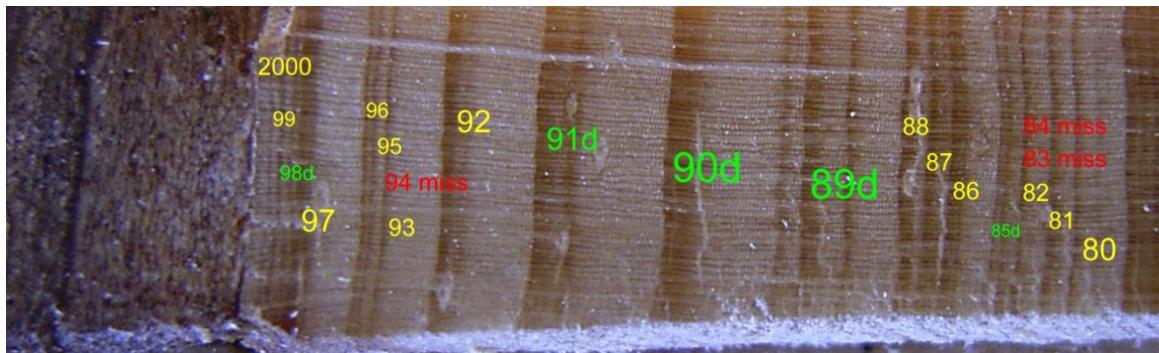
Pojav lažnih branik je praviloma posledica upočasnitve ali prenehanja delovanja kambija med rastno sezono in njegovo ponovno aktivacijo. Rezultat sta lahko dve ali več »prirastnih plast«, ki so nastale v isti rastni sezoni.

Wimmer in sod. (2000) so pri analizi rasti črnega bor (*Pinus nigra*), iz okolice Dunaja v Avstriji, ugotovili, da je pojav lažnih branik povezan z obilnimi padavinami v aprilu, malo ali nič padavinami v maju in obilnimi padavinami v juniju. Drevo je na pomanjkanje padavin odgovorilo z lažno braniko. Zaradi veliko padavin v aprilu je kambij začel proizvajati rani les, zaradi suše v maju se je rast skoraj ustavila, oziroma je kambij že začel proizvajati kasni les, kasneje pa zopet rani les. Anomalije branik so lahko tudi posledica gozdnih požarov (npr. Srebotnjak, 1997).

Kambijeva aktivnost ni omejena na prostor in čas, zato je zelo občutljiva na okoljske in klimatske dejavnike (količina padavin, temperatura).

2.6.3.3 Svetla branika (angl. light ring)

Prav tako se pojavljajo branike, ki vsebujejo zelo malo kasnega lesa oz. vsebujejo kasni les z nekoliko tanjšimi celičnimi stenami. Take branike so na videz svetlejše od normalnih, zato tudi poimenovanje svetla branika (Angl. light ring).



Slika 11: Vzorec lesa alepskega bora z normalnimi (rumeno) in dvojnimi (zeleno) branikami ter z mesti manjkajočih branik (rdeče) (Izvrtrek GUA_PIHA_2001 - 12B_01).

2.6.4 Smolni kanali

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

Votlina smolnega kanala je medcelični – intercelularni prostor, ki je nastal z razmagnitvijo nezrelih aksialnih elementov, v procesu diferenciacije v kambijevi coni. Epitelne celice okrog smolnega kanala, so žive, kadar so del beljave, eno ali več celic debelo plast teh celic imenujemo epitelij. Proizvajajo in izločajo balzam. Fiziološko gledano je izločanje balzama sekrecija, kar pomeni odstranjevanj snovi, ki še lahko sodelujejo v presnovnih procesih (Čufar, 2006). Bori vsebujejo smolne kanale, ki imajo tankostene epitelne celice. Stresni dejavniki po nekaterih virih pospešujejo nastajanje smolnih kanalov (prim. De Luis in sod., 2007).

2.6.5 Anatomske značilnosti lesa pinije

Les pinije ima obarvano jedrovino in svetlo beljavo. V prečnem prerezu je jedrovina zelo razločna in rjavordeče barve. Beljava je svetla, bele do rumenkasto bele barve. Branike so večinoma razločne, rani in kasni les se razlikujeta po barvi. Meja med branikami variira od

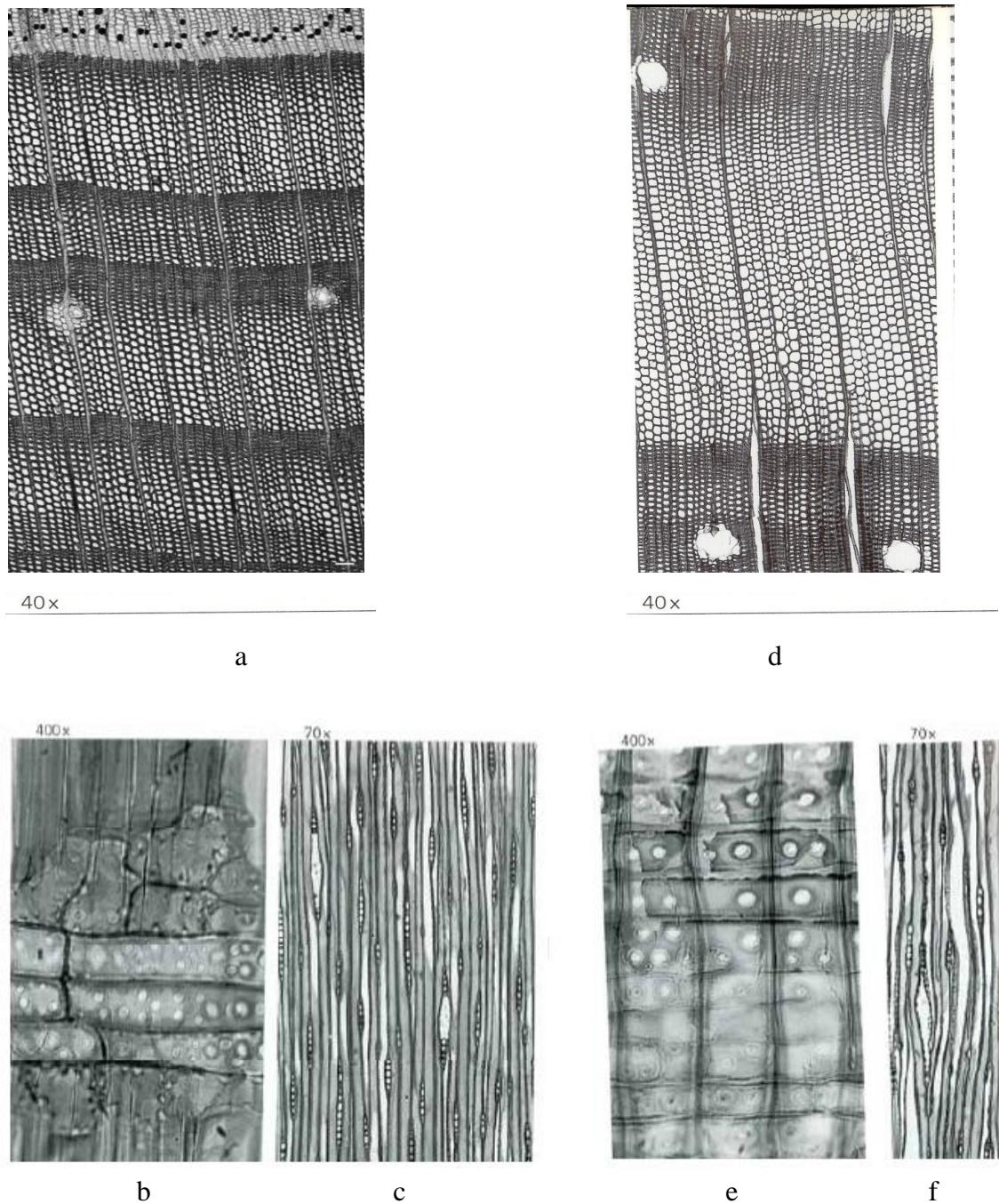
jasne do nerazločne in pogosto zabrisane. Pri drevesih iz toplih rastišč, pri katerih imajo korenine stik s podtalno vodo, je prehod med branikami lahko nerazločen in nakazan samo s spremembo gostote. Les vsebuje radialne in aksialne smolne kanale, ki so dolgi in obdani s tankostenimi epitelnimi celicami.

Trakovno tkivo je heterocelularno, v tangencialnem prerezu je visoko 8-15 celic, sestavlja ga parenhimske celice in trakovne traheide s tankimi in gladkimi stenami, ki so zelo redko nazobčane. V križnem polju so 2-4 pinoidne do taksodoidne piknje, ki so v kasnem lesu bolj piceoidne. V radialnem prerezu so obokane piknje aksialnih traheid skoraj izključno posamične (Schweingruber, 1990).

2.6.6 Anatomske značilnosti lesa alepskega bora

V prečnem prerezu je jedrovina zelo razločna, rdečerjave do svetlo rdeče barve, beljava pa je skoraj popolnoma bela. Meje med branikami so razločne. Svetel rani in temen kasni les se jasno ločita. Delež kasnega lesa od branike do branike močno variira. Prehod med ranim in kasnim lesom je postopen do zelo oster. Les vsebuje radialne in aksialne smolne kanale s tankostenimi epitelnimi celicami.

V tangencialnem prerezu so trakovi visoki do 10 celic. V radialnem prerezu piknje v aksialnih traheidah niso pravilno razporejene. Trakovno tkivo je heterocelularno, sestavlja 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. Radialni smolni kanali se navadno nahajajo v kasnem lesu in so obdani s podolgovatimi, tankostenimi epitelnimi celicami (Schweingruber, 1990).



Slika 12: Mikroskopske slike alepskega bora (a) prečni, (b) radialni in (c) tangencialni prerez ter slike pinije (d) prečni, (e) radialni in (f) tangencialni prerez (Schweingruber, 1990).

2.7 DENDROKRONOLOGIJA IN DENDROEKOLOGIJA

2.7.1 Splošno

Dendrokronološke analize temeljijo na analizi karakterističnega zaporedja širin branik z namenom datiranja (določitve koledarskega leta nastanka branike). Kot taka je med drugim uporabna za razlage preteklih dogajanj v življenju drevesa.

Širina branik od leta do leta variira, pri čemer ekstremne branike služijo za orientacijo. Širine branik iste drevesne vrste na istem rastišču ponavadi variirajo podobno, ne pa enako, ker nanje vedno vplivajo še številni nedoločljivi dejavniki (mikrorastiščni dejavniki).

V zadnjih desetletjih sta se zaradi naraščajočega propadanja gozdov in raziskav globalnih sprememb klime oblikovali posebni veji, dendroekologija in dendroklimatologija.

Dendroekologija je veja dendrokronologije, s katero, na podlagi datiranja branik, analiziramo ekološke dejavnike kot so klima (dendroklimatologija), geomorfični procesi (dendrogeomorfologija), tektonski procesi, požari, antropogeni dejavniki itd. (Čufar, 2006).

2.7.2 Dendrokronologija - možnost uporabe in omejitve

Uporablja se za datiranje, ekološke raziskave, pomembna je za konzervatorstvo in restavratorstvo. Dendrokronološko datiranje je metoda za določevanje starosti lesenih objektov (Čufar, 2006).

Napoved poseka drevesa je možna ob prisotnosti skorje in določitev števila manjkajočih branik kadar je znano leto poseka ali odvzema vzorca.

2.7.3 Postopek dendrokronološke analize

Dendrokronološka analiza se začne z odvzemom, pripravo in analizo vzorcev. Pri datiranju se srečujemo s številnimi problemi, kot so problematične drevesne vrste, premajhno število branik in nezmožnost razločevanja branik (Čufar in Levanič, 2000).

Ne glede na to za kaj dendrokronološko metodo uporabljamo, je prvi korak vedno datiranje oz. določitev leta v kateri je posamezna branika nastala. Za analizo in datiranje branik je v veljavi več različnih metod. V ameriških laboratorijih uporabljajo metode, kjer najprej preštejejo in pregledajo branike, nato pa les različnih vzorcev primerjajo. Če poznamo leto odvzema vzorca lesa, ker se na njem nahaja skorja, lahko za neproblematične branike določimo, kdaj so nastale in evidentiramo v katerem časovnem obdobju so nastale branike s posebnostmi. Pri datiranju si pomagamo s skeletnimi grafi (skeleton plot) (prim. Kaennel in Schweingruber, 1995). Ko določimo datume nastanka branik, izmerimo še njihove širine (Čufar in De Luis, osebna komunikacija). V evropskih laboratorijih večinoma najprej

izmerimo širine branik, nato pa grafe zaporedij širin branik sinhroniziramo (primerjamo) in datiramo s primerjanjem izmerjenega zaporedja širin branik z drugimi zaporedji ali z referenčno kronologijo (Čufar, 2006).

V našem primeru smo si pomagali s kombinacijo obeh metod. Z ameriško smo rešili veliko problemov z delno izpadlimi in lažnimi branikami, z merjenjem, sinhroniziranjem in datiranjem pa smo rešili večino problemov s popolnoma izpadlimi branikami.

2.7.4 Sinhroniziranje kronologij

S sinhronizacijo zaporedij širin branik le-te postavimo v sinhron položaj v času. Če jih sinhroniziramo z datirano referenčno krivuljo jih datiramo, t. j., določimo leto nastanka vsake branike (Čufar, 2006). S tem postopkom ugotovimo tudi izpadle in nesklenjene branike.

Sinhroniziranje poteka tako, da primerjamo podobnost poteka širin branik v določenem obdobju. S prekrivanjem narisane krivulje premikamo, dokler se ne ujamejo značilna leta (minimumi in maksimumi). Uporabljam tudi statistično podprte metode za določevanje podobnosti posameznih odsekov različnih krivulj, zadnjo oceno pa vedno poda izkušen dendrokronolog.

Ko analiziramo vpliv klime na širino branik, je iz zaporedij širin branik potrebno odstraniti vpliv neklimatskih dejavnikov v opazovanem letu. To je predvsem starostni trend drevesa, oz. njegov rastni ritem, ki je genetsko pogojen.

2.7.5 Matematično statistične metode za obdelavo kronologij

Sledi ugotavljanje variabilnosti širin branik po letih, tako, da v analizo uvrstimo vsa zaporedja širin branik, jih sinhroniziramo in izračunamo povprečje za posamezno leto. Na ta način sestavimo kronologijo širin branik. Za ugotavljanje ujemanja širin branik znotraj posameznega sestoja uporabljam specialne programe, npr. TSAPwin in izračunamo statistične kazalnike, ki so opisani v naslednjih podpoglavljih.

2.7.5.1 Vrednost t - po Baillie-Pilcherju (t_{BP})

Izračun koeficiente t_{BP} ali t vrednosti po Baillie-Pilcherju, je parametričen statistični test. Namens njegovega izračunavanja je pridobiti objektivno mero za ugotavljanje podobnosti med dvema zaporedjema širin branik oz. kronologijama. S primerjanjem krivulj na osnovi t vrednosti, preverimo optično datiranje velikega števila kronologij. Primerjava poteka vedno med dvema krivuljama in temelji na izračunu korelacijskega koeficiente, korigiranega s kvadratnim korenem iz števila stopinj prostosti. Koeficient t_{BP} lahko zavzame vrednosti med 0 in 100. Mejna vrednost za statistično značilno podobnost dveh zaporedij širin branik je ≥ 4 (Levanič, 1996).

2.7.5.2 Koeficient časovne skladnosti (GLK)

Koeficient časovne skladnosti (nem. Gleichläufigkeit), je po definiciji mera ujemanja dveh kronologij na opazovanem intervalu (Levanič, 1996). Pri tem primerjamo dva vzorca rasti med seboj. Koeficient časovne skladnosti izražamo v odstotkih in zavzame vrednosti med 0 in 100%. Večja je vrednost, bolj sta si dve kronologiji podobni. Mejna vrednost za značilno podobnost dveh zaporedij širin branik je 65 % ali več.

2.7.5.3 Indeks navzkrižnega datiranja (CDI)

Statistični kazalnik indeks navzkrižnega datiranja (ang. Cross Date Index), podaja informacijo o ujemanju dveh kronologij. Združuje kombinacijo koeficiente časovne skladnosti (GLK) in koeficiente tBP ter tako omogoča lažje in hitrejše sinhroniziranje kronologij. Uporabljamo ga kot pomoč pri sinhroniziranju, predvsem takrat, ko pride med koeficientoma tBP in GLK do večjih razhajanj (Levanič, 2006).

2.7.5.4 Prekrivanje kronologij (Olp.)

Prekrivanje kronologij (ang. Overlap) pomeni dolžino prekrivanja kronologij v letih.

2.7.6 Dendroklimatologija

Analiza širin branik pri drevesih iz sredozemskih regij je pomembna za razumevanje in predvidevanje vplivov globalnih sprememb na pomembne ekološke procese, kot je med drugim dezertifikacija, to je izsuševanje zemlje in napredovanje puščave (Cherubini in sod., 2003).

Zaporedje širin branik je posredni pokazatelj klimatskih razmer, zato v dendroklimatologiji primerjajo nihanje širin branik v povezavi z vremenskimi dejavniki, količino padavin in temperaturo med vegetacijsko (rastno) dobo.

V splošnem velja, da je v klimatsko ugodnem letu širina branike večja kot v klimatsko neugodnem letu. Temu pa ni vedno tako, saj lahko npr. ranitev, mehanska obremenitev, veter ali prerazporeditev avksina povzročijo pospešeno radialno rast drevesa. Širina branike torej nujno ne pomeni, da je bilo leto v katerem je prirasla klimatsko ugodno.

Pri iglavcih na splošno velja, da z naraščajočo širino branike delež kasnega lesa in s tem povezana gostota pada (Čufar, 2006). Pri iglavcih iz popluščavskih rastišč širine branik vsebujejo najboljšo klimatsko informacijo. Z meritnimi instrumenti se jih da relativno lahko izmeriti. Iz meritev so razvidne ekstremne vrednosti širin branik in nesklenjena časovna zaporedja širin branik. Drevesa iz območij z zmerno klimo vsebujejo zelo veliko informacij povezanih s klimatskimi dejavniki (Schweingruber, 1996).

Težko je ločiti klimatske in antropogene vplive okolja na rast dreves, zato so razvili statistične metode s pomočjo katerih izločijo vse znane vplive, ki jih je mogoče določiti. Raziskave so uporabne, ko želimo ovrednotiti vpliv določenega dejavnika (npr. onesnaženost okolja) na spremenjeno rast dreves. Pri tem je potrebna zelo natančna izbira dreves in rastišča.

3 MATERIAL IN METODE

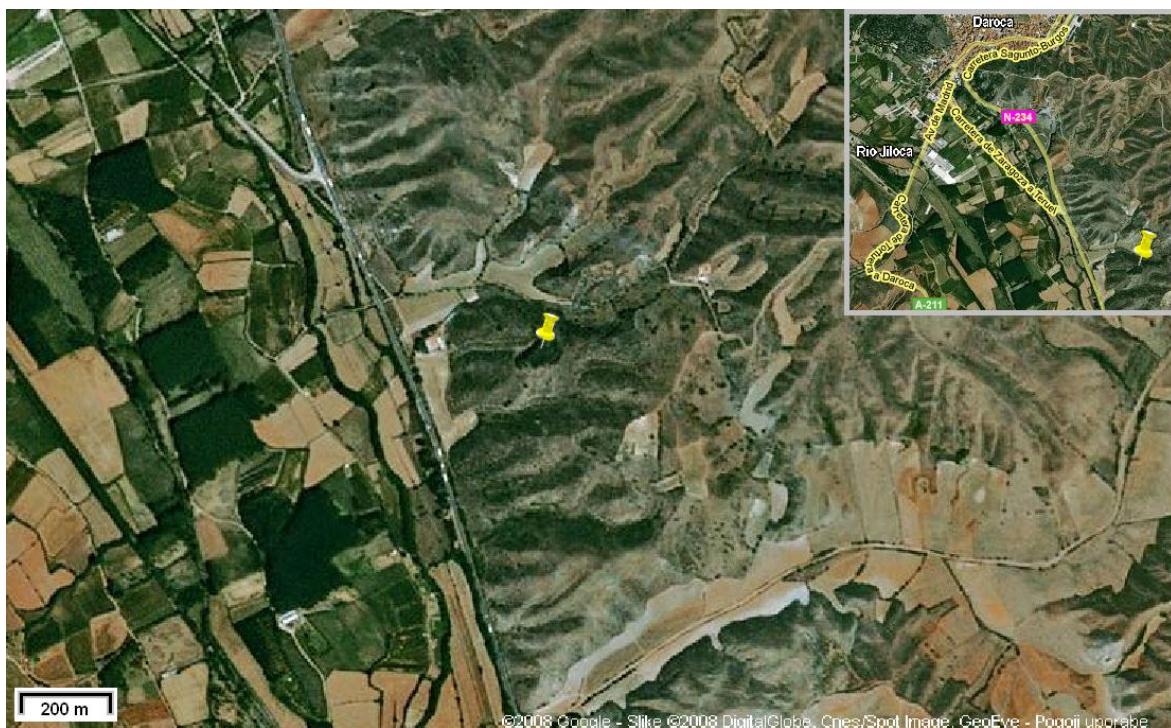
3.1 IZBOR RASTIŠČ

Za raziskave smo izbrali dve rastišči Iberskega polotoka, Daroca in Guardamar (Preglednica 1, Slika 13). Rastišče Daroca pri nadmorski višini 800 m n.m. ima klimo celinskega značaja, Guardamar pri nadmorski višini 10 m n.m. pa ima tipično mediteransko semiaridno klimo. Izbrani drevesni vrsti pa sta alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) in pinija (*Pinus pinea* L.).



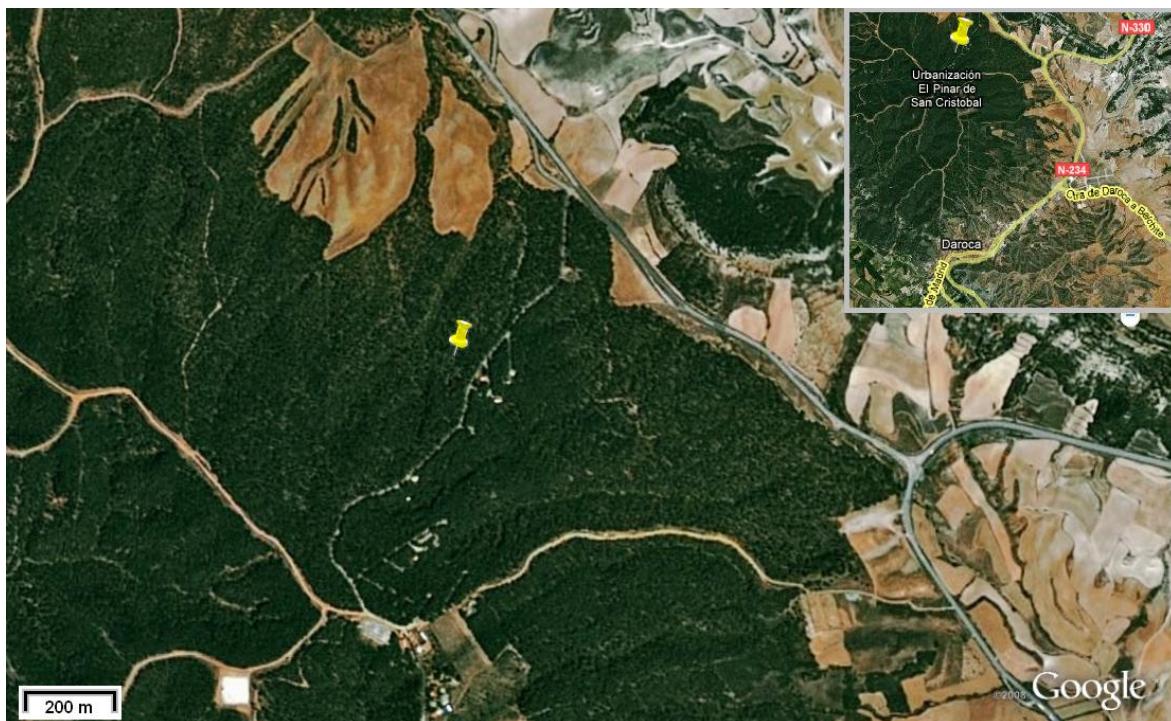
Slika 13: Reliefni zemljevid Iberskega polotoka, Daroca (A) in Guardamar (B) (Google Maps, 2009).

Sestoj pinije je prikazan s satelitskim posnetkom (severno pobočje) (slika 14), reka Jiloca je na zahodni strani in naselje Daroca je na severu 2500 m od sestoja. Geografske koordinate raziskovalnega območja so: $41^{\circ} 5'59.90''$ N in $1^{\circ} 24'8.86''$ W.



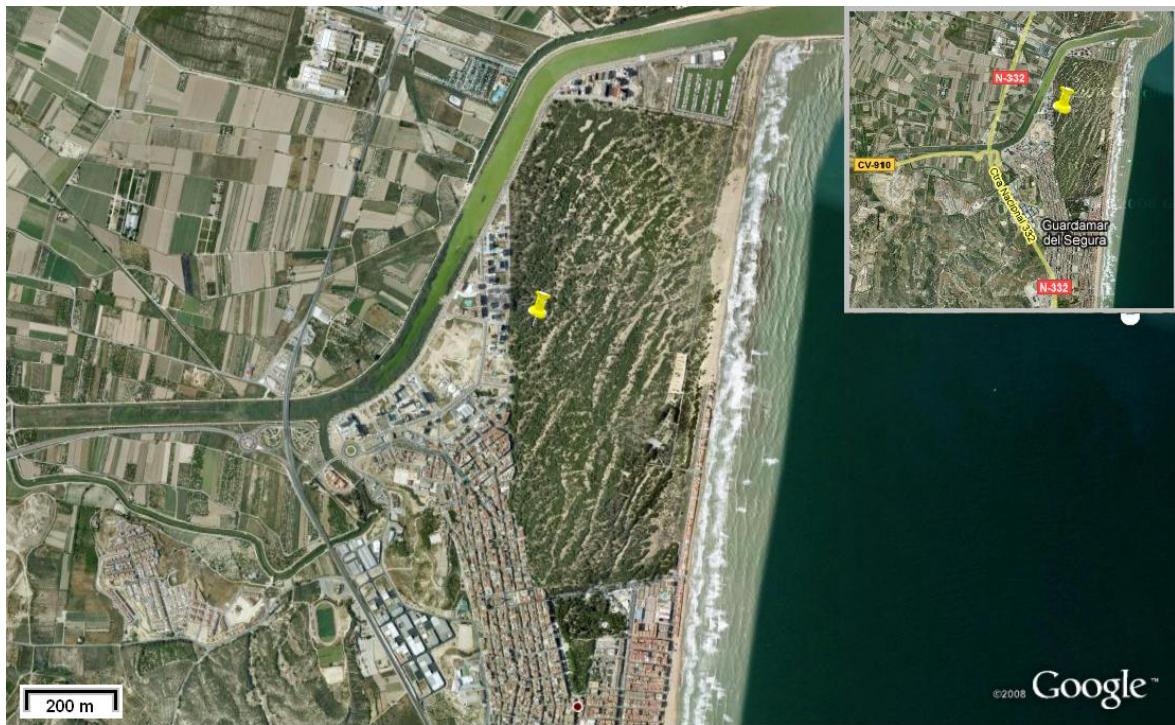
Slika 14: Satelitski posnetek kraja Daroca, raziskovalnega območja 1 (Google Maps, 2009).

Sestoj alepskega bora je prikazan s satelitskim posnetkom (zahodno pobočje) (slika 15), reka Jiloca je na zahodni strani in naselje Daroca je na jugu 2000 m od sestoja. Geografske koordinate raziskovalnega območja so: $41^{\circ} 08'21.3''$ N $1^{\circ}24'50.13''$ W

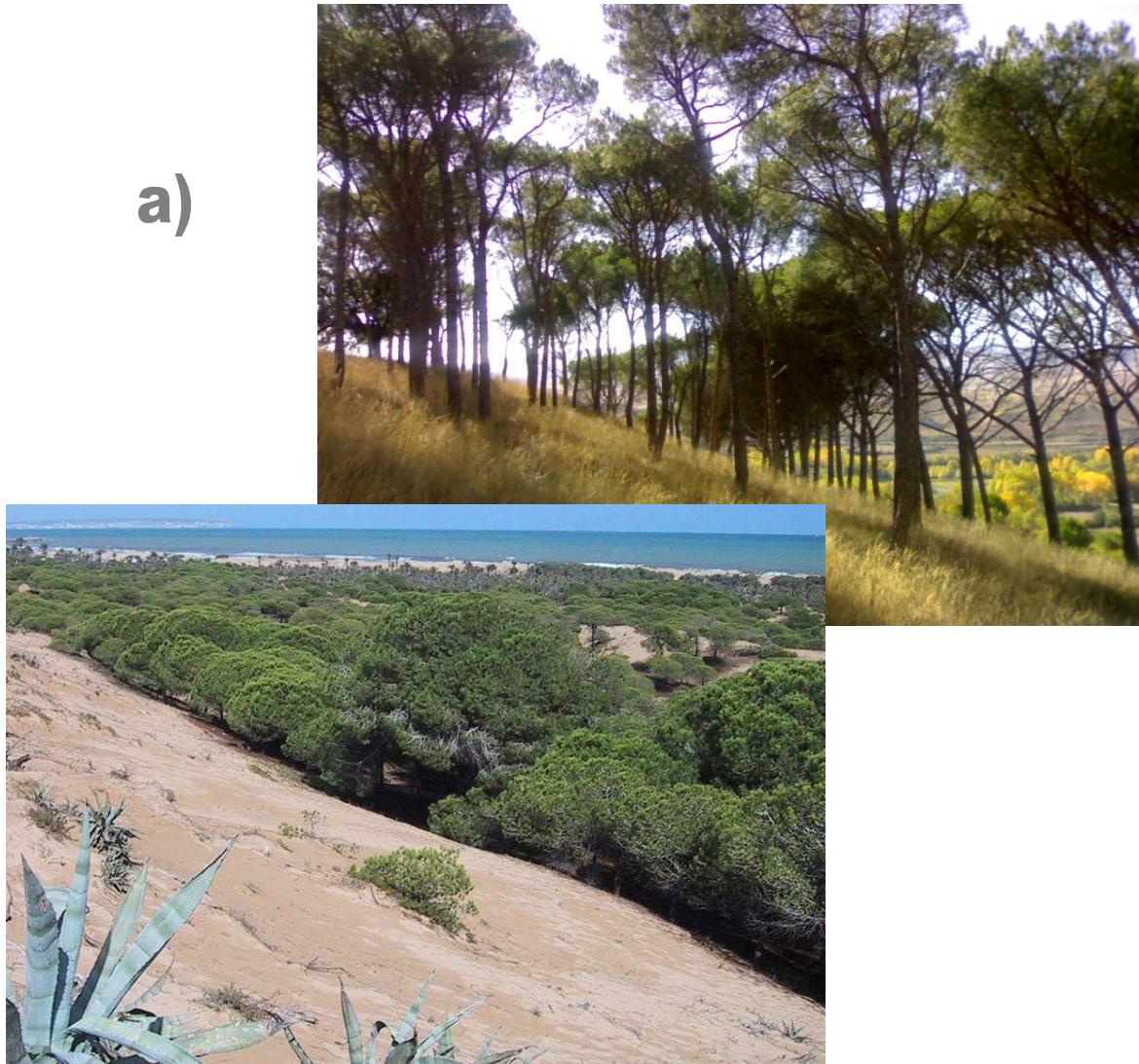


Slika 15: Satelitski posnetek kraja Daroca, raziskovalnega območja 2 (Google Maps, 2009).

Sestoja pinije in alepskega bora sta prikazana s satelitskim posnetkom (slika 16), morje je na vzhodni strani in naselje Guardamar del Segura je na severu 2500 m od sestoja. Geografske koordinate raziskovalnega območja so $41^{\circ} 5'59.90''N$.



Slika 16: Satelitski posnetek kraja Guardamar del Segura, raziskovalnega območja (Google Maps, 2009).



Slika 17: Sestoj dreves v Daroci (a) in Guardamarju (b), kjer so bili odvzeti izvrтки (foto: Miladin Jokić).

Sestoja sta v razvojni fazi mlajšega debeljaka, s sestojno višino 5-8 m ter 100-120 osebki/ha. Oba sestoja sta izvzeta iz gospodarjenja.

3.2 IZBOR TESTNIH DREVES

V Daroci smo izbrali 15 dreves pinije (*Pinus pinea*) in odvzeli 30 izvrtnkov, ter 14 dreves alepskega bora in odvzeli 25 izvrtnkov. Vzorčenje pinije smo opravili 19.10.2007, domnevno ob koncu rastne sezone. Pinijeva drevesa so rasla na suhem pobočju manjše vzpetine, izven naselja, v redkem sestoju posameznih dreves. Vzorci alepskega bora so bili odvzeti že v februarju (2007).

Vzorci pinije (*Pinus pinea*) iz Guardamarja (14 dreves oz. 26 izvrtnkov) so bili odvzeti že januarja (2003), alepskega bora (*Pinus halepensis*) iz Guardamarja (11 dreves oz. 32 izvrtnkov) pa že januarja (2001) in so se nahajali v arhivu Univerze Alicante.

Preglednica 1: Izbor rastič in dreves za raziskave

OBMOČJE	DREV. VRSTA	ŠT. DREVES	ŠT. VZORCEV	DATUM
Daroca	Pinija	15	30	Oktober 2007
Daroca	Alepski bor	14	25	Februar 2007
Guardamar	Pinija	14	26	Januar 2003
Guardamar	Alepski bor	11	32	Januar 2001

Drevesa izbrana za raziskavo so bila brez vidnih mehanskih poškodb in rastnih anomalij ter brez večjih poškodb v krošnji. Izbrali smo domnevno najstarejša drevesa v sestoju.

3.3 ODVZEM IZVRTKOV

Vzorce smo odvzeli tako, da smo na prsnih višinah (1,3 m) v drevo vrtali s prirastoslovnim svedrom znamke SUUNTO, dolžine 400 mm. Vrtali smo proti strženu pravokotno na padnico. Ko smo s svedrom dosegli stržen, smo med sveder in izvrtek previdno vstavili vlečko. Sveder smo nato obrnili še za polovico obrata naprej in dva obrata nazaj, s čimer se je izvrtek ločil od drevesa.

Izvrtek debeline 5 mm, smo potegnili iz svedra ter ga položili na leseno podporo in ovili z aluminijasto folijo, da bi preprečili sušenje. Vzorce smo obtežili, da se ne bi zvijali. Lesena podpora pomaga, da se izvrtek ne zlomi.

Odvzeli smo dva do tri izvrteke iz vsakega drevesa. Vrtanje je bilo po občutku usmerjeno proti centru debla, tako bi dobili največje število branik in pravilno orientacijo. Izogibali smo se kakršnim koli lokalnim napakam, kot so, grče, kompresijski les, smolni žepki in ostalo.

Vsi vzorci, ki so imeli manj kot 50 branik ali niso bili pravilno orientirani, so bili po naših kriterijih neuporabni za raziskave in smo jih izločili.

Na sliki 18 lahko vidimo opremo za odvzem vzorcev. Od zgoraj navzdol prikazani: tulec za spravilo svedra, sveder, vlečka, lesena podpora ter pripomočki za čiščenje.



Slika 18: Oprema za odvzem izvrtkov (foto: Klemen Novak).

Na sliki 19 lahko vidimo odvzem izvrtka s prirastoslovnim svedrom, sveder vrtimo v desno proti strženu pravokotno na padnico, vlečka visi na drevesu.



Slika 19: Odvzem izvrtka s prirastoslovnim svedrom (foto: Dr. Martin De Luis).

Vse odvzete vzorce smo že na terenu opremili s pripadajočo šifro po naslednjem ključu:

Primer: DAR 01B PIPPI oct-07

DAR - mesto odvzema vzorca - sestoj

01- številka drevesa

B – oznaka radija

PIPI – šifra drevesne vrste (*Pinus pinea*)

Oct-07 – mesec in leto odvzema (oktober 2007)



Slika 20: Pakiranje izvrtkov na lesenih podporah (foto: Miladin Jokić).

3.4 PRIPRAVA VZORCEV

Izvrtke smo za meritve pripravili v laboratoriju Oddelka za ekologijo, Fakultete za znanost, Univerze v Alicanteju, pod mentorstvom Dr. Martina De Luisa.

Najprej smo jih orientirali (viden je radialni rez) in prilepili s belim (pvac) lepilom na leseno podporo, ter jih obtežili z leseno klado in pustili sušiti 72 ur pri sobnih razmerah, temperaturi 21° C in relativni zračni vlažnosti pribl. 65 %.

Potem smo, najprej strojno, nato pa še ročno, zbrusili prečno površino. Z ročnim tračnim brusilnim strojem smo brusili z brusilnima papirjem grobe granulacije (zrnatosti) 100 in 180, ročno pa še z brusilnimi papirji srednje in fine granulacije 280, 500 in 800. Brušenje je bilo potrebno zato, da smo izravnali in zgladili površino, za fotografiranje, opazovanje in merjenje. Zahtevali smo vidljivost branik, ranega in kasnega lesa, smolnih kanalov ter debeline celičnih sten.

Za postopek datiranja smo izvrtke fotografirali in na fotografijah branike datirali. Fotografije smo posneli tako, da smo si na leseno podporo za orientacijo vpisali številke od ena do sedem. Na vsakem vzorcu smo posneli od tri do sedem fotografij, odvisno od dolžine vzorca. Fotografije so shranjene v arhivu Univerze v Alicanteju.



Slika 21: Priprava vzorcev (foto: Klemen Novak).

3.5 ANALIZA BRANIK

Najprej smo opravili analizo posnetkov lesa, kjer smo si s pomočjo računalniškega programa za urejanje slik Serif Photo Plus 6.0 na fotografijah zabeležili potrebne informacije: leto nastanka branike, manjkajoče in dvojne branike.

Pri tem smo uporabili že prej sestavljenе referenčne kronologije alepskega bora in pinije iz krajev Daroca in Guardamar. Datiranje smo vedno začeli z vzorcem, ki je imel največ branik. Ko smo ga navzkrižno datirali, smo zaporedja širin branik tega vzorca uporabili za datiranje vseh drugih vzorcev. Datiranje je potekalo od najmlajše branike, katera je nastala v rastni sezoni pred odvzemom vzorcev, proti strženu.

Vse ostale vzorce smo datirali s primerjavo s primerjalnim (referenčnim) vzorcem. Ker smo poznali leto nastanka zadnje branike pod skorjo, bi bilo datiranje ostalih branik enostavno, če ne bi bilo manjkajočih in nepravilnih branik. Zato smo morali biti pri datiranju pozorni mesto in širino branike in na bližino tipičnih širokih in ozkih branik. Pri tem smo določili katere branike manjkajo in katere branike so dvojne. Pri nekaterih drevesih se na dveh izvrtkih ista branika lahko zelo razlikuje, to pa predvsem zaradi naravnih variabilnosti po obodu drevesa, poškodb, reakcijskega lesa, poranitvenega lesa in drugih anomalij.

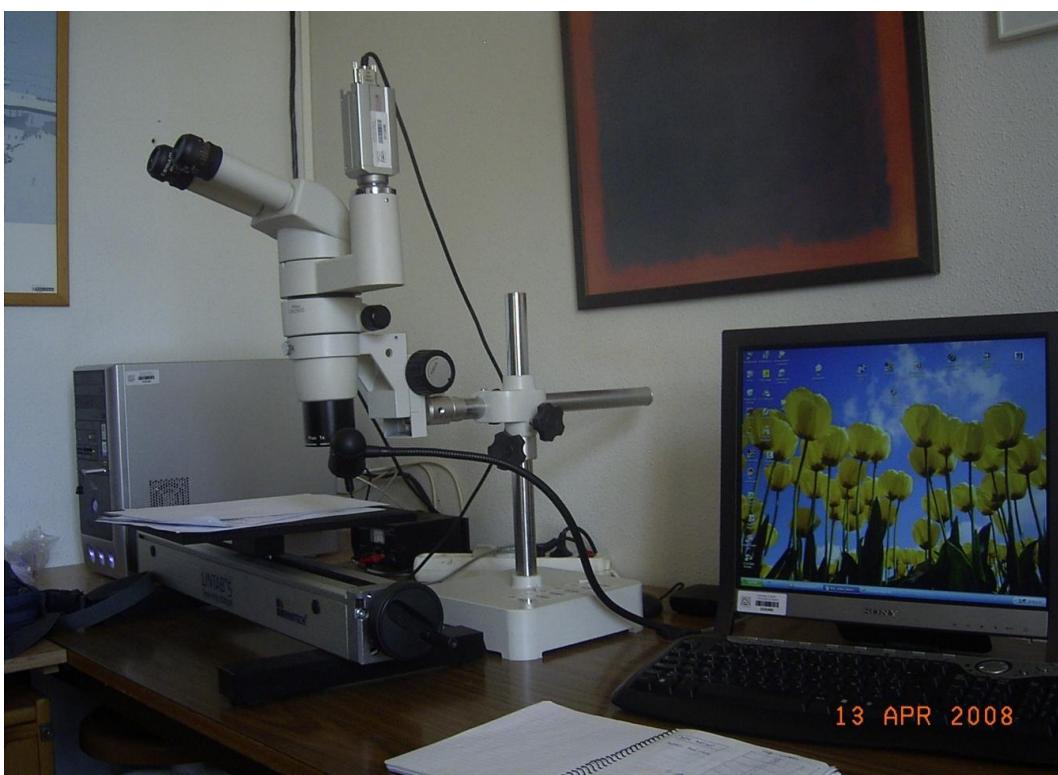
3.6 MERJENJE ŠIRIN BRANIK

Meritve širin branik smo opravili na Univerzi v Alicanteju.

Uporabljali smo naslednjo opremo:

- osebni računalnik z operacijskim sistemom Windows XP Home DSP in programom TSAPwin za merjenje širin branik,
- stereo mikroskop Nikon,
- merilno mizo znamke SCIEM (Scientific Engineering and Manufacture, 2009) razvito v sodelovanju z VIAS (Vienna Institute for Archaeological Science).

Širine branik smo merili tako, da smo opazovali zgradbo lesa skozi stereo mikroskop, opazovali analizirane fotografije vzorcev in s pritiskom na miškin gumb zabeležili letnico in s tem meritev oz. širino branike na 1/100 mm natančno. Mikroskop s pripadajočo merilno opremo je prek kabla povezan z osebnim računalnikom, kjer teče program TSAPwin, za zajem in obdelavo podatkov. Vzorce smo s pomočjo merilne mize premikali v smeri od oboda drevesa proti strženu. Merili smo širine ranega in kasnega lesa in širino branik. Iz merjenja so bili izvzeti vzorci kjer so bili prisotni reakcijski les, grče in druge anomalije.



Slika 22: Merilna oprema (foto: Miladin Jokić).

Vse podatke smo nato obdelali z različnimi matematično-statističnimi metodami, saj program TSAPwin omogoča prenos podatkov tudi v druge dendrokronološke in statistične programe. Meritve smo grafično preverili in jih, če je bilo potrebno, ponovili. Ko so bile meritve preverjene, smo podatke shranili. Podatki so bili tako pripravljeni za nadaljnjo obdelavo.

Drevesa oziroma njihovi vzorci, ki so imeli manj kot 50 let, niso bila vključena v analizo, saj prekratke serije širin branik niso uporabne za dendroklimatološke analize (Zajec, 2005).

3.7 SINHRONIZIRANJE IN OBDELAVA KRONOLOGIJ

Dobljena zaporedja širin branik vseh dreves iste vrste iz enega rastišča smo sinhronizirali in še enkrat preverili mesta z izpadlimi branikami. Krivulje (zaporedja širin branik) smo datirali in shranili kot izhodiščne podatke za nadaljnje delo.

Postopek sinhronizacije smo začeli tako, da smo iz baze podatkov izbrali najprej manj problematična zaporedja širin branik brez večjih nepojasnjениh odstopanj. Izbrana zaporedja so nam nato služila za osnovo in za primerjavo z ostalimi zaporedji. Postopek smo nadaljevali tako, da smo vedno izbrali po pet nedatiranih zaporedij in jih poskušali sinhronizirati z referenčnim zaporedjem. Ko smo našli sinhrono lego vseh petih zaporedijem, smo postopek nadaljevali z novo skupino, dokler nismo sinhronizirali vseh

zaporedij v izbrani bazi. Problematična zaporedja, ki jih nismo mogli datirali smo izključili iz nadaljnje obdelave.

Zaporedja širin branik, smo uvozili v program ARSTAN, ki nam je izračunal kronologije in statistične kazalnike zanje . Dobili smo tudi podatke za krivulje povprečnih vrednosti širin branik za posamezno drevo in celotno lokalno kronologijo za določeno drevesno vrsto. ARSTAN pravtako omogoča standardizacijo in izračun treh tipov kronologij, kronologijo širin branik (ARSTAN raw), standardno kronologijo (ARSTAN standard) in kronologijo statističnih ostankov (ARSTAN residual) (Holmes, 1994).

3.8 ANATOMSKA ANALIZA BRANIK

Za beleženje anatomskih anomalij, gostotnih fluktuacij in položaja ali pogostosti smolnih kanalov smo pripravili preglednico v kateri smo s kratkimi odgovori (0,1 ali 2) določili prisotnost in intenzivnost anatomske značilnosti. Beležili smo manjkajoče branike, različne tipe dvojnih branik, položaj ali pogostost smolnih kanalov v braniki, prehod med ranim in kasnim lesom ter mejo med dvema branikama. Po analizi vzorcev, smo pripravili atlas anatomskih anomalij, ki je prikazan v poglavju rezultati. Atlas smo opremili s slikami posnetimi na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani, ter s poimenovanjem in opisom anomalij. Analiza je tudi podlaga za določitev gostotnih fluktuacij v braniki (ang. intra-annual density fluctuations IADF) pri alepskem boru in piniji ter za iskanje razlik med izbranimi rastiščema. Pri anatomske analizi smo opisali 9167 branik in za vsako odgovorili na dvajset vprašanj.

Na sliki 23 si lahko ogledamo preglednico z znaki za anatomsko analizo, z rdeče označeno manjkajočo braniko, ki jo določajo stolpci brez podatkov (nd- no data) in modro označeno zadnjo priraslo braniko v drevesu, na vzorcu izvraka pinije iz Daroce (DPP).

Slika 23: Preglednica za anatomsko analizo branik.

Z anatomsko analizo smo začeli od stržena (najstarejše branike) do kambija (najmlajše branike), tako smo lažje sledili anatomskim spremembam in rasti drevesa.

Preglednica 2 predstavlja razlago kratic, ki jih vsebuje anatomska analiza. V preglednici z anatomsko analizo, so podatki nanizani v stolpcih za vsako braniko posebej.

Preglednica 2: Preglednica z razlago 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 drevesne vrste, 01-številka dřevesa,
B	Year / n°	Pripravno leto opazovane branike.	1897-2007
C	TP / tipe	Prehod med braniko, ki je prirastila 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 (inicial).	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 / tipe	Prehod med opazovano braniko in braniko, ki je prirastila 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 manjkajočih (izpadlih) branik.	0- ne vsebuje, 1- vsebuje
V	PIC	Dober primer za izdelavo fotografije.	PIC

3.9 KLIMATSKI PODATKI

Uporabljene so bile lokalne klimatske serije INM (Instituto nacional de meteorología) za Daroco in Guardamar, predstavljene v mesečnih intervalih za obdobje od 1936 do 2004. Za analize smo uporabili statistično harmonizirane rezultate za obe območji, sestavljene iz večih lokalnih klimatskih postaj, prikazane v Gonzalez-Hidalgo in sod. 2009 (v tisku) in De Luis in sod. 2009 (v tisku).

Uporabljeni klimatski podatki za Daroco in Guardamar so bili:

- časovna vrsta skupnih mesečnih padavin za obdobje 1936-2004
- časovna vrsta povprečnih mesečnih temperatur za obdobje 1936-2004
- časovna vrsta maksimalnih mesečnih temperatur za obdobje 1936-2004
- časovna vrsta minimalnih mesečnih temperatur za obdobje 1936-2004

3.10 DENDOKLIMATOLOŠKA ANALIZA

V dendrokronologiji pogosto ugotavljamo povezave med časovnimi vrstami klimatskih podatkov in kronologijami širin branik za določeno obdobje. Pri tem uporabljamo korelacijske in odzivne funkcije; to so zaporedja koeficientov, izračunanih med kronologijo in mesečnimi klimatskimi spremenljivkami v mesecih od rastne sezone prejšnjega do rastne sezone tekočega leta (npr. Berdajs, 2008).

Za vsako klimatsko serijo smo testirali homogenost z uporabo Alexanderssonovega testa (Alexandersson, 1986). S standardizacijo posamezne klimatske serije in izračunom njenega povprečja smo dobili regionalni klimatski niz podatkov za obdobje 1936-2004.

Program DENDROCLIM 2002 omogoča statistično analizo zvez za širinami branik in klimo z izračunom korelacijskih in odzivnih funkcij. Za določanje značilnosti korelacijskih in odzivnih vrednosti program uporablja 95 % območje zaupanja, pri čemer se zanesljivost rezultatov izboljša po metodi Bootstrap. Vrednosti koeficientov lahko izračunamo za posamezni interval ali pa za več časovnih intervalov, kar omogoča tudi analizo časovnega spremenjanja značilnih vplivov.

Pridobljene klimatske podatke za obravnavane lokacije smo skupaj s kronologijo tipa RES (arstan residual) obdelali s programom DENDROCLIM 2002. Z izračunom korelacijskih in odzivnih koeficientov smo iskali statistično značilne zvez za širino branik in klimatskimi dejavniki: povprečno mesečno temperaturo ter skupno mesečno količino padavin v posameznih mesecih od septembra predhodnega do novembra tekočega leta. Predvidevali smo, da zunanji pogoji v teh mesecih lahko vplivajo na rast branike tekočega leta. S pomočjo analize z odzivno funkcijo smo ugotovljali, kateri klimatski dejavniki vplivajo na rast branik in kakšna je stopnja njihovega vpliva.

Vhodni podatki za program DENDROCLIM 2002 so bili:

- časovna vrsta maksimalnih mesečnih temperatur za obdobje 1936-2004
- časovna vrsta minimalnih mesečnih temperatur za obdobje 1936-2004
- časovna vrsta povprečnih mesečnih temperatur za obdobje 1936-2004

- časovna vrsta skupnih mesečnih padavin za obdobje 1936-2004
- kronologija tipa ARSTAN residual (RES), ki smo jo za posamezno lokacijo izračunali s pomočjo programa ARSTAN

V programu smo določili še vplivne mesece na rast tekoče branike (od septembra predhodnega 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.

Na koncu je sledilo še izvrednotenje rezultatov. Za grafični prikaz rezultatov smo uporabili programy Sigma Plot in Excel. Oba programa smo uporabili za izdelavo diagramov in analizo podatkov.

4 REZULTATI

4.1 KRONOLOGIJE ŠIRIN BRANIK

4.1.1 Sestava kronologije za pinijo iz Daroce

Prvi rezultat je sestava kronologije širin branik ter širin ranega in kasnega lesa za pinije (*Pinus pinea*) iz Daroce. Kronologije dreves alepskega bora iz Daroce in obeh vrst iz Guardamarja pa so bile že sestavljene.

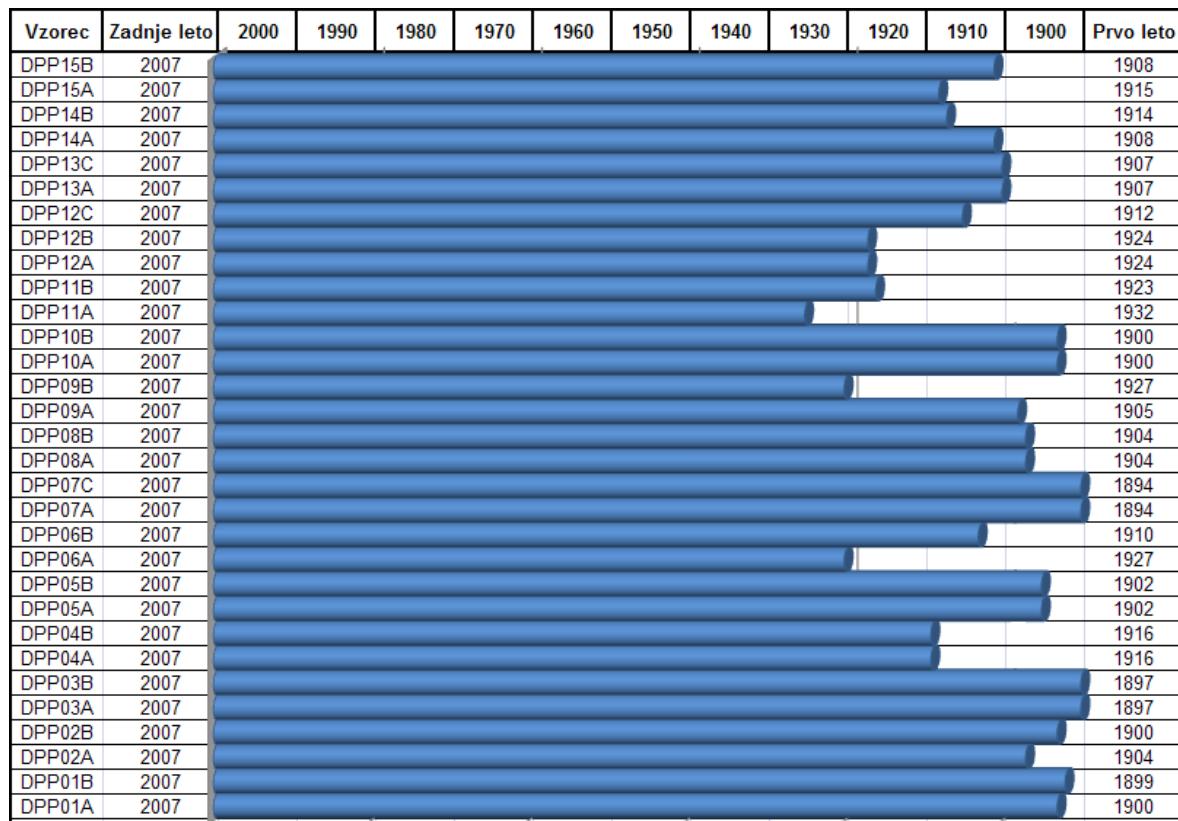
Preglednica 3: Izvrтки pinije (*Pinus pinea*) iz sestoja v Daroci in podatki o branikah

Št.	Vzorec	Št. Branik	Prvo leto	Zadnje leto
1	DPP01A	107	1900	2007
2	DPP01B	108	1899	2007
3	DPP02A	103	1904	2007
4	DPP02B	107	1900	2007
5	DPP03A	110	1897	2007
6	DPP03B	110	1897	2007
7	DPP04A	91	1916	2007
8	DPP04B	91	1916	2007
9	DPP05A	105	1902	2007
10	DPP05B	105	1902	2007
11	DPP06A	80	1927	2007
12	DPP06B	97	1910	2007
13	DPP07A	113	1894	2007
14	DPP07C	113	1894	2007
15	DPP08A	103	1904	2007
16	DPP08B	103	1904	2007
17	DPP09A	102	1905	2007
18	DPP09B	80	1927	2007
19	DPP10A	107	1900	2007
20	DPP10B	107	1900	2007
21	DPP11A	75	1932	2007
22	DPP11B	84	1923	2007
23	DPP12A	83	1924	2007
24	DPP12B	83	1924	2007
25	DPP12C	95	1912	2007
26	DPP13A	100	1907	2007
27	DPP13C	100	1907	2007
28	DPP14A	99	1908	2007
29	DPP14B	93	1914	2007
30	DPP15A	92	1915	2007
31	DPP15B	99	1908	2007

V raziskavo je bilo vključenih 30 odvzetih vzorcev, ki so bili odvzeti iz 15 dreves sredi meseca oktobra (19.10.2007).

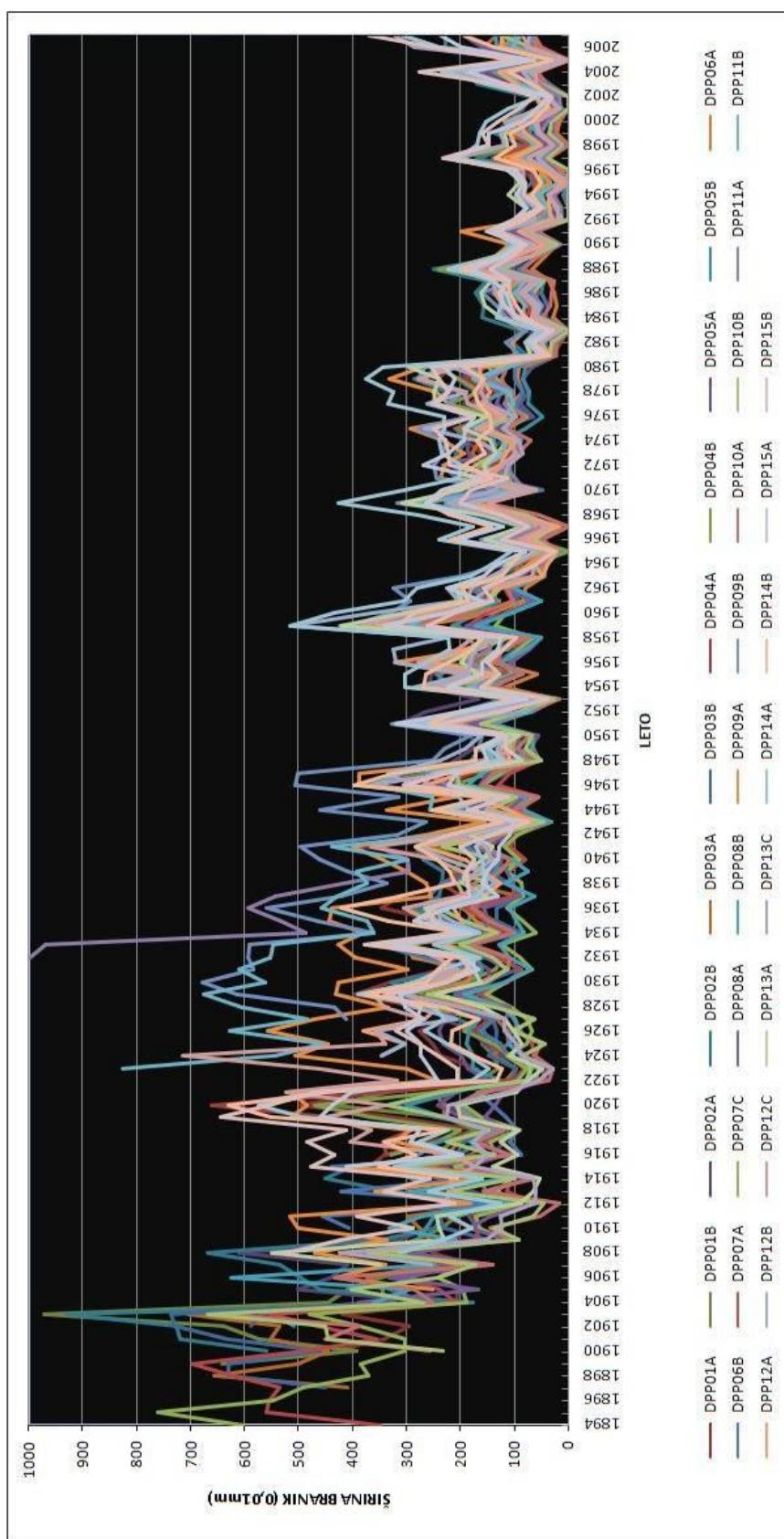
Iz Preglednice 3 je razvidna zaporedna številka in ime izvrtna, kateri sledi število izmerjenih branik, leto prve branike in leto zadnje branike.

Podrobnejši podatki o dataciji so prikazani na Sliki 24, iz katere je tudi razvidno, da smo kronologijo širin branik, ki temelji vsaj na dveh drevesih, lahko sestavili za obdobje 1894-2007.

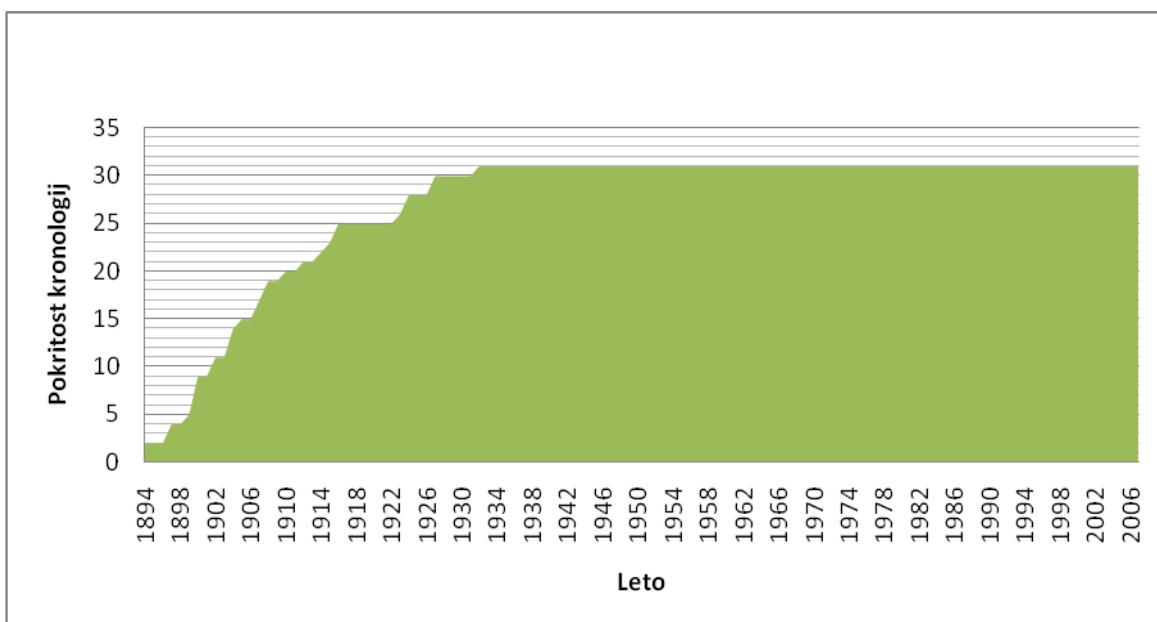


Slika 24: Časovni razpon zaporedij širin branik vseh izvrtkov pinije (*Pinus pinea*) iz sestoja v Daroci.

Na Sliki 25 so prikazana sinhronizirana in datirana zaporedja širin branik vseh izvrtkov, pri čemer je razvidno, da se je število branik v prsnvi višini (1,3 m) med drevesi precej razlikovalo. Iz slike je razvidno, da so bili vzorci širin branik skladni in da je pri vseh zadnjih branika nastala v letu 2007. Širine branik so v povprečju znašale 1,63 mm, maksimalna 9,71 mm (leta 1903) ter minimalna širina normalne branike 0,17 mm (leta 1912). Minimalna širina branike je 0 mm, saj so to izpadle branike. Bolj pogosti izpadi so bili zabeleženi v letih 1983, 1995 in 2005, pri več drevesih niso nastale branike 1965, 1967, 1992, 1993, 1996, 1998 in 2002.



Slika 25: Datirana zaporedja širin branik vseh izvrtkov pinije iz sestaja v Daroci.



Slika 26: Pokritost (št.dreves) kronologije DAR-PIPI za pinijo, sestoj Daroca.

Kronologija je dolga 109 let in je dobro pokrita za obdobje 1894-2007.

Podatke smo nato vstavili v program Arstan in izračunali štiri tipe kronologij.

Posamezni statistični kazalniki kronologije so prikazani v Preglednici 4.

Preglednica 4: Statistični parametri kronologije širin branik za pinijo (*Pinus pinea*) iz Daroce, program ARSTAN (RAW- kronologija širin branik, STD- standardna kronologija, RES- kronologija statističnih ostankov, AR- avtoregresivna kronologija)

	RAW	STD	RES	AR
Časovni razpon	1894-2007	1894-2007	1894-2007	1894-2007
Število dreves	15	15	15	15
Število izvrtkov	31	31	31	31
Skupno število branik	3076	3076	3076	3076
Število izpad. branik	40	40	40	40
Srednja vrednost	1,635	0,990	1,002	0,989
Mediana	1,416	0,963	0,990	0,958
Srednja občutljivost	0,463	0,427	0,461	0,461
Standardna deviacija	1,143	0,391	0,385	0,429
Avtokorelacija 1. reda	0,650	0,150	-0,200	0,180

Iz preglednice je razvidno, da je kronologija v vseh primerih dolga 109 let (1894-2007) in temelji na 3076 širinah branik iz 31 izvrtkov iz 15 dreves, ter da je bilo zabeleženo 40 manjkajočih (izpadlih) branik, srednja vrednost širine branik pa je bila 1,635 mm. (Kronologija RAW) srednja občutljivost je 0,461 pri kronologiji tipa "ARSTAN residual", pri ostalih kronologijah pa 0,427 do 0,463.

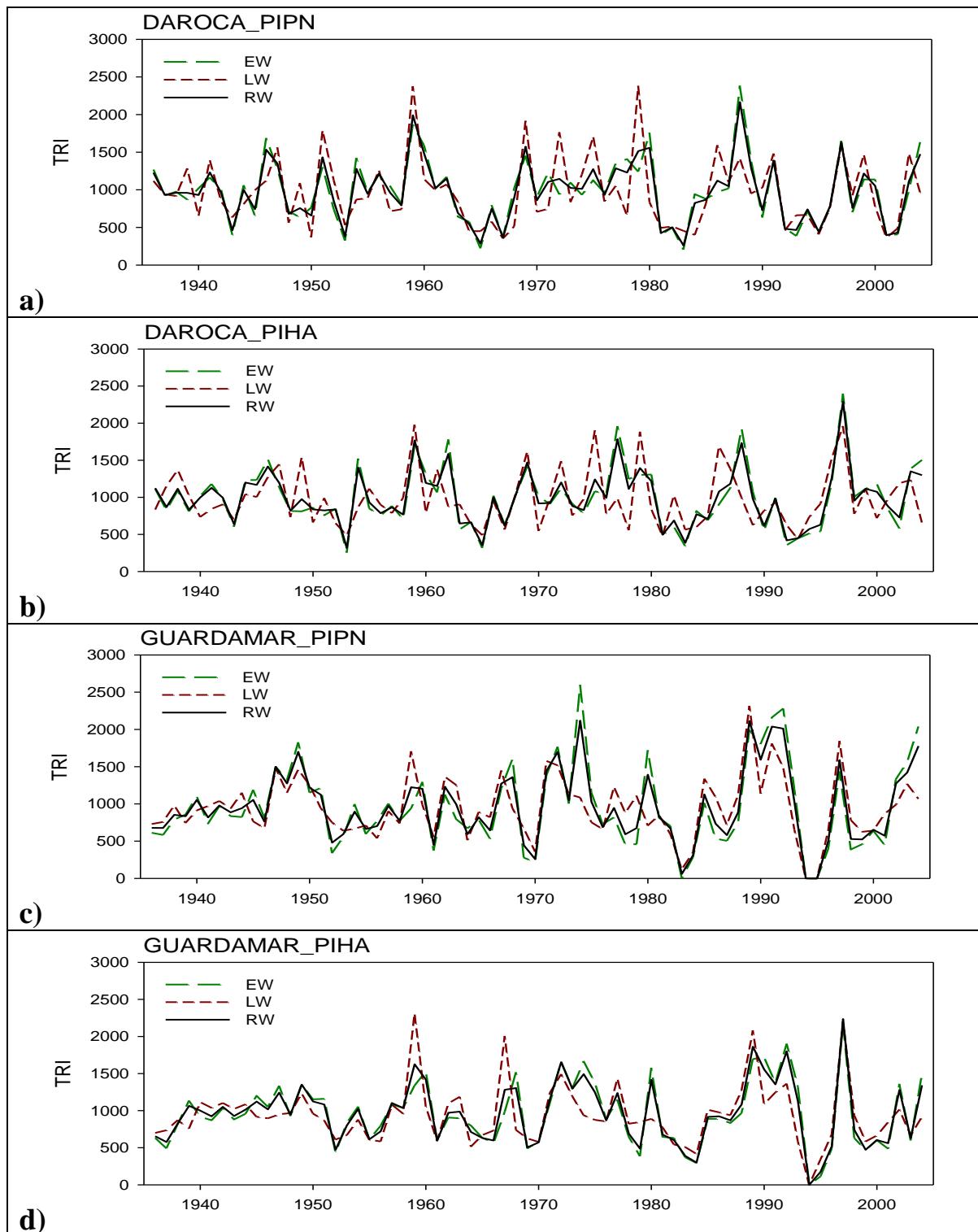
4.1.2 Sestava ostalih kronologij

Kronologije dreves alepskega bora (*Pinus halepensis*) iz Daroce (14 dreves oz. 25vzorcev) so bile že sestavljene v februarju (2007), pinije (*Pinus pinea*) iz Guardamarja (14 dreves oz. 26 vzorcev, leto) januarja (2003) in alepskega bora (*Pinus halepensis*) iz Guardamarja (11 dreves oz. 32 vzorcev) pa že januarja (2001).

4.1.3 Statistični kazalniki kronologij

Preden začnemo s primerjavo odvisnosti širin branik ter ranega in kasnega lesa iz vseh kronologij je potrebno prikazati statistiko in analizo kronologij, ter izračunati potrebne kazalnike za nadaljne delo. V vseh primerih smo delali s STANDARD kronologijami. Vsa statistika in analiza je bila narejena za skupno ponavljajoče obdobje ($\text{EPS} > 0.85$) za 1936-2004.

Izračunali smo tri različne STANDARD kronologije (slika 27), širine ranega lesa (EW- earlywood: označeno s zeleno prekinjeno črto), širine kasnega lesa (LW- latewood: označeno s rdečo prekinjeno črto) in širine branik (RW- ring width: označeno s črno polno črto), pri drevesnih vrstah pinije iz Daroce (a), alepskega bora iz Daroce (b), pinije iz Guardamarja (c) in alepskega bora iz Guardamarja (d).



Slika 27: ARSTAN standardne kronologije pinije (*Pinus pinea*, PIPI) in alepskega bora (*Pinus halepensis*, PIHA) v Daroci in Guardamarju.

V preglednici 5 so prikazane statistične vrednosti srednja občutljivost (MS) in srednja soodvisnost (MC) za vse standardne kronologije širin branik (RW), ranega lesa (EW) in kasnega lesa (LW) za obe drevesni vrsti (pinija, alepski bor) in obe področji (Daroča, Guardamar). Iz preglednice 5 je razvidno, da imajo vse kronologije dokaj visoko srednjo občutljivost (MS), ki prikazuje visoko odvisnost kronologij ranega lesa, kasnega lesa in širin branik od klimatskih dejavnikov. Višje kot so vrednosti MS, večje je odstopanje vrednosti kronologij širin glede na spremembo klimatskih dejavnikov.

Visok MC nakazuje visoko podobnost med kronologijami ranega lesa, kasnega lesa in širin branik. MC pojasnjuje tudi odstopanja kronologij posameznih dreves od celote, nižja vrednost MC pomeni večje odstopanje.

Preglednica 5: Srednja občutljivost (MS) in srednja soodvisnost (MC) za standardne kronologije širin branik (RW), ranega lesa (EW) in kasnega lesa (LW) za pinijo (*Pinus pinea*) in alepski bor (*Pinus halepensis*) iz Daroce in Guardamarja

	Srednja občutljivost	Srednja soodvisnost med drevesi
	MS	MC
GUA_piha_EW	0.4200	0.607
GUA_piha_LW	0.3327	0.415
GUA_piha_RW	0.3638	0.615
GUA_pipn_EW	0.4709	0.668
GUA_pipn_LW	0.3568	0.490
GUA_pipn_RW	0.3991	0.649
DAR_piha_EW	0.4129	0.829
DAR_piha_LW	0.4289	0.678
DAR_piha_RW	0.3764	0.817
DAR_pipn_EW	0.4183	0.799
DAR_pipn_LW	0.4608	0.686
DAR_pipn_RW	0.3868	0.802

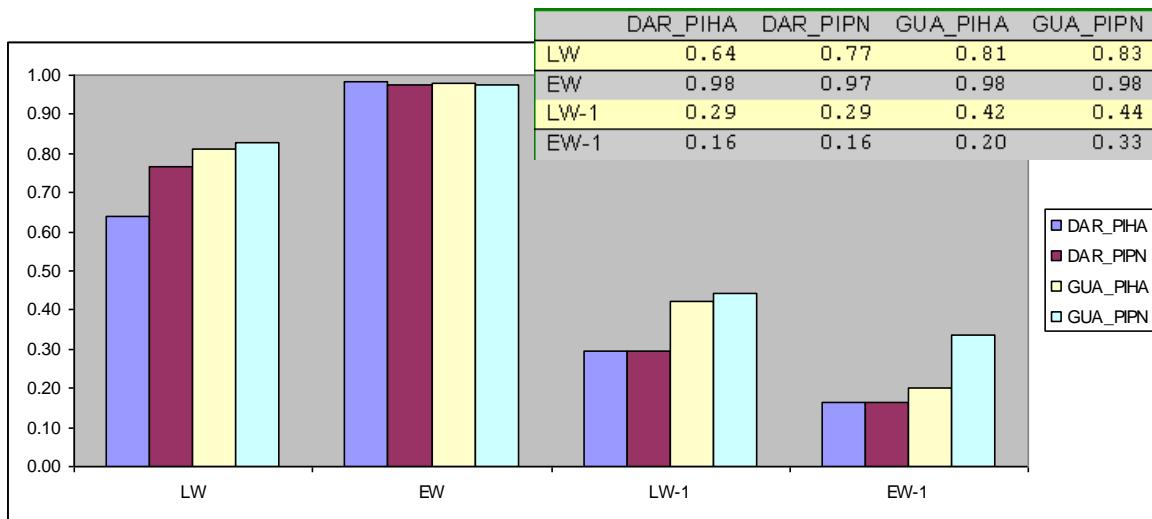
Iz preglednice je razvidna nekoliko nižja vrednost za srednjo občutljivost kronologij kasnega lesa iz Guardamarja pri obeh drevesnih vrstah. Razvidna je tudi nižja vrednost srednje soodvisnosti med drevesi iz Guardamarja.

4.1.4 Zveze med kronologijami

Preglednica 6 prikazuje korelacije med kronologijami pinije in alepskega bor z dveh rastišč. Rezultati kažejo visoka korelacijska vrednosti med obema vrstama na istem rastiču, zveza med kronologijami iste vrste na različnih rastiščih pa ni bila potrjena. To nakazuje, da so razmere za nastanek branik na obeh območjih zelo različne. To ne preseneča, saj gre za rastišči iz dveh različnih biografskih regij.

Preglednica 6: Korelacija med kronologijami pinije (*Pinus pinea*) in alepskega bora (*Pinus halepensis*) iz Daroce in Guardamarja

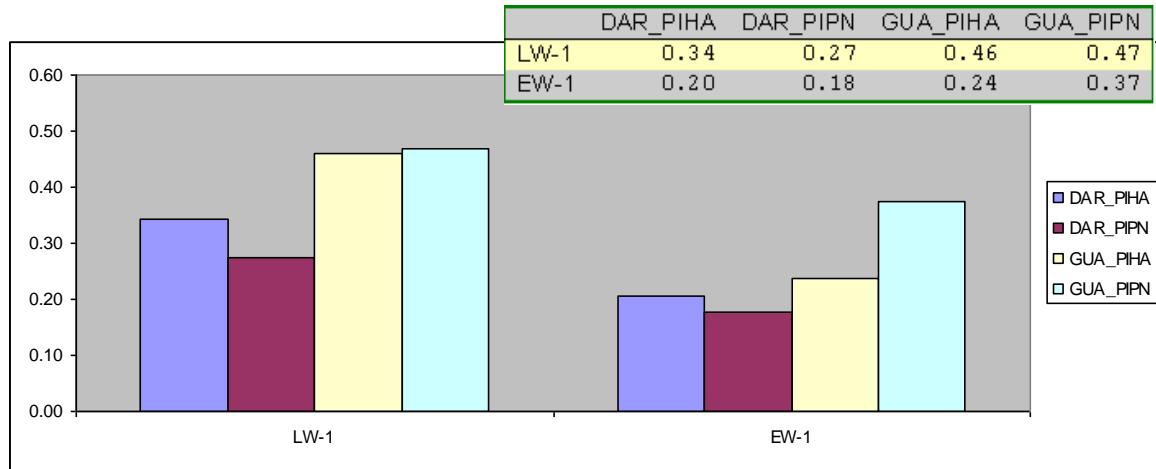
	dar_piha	dar_pipn	gua_piha	gua_pipn
dar_piha	1.00	0.81	0.31	0.16
dar_pipn		1.00	0.33	0.24
gua_piha			1.00	0.86
gua_pipn				1.00



Slika 28: Zveza (korelacijski koeficienti) med kronologijo širin branik in kronologijami za kasni les tekočega leta (LW), rani les tekočega leta (EW), kasni les predhodnega leta (LW-1), rani les predhodnega leta (EW-1). DAR Daroca, GUA Guardamar, PIHA *Pinus halepensis*, PIP *Pinus pinea*.

Iz slike je razvidno, da je širina branike visoko odvisna od širine ranega lesa v tekočem letu (EW) pri vseh primerih. Prav tako je ugostovljena visoka korelacija med širinami branik v Guardamarju s širino kasnega lesa (LW).

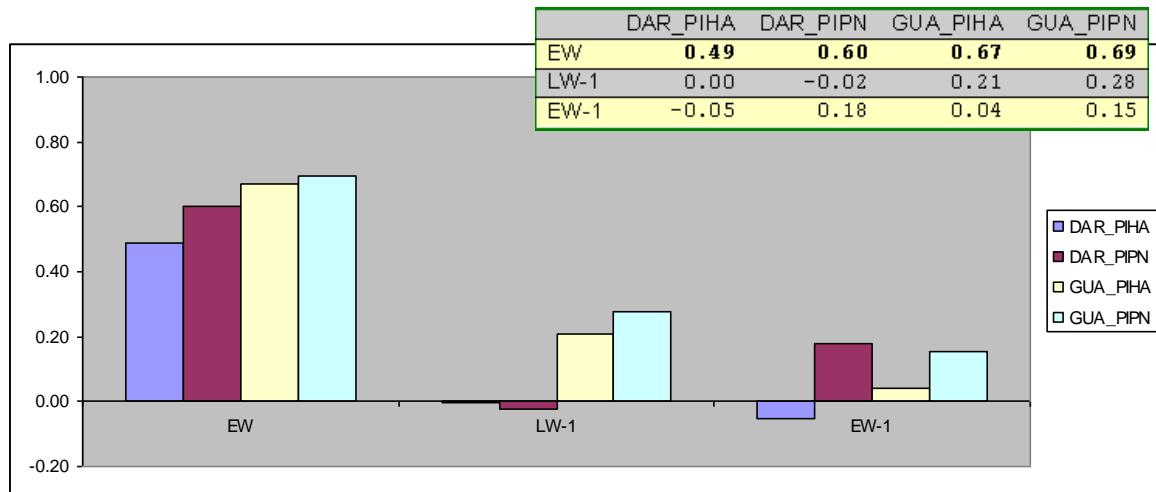
Širina kasnega lesa prejšnjega leta (LW-1) ima tudi vpliv na širino branike tekočega leta (predvsem v Guardamarju). Ocenujemo da je predhodnje leto zelo pomembno, za širino branike in za akumulacijo hrane, ki se je akumulirala v prejšnji jeseni. Prav tako je pomembno, da se ta efekt bolj pojavlja v Guardamarju (toplejše podnebje), kjer je rastna sezona morda tudi podaljšana skozi celo sezono.



Slika 29: Zveza med kronologijo širin ranega lesa in kronologijami predhodnjega leta za kasni les predhodnega leta (LW-1), rani les predhodnega leta (EW-1). DAR Daroca, GUA Guardamar, PIHA *Pinus halepensis*, PIPN *Pinus pinea*.

Iz slike je razvidno, da je širina ranega lesa (predvsem v Guardamarju) visoko povezana s širino kasnega lesa prejšnje letne sezone (LW-1), izražen je vpliv prejšnje jeseni.

Pravtako je pomemben prirastek ranega lesa prejšnje letne sezone (EW-1) (pomen razmer v prejšnjem letu).



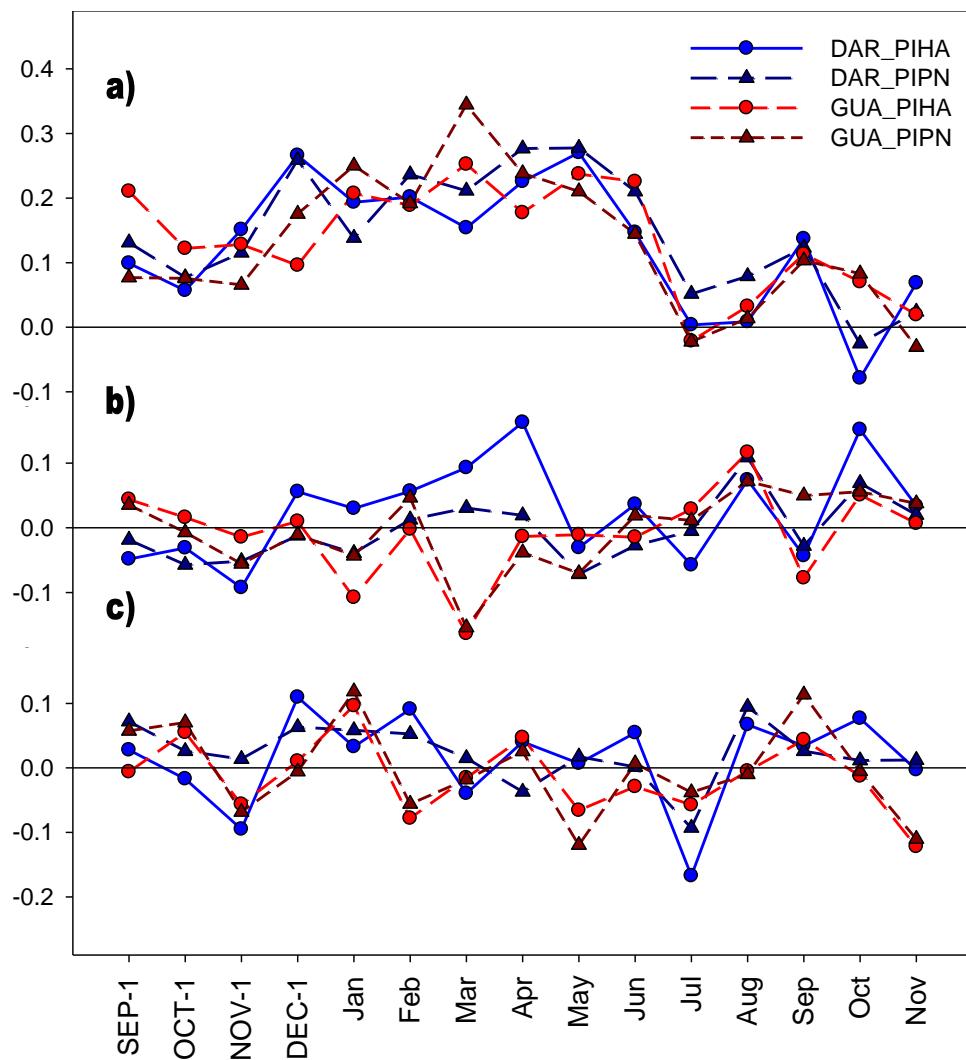
Slika 30: Zveza (korelacijski koeficienti) med med kronologijo širin kasnega lesa in kronologijami za rani les tekočega leta (EW), kasni les predhodnega leta (LW-1), rani les predhodnega leta (EW-1). DAR Daroca, GUA Guardamar, PIHA *Pinus halepensis*, PIPN *Pinus pinea*.

Na sliki je vidno, da je širina kasnega lesa (predvsem v Guardamarju in pri piniji) visoko povezana z ranim lesom EW. Nastanek kasnega lesa je odvisen ne samo od jesenskih vremenskih razmer, ampak tudi spomladanskih vremenskih razmer predhodnega leta.

Pravtako je tudi v tem primeru širina ranega lesa v zvezi s širino kasnega lesa prejšnje letne sezone (LW-1), izražen je vpliv prejšnje jeseni. Korelacijski koeficienti za zvezo med širinami kasnega lesa in prirastkom ranega lesa prejšnje letne sezone (EW-1) pa imajo nižje vrednosti.

4.2 VPLIV KLIME NA BRANIKE

4.2.1 Vpliv klime na širino branik (RW)

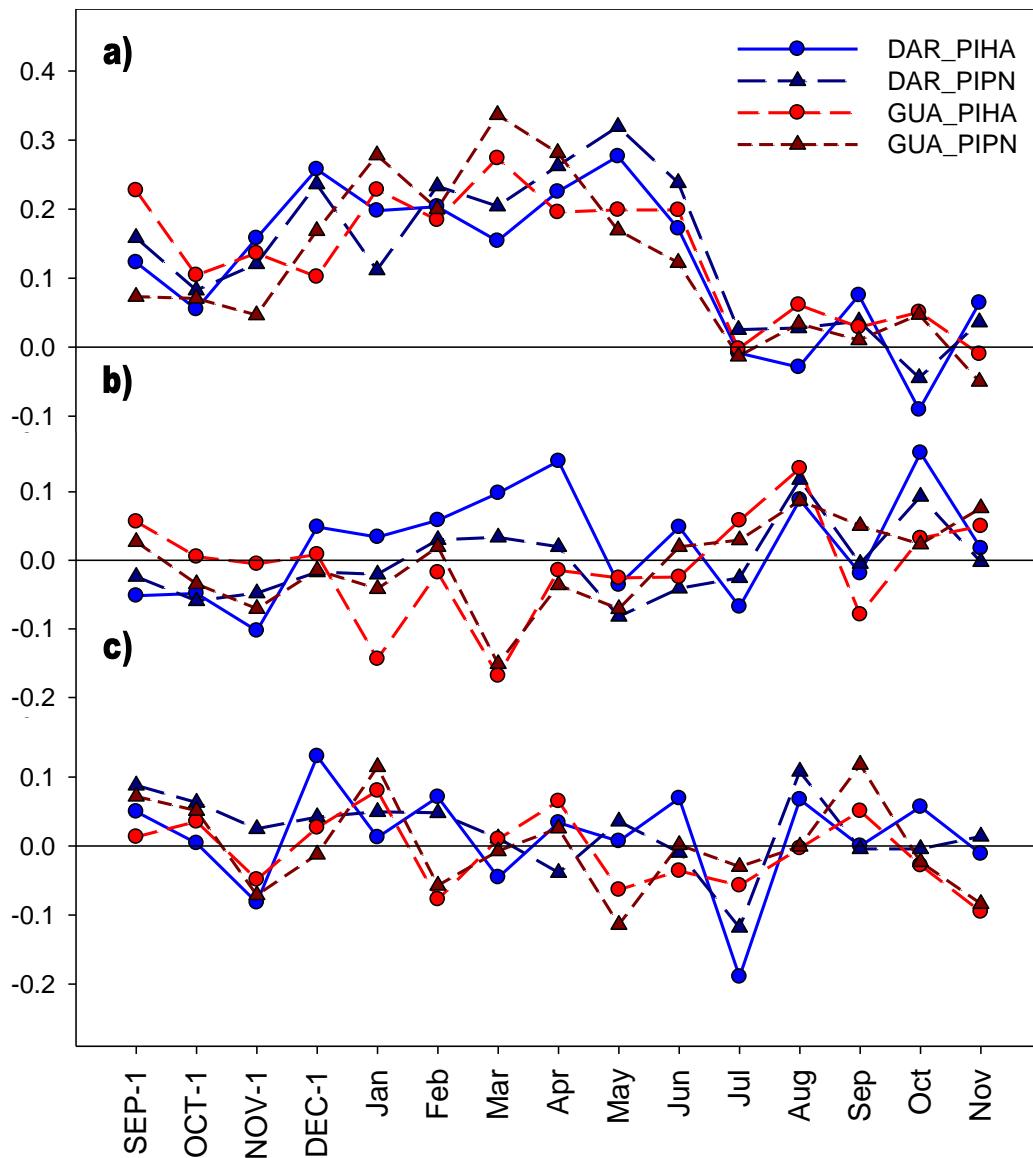


Slika 31: Vpliv klime (korelacijski koeficienti) na širino branik pri piniji (*Pinus pinea*, PIPI) in alepskem boru (*Pinus halepensis*, PIHA) iz Daroce (DAR) in Guardamarja (GUA). (a) za padavine, (b) maksimalne temperature in (c) minimalne temperature.

Ugotovljen je bil visok vpliv padavin (od prejšnjega decembra do tekočega junija) pri obeh vrstah in območjih, kar je še bolje razvidno v prilogah od B do M.

Ugotovljen je bil negativen vpliv maksimalne temperature v mesecu marcu v Guardamarju.

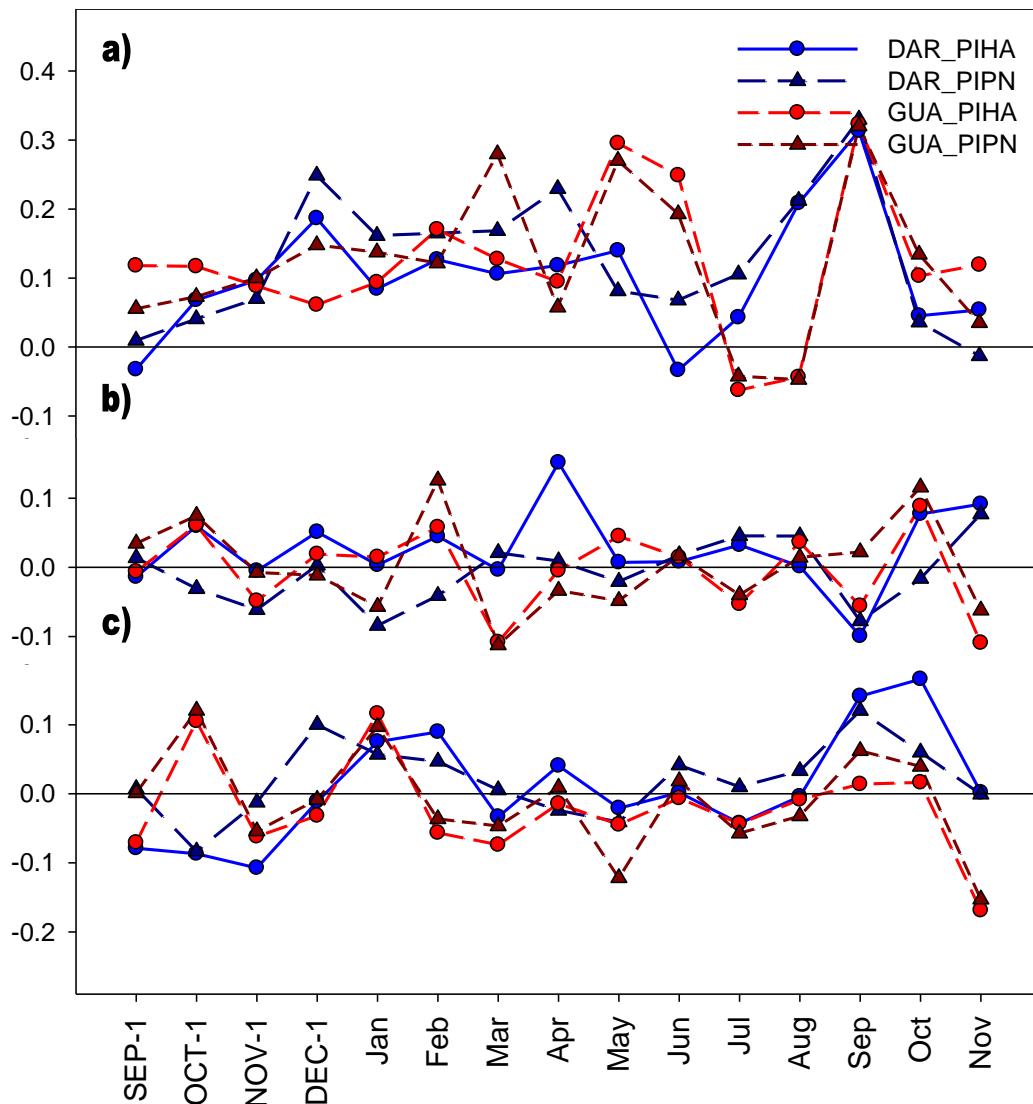
4.2.2 Vpliv klime na prirastek ranega lesa (EW)



Slika 32: Vpliv klime (korelacijski koeficienti) na širino ranega lesa pri piniji (*Pinus pinea*, PIPI) in alepskem boru (*Pinus halepensis*, PIHA) iz Daroce (DAR) in Guardamarja (GUA). (a) za padavine, (b) maksimalne temperature in (c) minimalne temperature.

Vidni so podobni signali vpliva klime kot pri širini branik (RW), to je visok vpliv padavin (od prejšnjega decembra do letošnjega junija) in negativen vpliv maksimalne temperature marca v Guardamarju. Negativen vpliv minimalne temperature julija v Daroci. Pri obeh vrstah na istem rastišču so opazni podobni signali, obstajajo pa razlike med območjem.

4.2.3 Vpliv klime na prirastek kasnega lesa (LW)



Slika 33: Vpliv klime (korelacijski koeficienti) na širino kasnega lesa pri piniji (*Pinus pinea*, PIPI) in alepskem boru (*Pinus halepensis*, PIHA) iz Daroce (DAR) in Guardamarja (GUA). (a) za padavine, (b) maksimalne temperature in (c) minimalne temperature.

Opazni so podobni signali vpliva klime kot pri širini branik (RW). Pomen septembrskih padavin (jesenska rezerva).

Majske in junijске padavine zelo vplivajo na drevesa na rastišču Guardamar. Nastanek kasnega lesa se verjetno začne bolj zgodaj v Guardamarju zaradi minule poletne suše (če upoštevamo, da je v Daroci padavinsko obdobje v poletju in Guardamarju v jeseni).

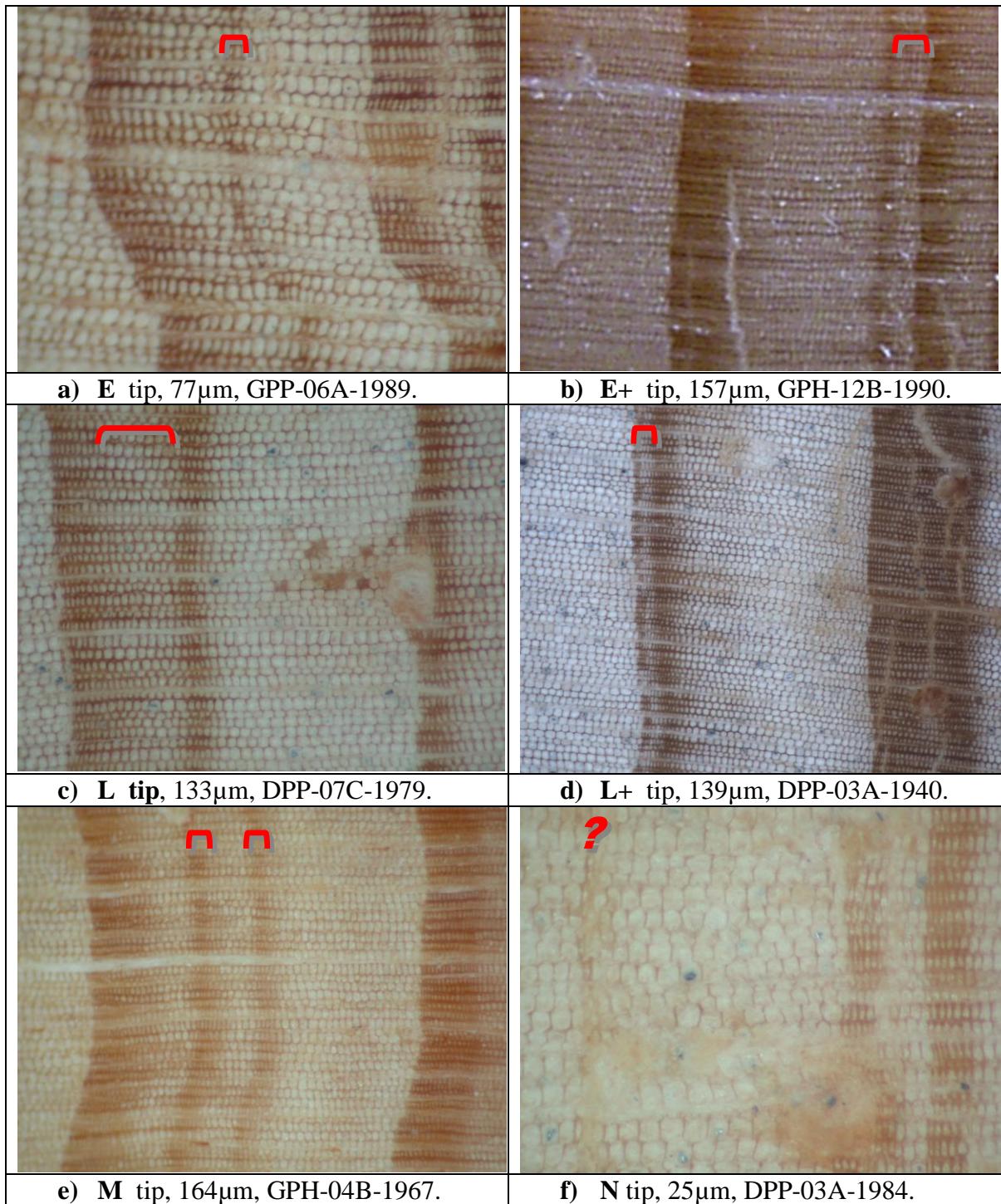
V Daroci na širino kasnega lesa vplivajo predvsem padavine v avgustu, kar pa ne velja za Guardamar. Septembrske in tudi oktobrske padavine vplivajo na širino kasnega lesa v Guardamarju.

4.3 SLIKOVNI ATLAS ANATOMSKIH ANOMALIJ

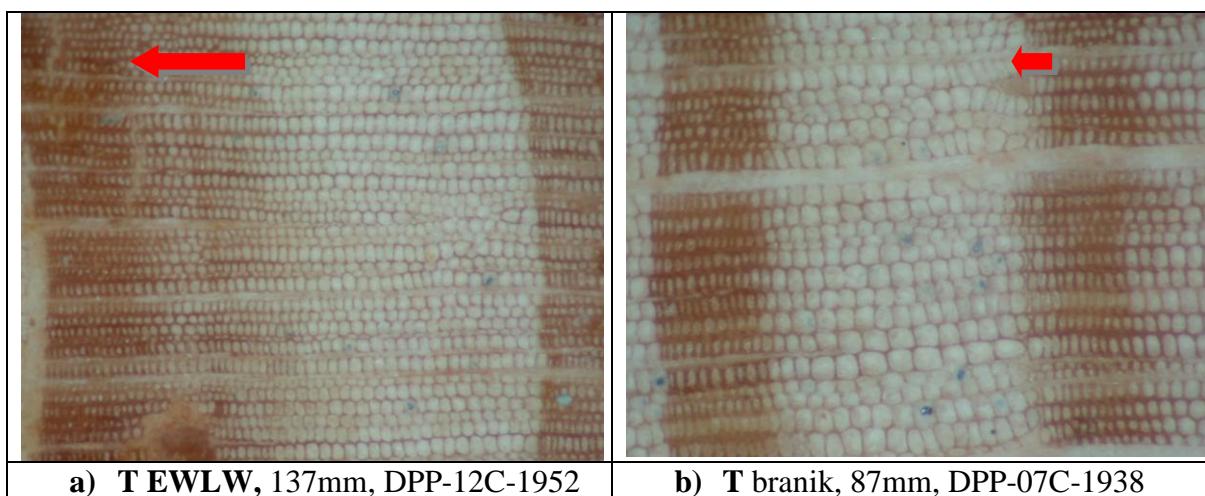
V nadaljevanju prikazujemo seznam in opis najpogostejših anatomskeih anomalij v lesu pinije in alepskega bora.

1. Lažna branika v ranem lesu (E).
Dvojna branika tipa E vsebuje pas celic (traheid) podobnih kasnemu lesu znotraj ranega lesa.
2. Lažna branika v začetku ranega lesa (E+).
Dvojna branika tipa E vsebuje pas celic podobnih kasnemu lesu znotraj ranega lesa ob začetku rastne sezone.
Tip branike E+ se je pojavil le tri krat, zato ni bil predmet nadaljne raziskave.
3. Lažna branika v kasnem lesu (L).
Dvojna branika tipa L vsebuje pas celic podobnih ranemu lesu znotraj kasnega lesa.
4. Lažna branika ob koncu kasnega lesa (L+).
Dvojna branika tipa L vsebuje pas celic podobnih ranemu lesu znotraj kasnega lesa ob koncu rastne sezone.
Tip branike L+ se je pojavil le osem krat, zato ni bil predmet nadaljne raziskave.
5. Lažne večkratne (multiple) branike (M).
Multipla branika tipa M prikazuje več plasti celic podobnih ranemu lesu znotraj kasnega lesa, ali eno tako plast hkrati s plastjo celic podobnih ranemu lesu znotraj kasnega lesa.
Tip M tako predstavlja dva tipa E ali en tip E in tip L skupaj v eni braniki. Tip branike M se je pojavil premalokrat, da bi bil predmet nadaljne raziskave.
6. Nepopolna branika (N).
Nepopolna branika je branika, v kateri manjka kasni ali rani les. V literaturi se pojavlja omemba svetla branika (Angl. Light ring), ki ima kasni les nekoliko svetlejši oz. s tanjšimi celičnimi stenami kot ponavadi. Nepopolna branika tako ne vsebuje kasnega lesa, možno je le prepoznati plast nekoliko drugačnih celic ranega lesa. Zelo pomembno je nameniti pozornost nepopolni braniki pri sestavi kronologije, če je ne prepoznamo jo lahko pomotoma zabeležimo kot manjkajočo braniko.
7. Postopen prehod med ranim in kasnim lesom (T EWLW).
Veliko krat sem naletel na postopen prehod med ranim in kasnim lesom.
8. Postopen prehod med branikami (TP ali TN).
Veliko krat smo naleteli tudi na postopen prehod med branikami. V tem primeru letnica ni bila ostra. Pojav predstavlja anomalijo v rasti, saj nam otežuje razmejevanj branik in merjenje njihovih širin, zato dendrokronološka analiza ni mogoča.

Slike 34 in 35 predstavljata (zgoraj že opisane) pomembne anatomske anomalije, ki sem jih našel v vzorcih. Pod vsako sliko je naveden tip anomalije, širina opazovane branike (v μm) in njena koda.



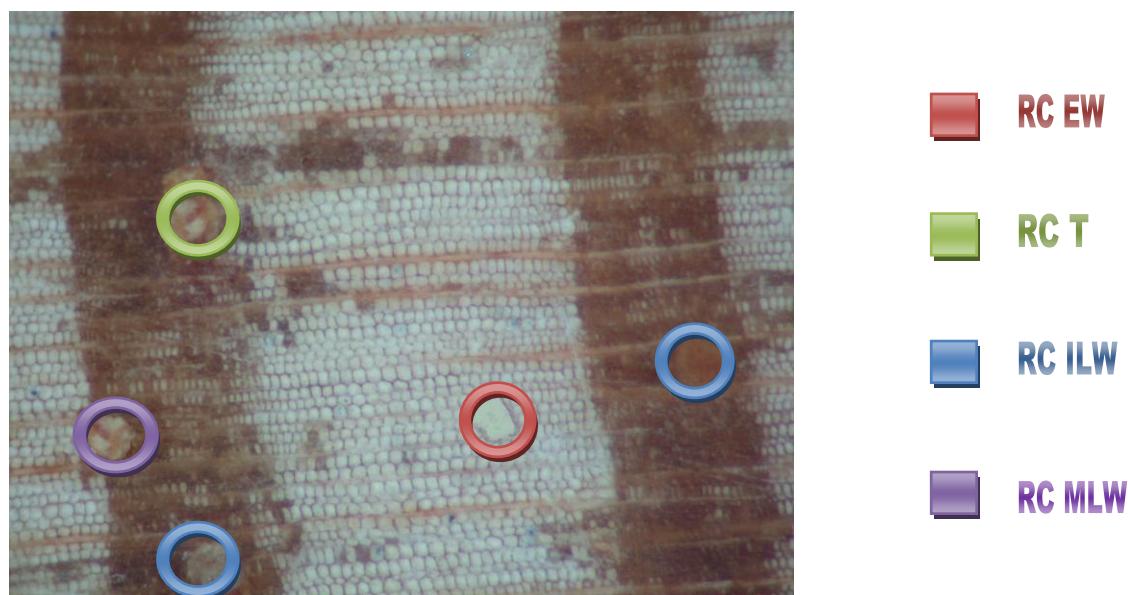
Slika 34: Slike anatomskih anomalij tipa E (a), E+ (b), L (c), L+ (d), M (e) in N (f).



Slika 35: Slika postopnega prehoda med ranim in kasnim lesom (a), ter dvema branikama (b).

Ugotovili smo, da je položaj smolnih kanalov znotraj branike lahko zelo različen (slika 36). Ker so po nekaterih virih smolni kanali odziv na poškodbe in stres smo skušali ugotoviti ali klimatske razmere (vročina in suša) med rastno sezono vplivajo na nastanek smolnih kanalov. V ta namen smo uredili atlas možnih položajev smolnih kanalov:

1. Smolni kanali v ranem lesu (RC EW).
2. Smolni kanali na prehodu med ranim in kasnim lesom (RC T).
3. Smolni kanali ob začetku kasnega lesa (RC ILW).
4. Smolni kanali ob koncu kasnega lesa (RC MLW).



Slika 36: Slika možnih položajev smolnih kanalov v braniki.

4.4 ANALIZA ANATOMSKIH POSEBNOSTI IN VPLIV KLIME

Da bi prikazali rezultate vpliva klime na anatomske posebnosti je potrebno prikazati klimatske dejavnike, ki vplivajo nanje.

Slika 37 prikazuje klimatogram za Daroco, na abscisi je prikazano leto, na levi ordinati so padavine, na desni pa temperatura. Slika 38 prikazuje klimatogram za Guardamar, na abscisi je prikazano leto, na levi ordinati so padavine, na desni pa temperatura.

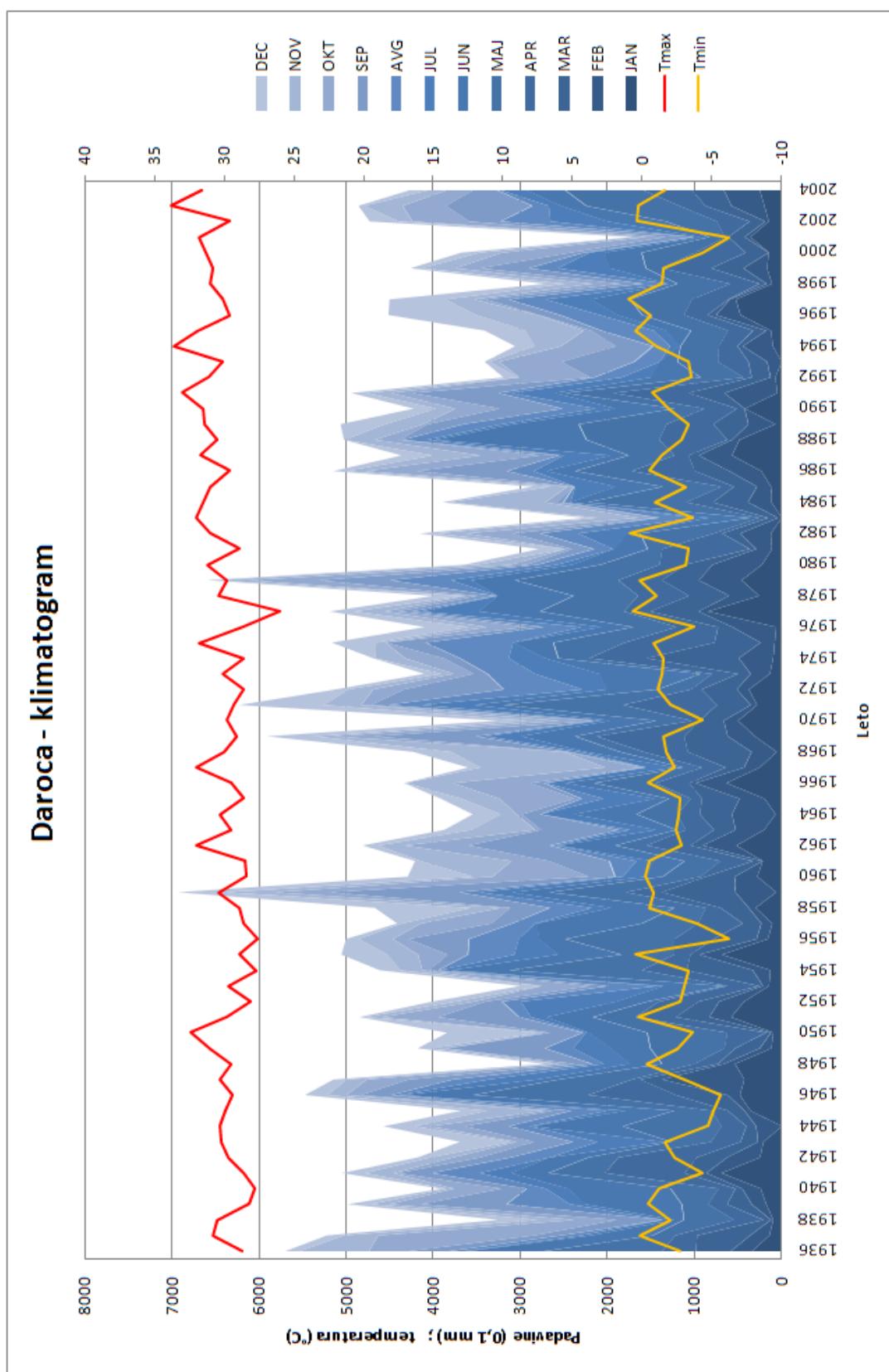
Sliki prikazujeta skupne letne količine padavin, različni odtenki modre pa predstavljajo količino padavin v določenem mesecu. Na grafu so prav tako prikazane minimalne (oranžna črta) in maksimalne (rdeča črta) temperature za določeno leto.

Na prikazanih klimatogramih so lepo vidna posamezna odstopanja od povprečja, ki so verjetno pomembna pri nadaljnjem razumevanju nastanka lažnih ali manjkajočih branik ter ostalih anatomskeih anomalij.

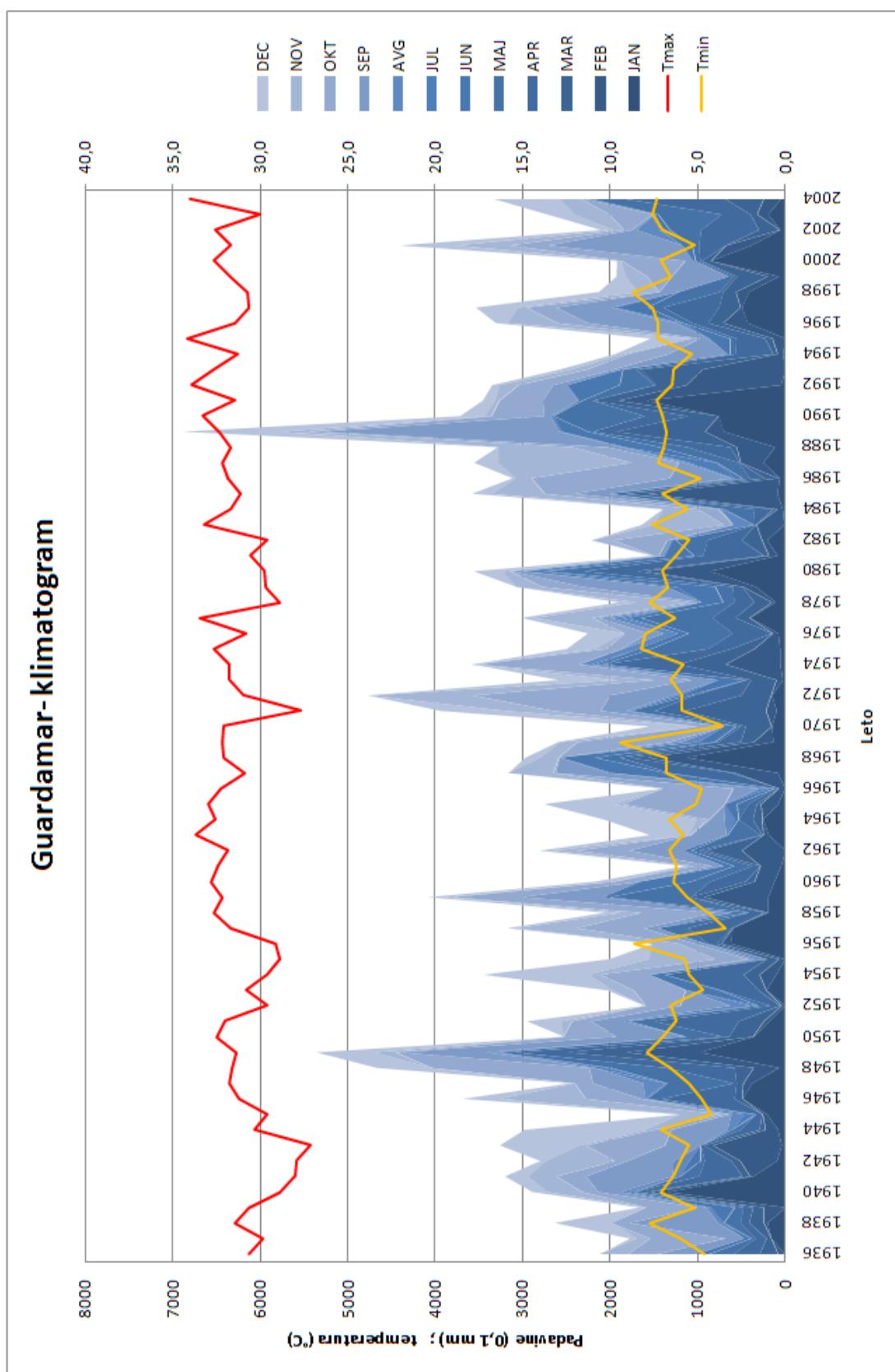
Zelo pomembna odstopanja v Daroci predstavljajo padavine v posameznih letih. Veliko padavin so zabeležili v letih 1936, 1946, 1959, 1971 in 1979, zelo nizke pa leta 1983 in 2001. V letih 1955, 1977, 1982, 1995, 1997, 2002 in 2003 minimalna temperatura ni bila nižja od 0°C.

V Guardamarju so zabeležili veliko padavin v letih 1948, 1949, 1972, in 1989 zelo malo pa v letih 1945, 1961, 1966, 1984 in 1995.

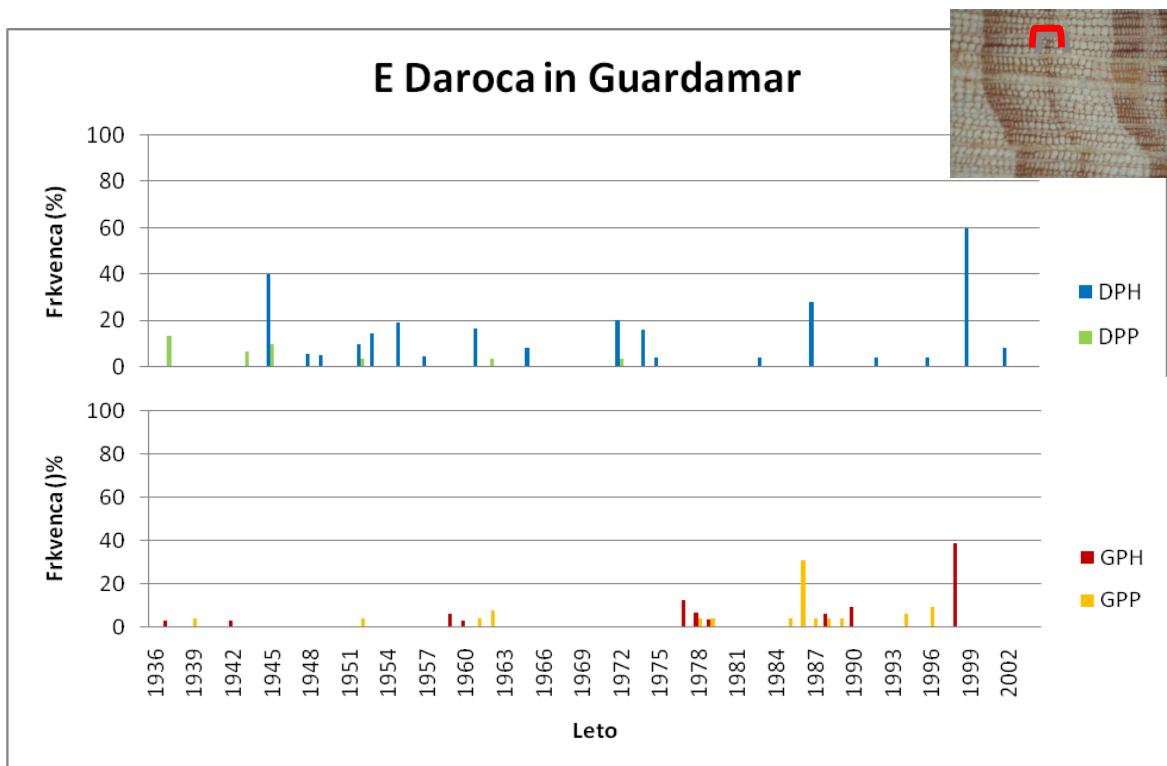
Na slikah od 39 do 46 so prikazane analize anatomskih posebnosti v lesu na leto natančno datiranih branik. Vsaka od slik predstavlja odstotek vzorcev pri katerih se v določenem letu pojavlja določena anatomska posebnost.



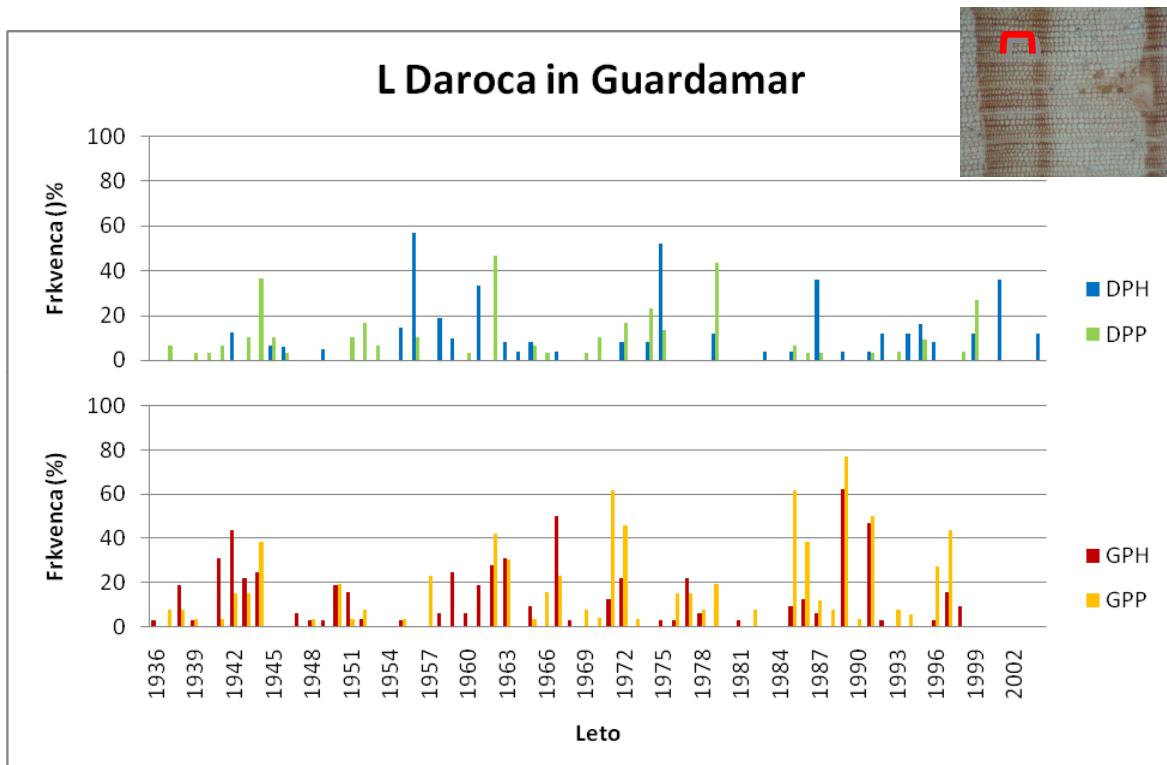
Slika 37: Klimatogram za Daroco.



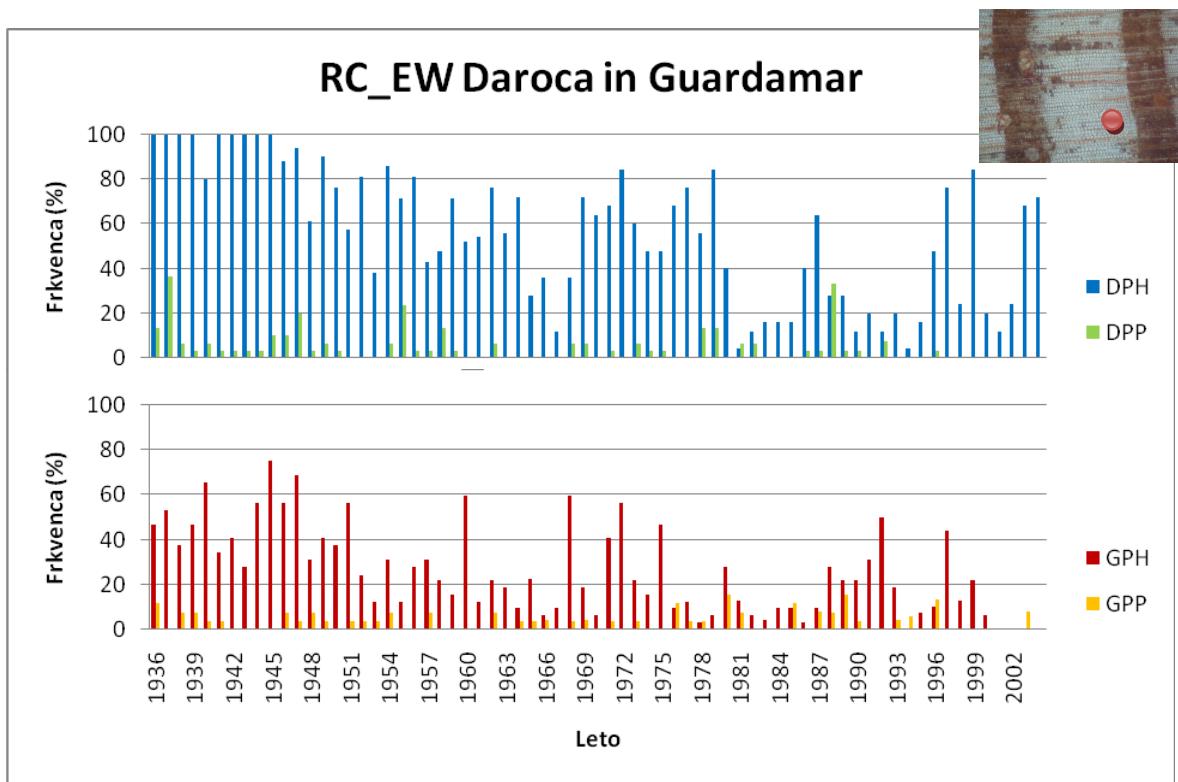
Slika 38: Klimatogram za Guardamar.



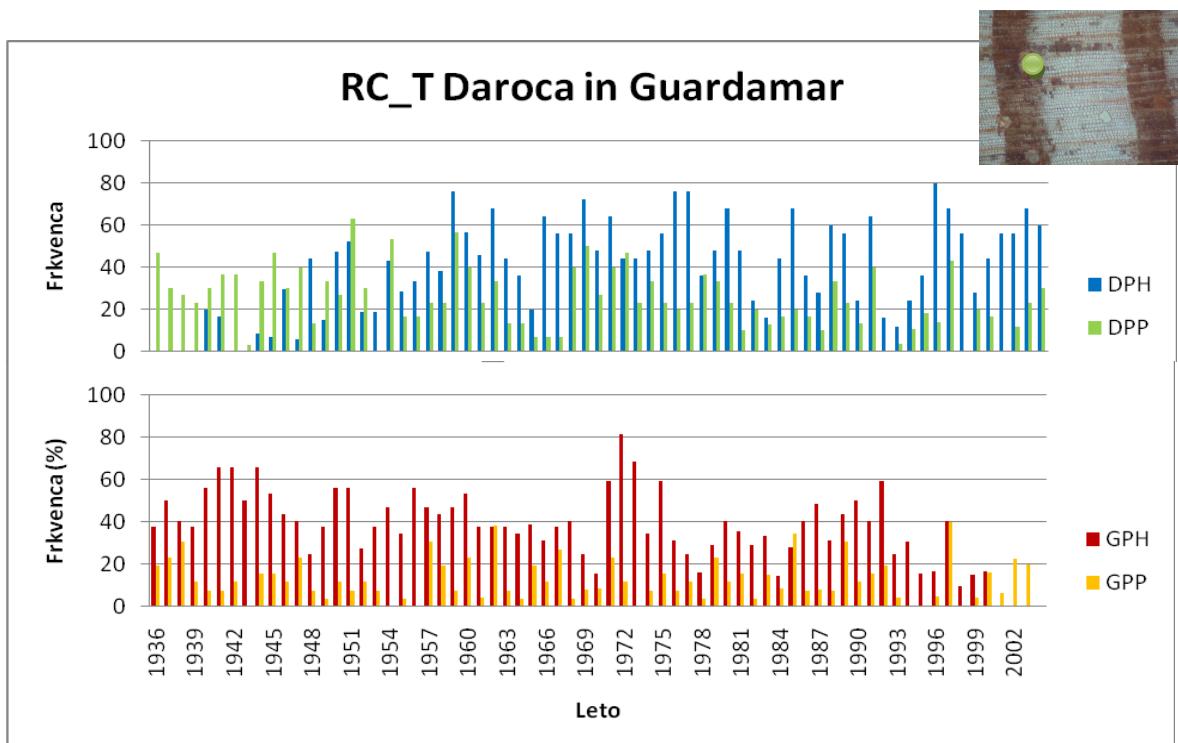
Slika 39: Frekvenca E branik.



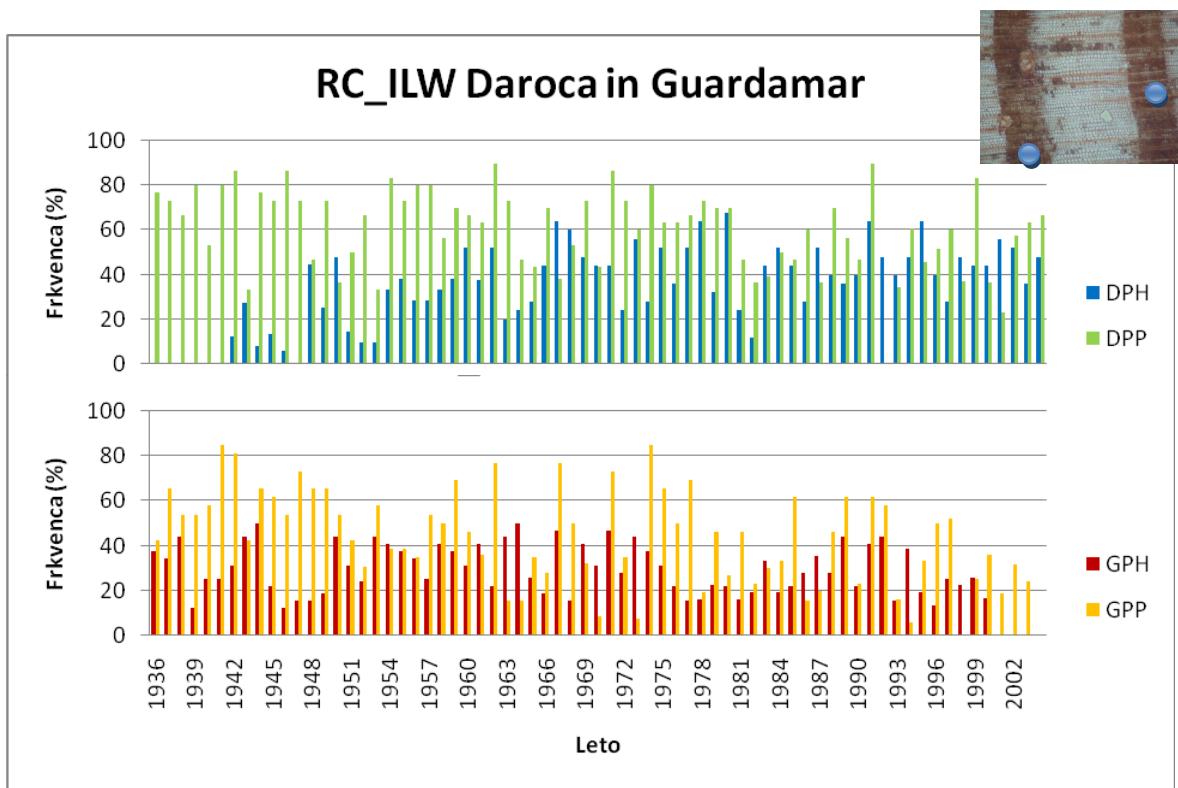
Slika 40: Frekvenca L branik.



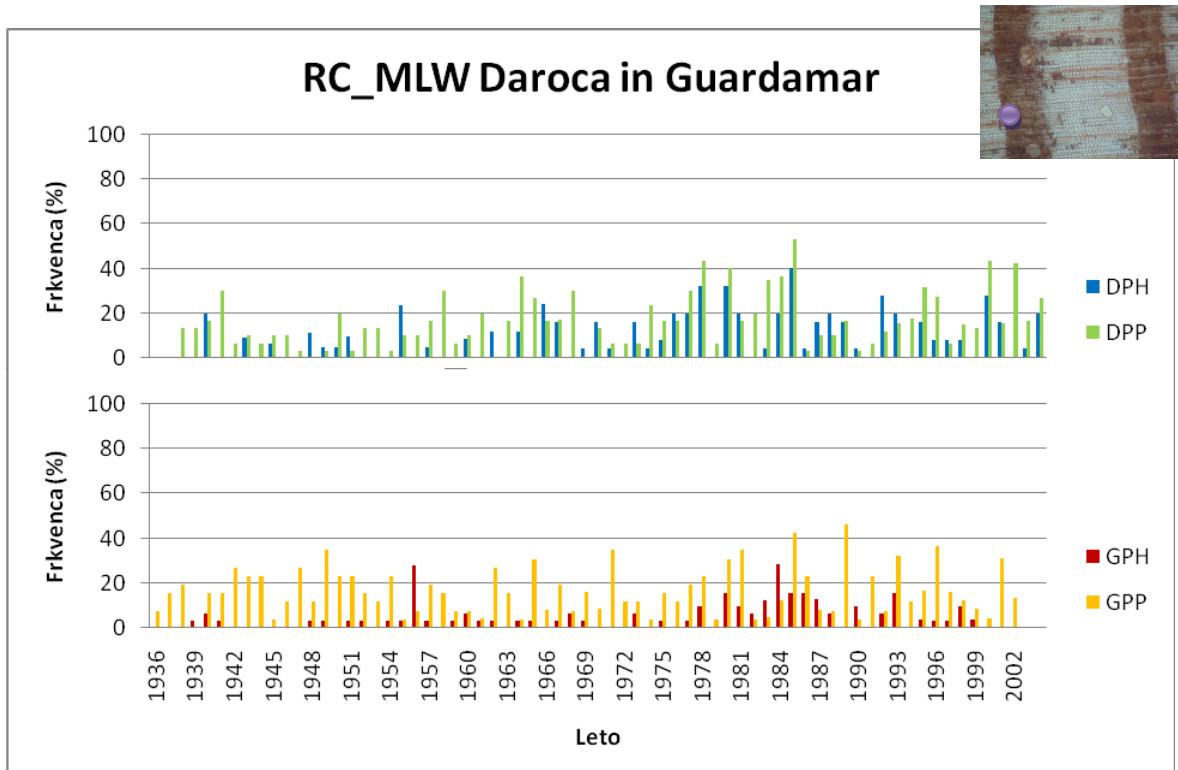
Slika 41: Frekvenca smolnih kanalov v ranem lesu.



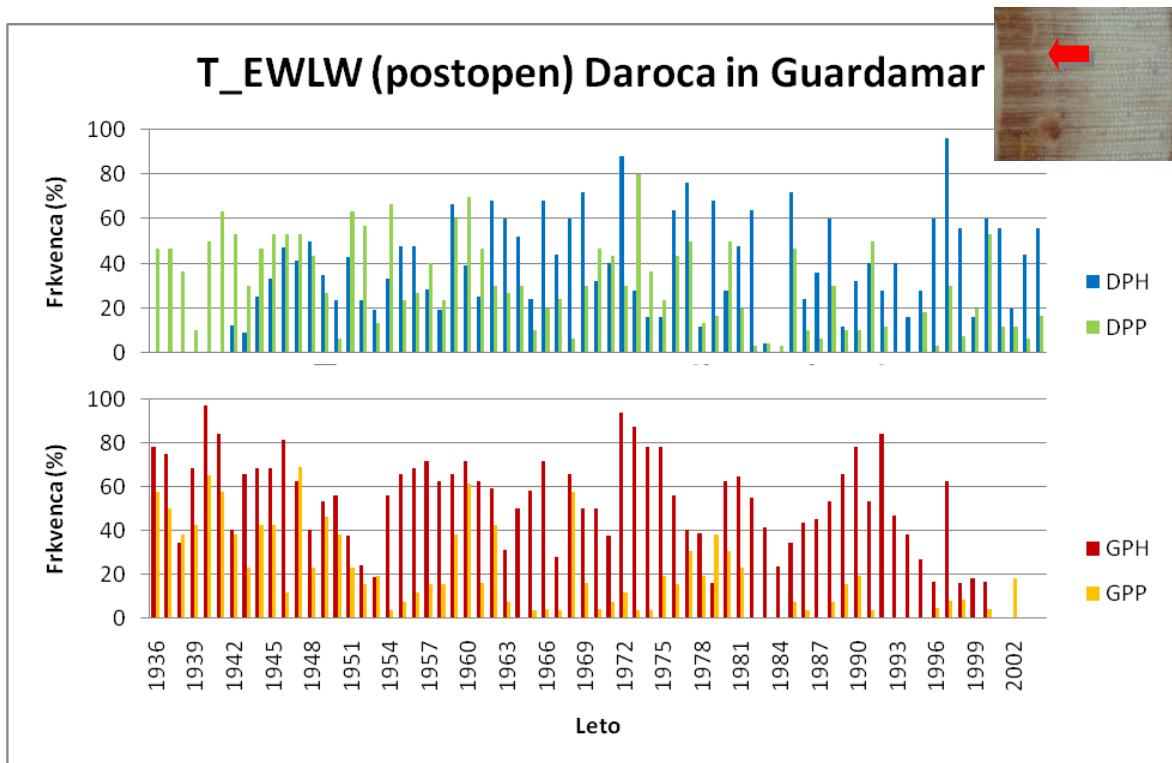
Slika 42: Frekvenca smolnih kanalov na prehodu iz ranega lesa v kasni.



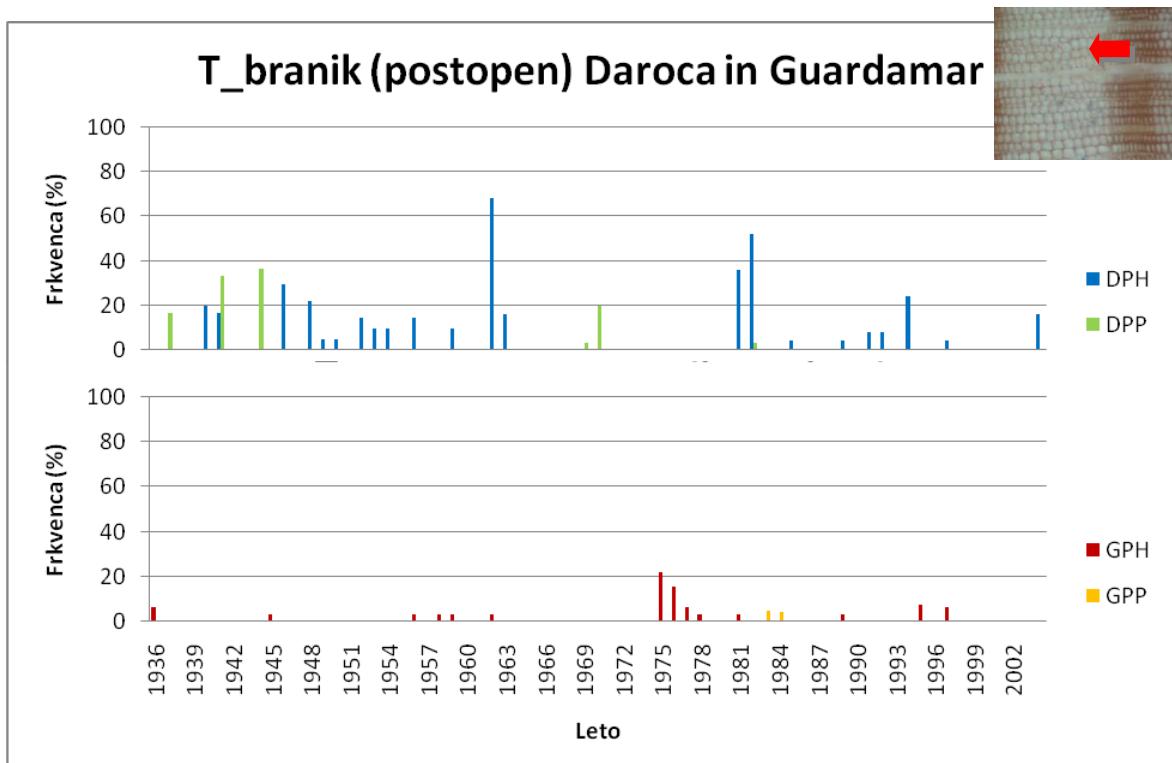
Slika 43: Frekvenca smolnih kanalov v začetku kasnega lesa.



Slika 44: Frekvenca smolnih kanalov v zaključnem delu kasnega lesa.



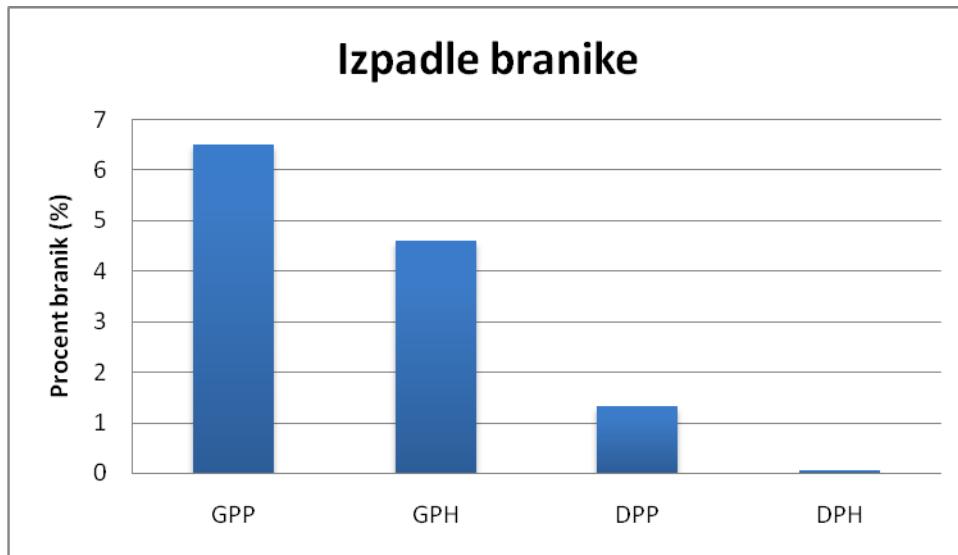
Slika 45: Frekvenca branik s postopnim prehodom iz ranega v kasni les.



Slika 46: Frekvenca branik s postopnim prehodom med sosednjima branikama.

4.5 IZPADLE BRANIKE

Raziskali smo pogostost izpadlih branik preračunanih na celotno število analiziranih branik (slika 47). Največ branik je izpadlo pri piniji iz Guardamarja (GPP), nato pri alepskem boru iz Guardamarja (GPH) in pri piniji iz Daroce (DPP). Najmanj izpadlih branik je bilo pri alepskem boru iz Daroce (DPH).



Slika 47: Pogostost izpadlih (manjkajočih) branik pri piniji iz Guardamarja (GPP), alepskem boru iz Guardamarja (GPH), pri piniji iz Daroce (DPP) in pri alepskem boru iz Daroce (DPH).

Izpadle branike so veliko bolj pogoste v Guardamarju kot v Daroci, prav tako so bolj pogoste pri piniji (*Pinus pinea*) kot pa pri alepskemu boru (*Pinus halepensis*).

Večjo pogostotst manjkajočih branik v Guardamarju bi lahko pripisali bolj sušni klimi, pri čemer se zdi pinija bolj občutljiva drevesna vrsta kot alepski bor.

4.6 BRANIKE TIPA E IN L

V nadaljevanju prikazujemo grafe kjer je na ordinatni osi (pokončno) prikazan odstotek letnih prirastkov (branik), kjer se določena značilnost oz. anomalija pojavlja.

Pri vseh grafih je potrebno vpoštevati, da je na abscisni osi (vodoravno) označena drevesna vrsta s določenega območja.

DPH- Daroca, (*Pinus halepensis*).

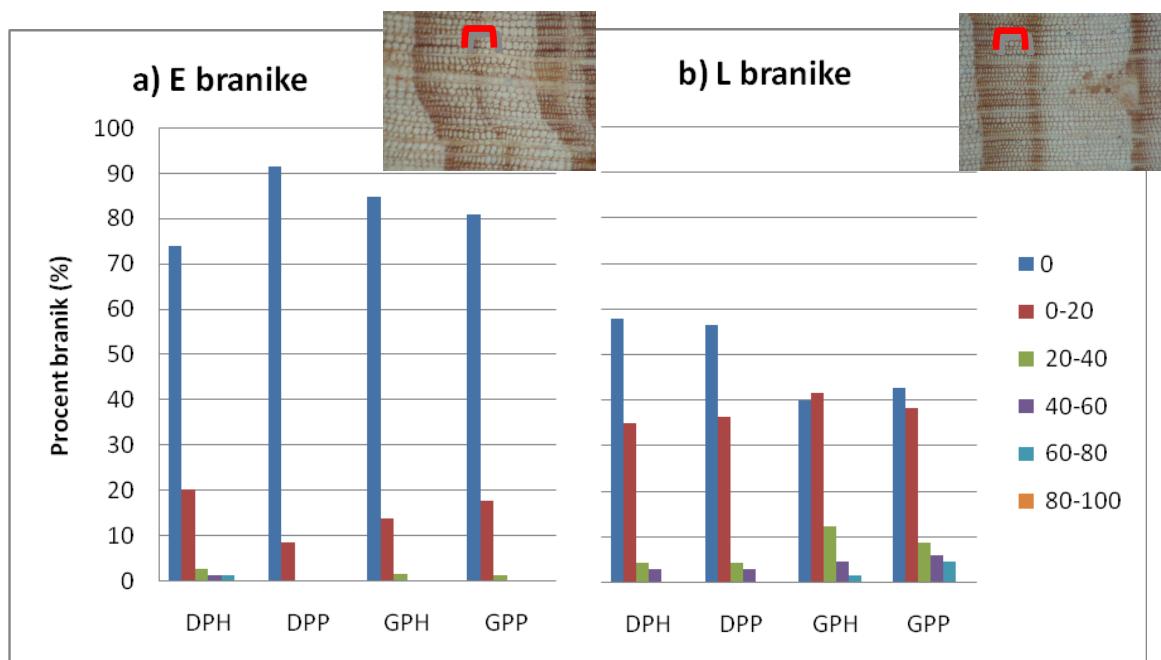
DPP- Daroca, (*Pinus pinea*).

GPH- Guardamar del Segura, (*Pinus halepensis*).

GPP- Guardamar del Segura, (*Pinus pinea*).

Z določeno barvo iz legende imamo označen odstotek vzorcev, kjer se značilnost pojavlja v istem letnem prirastku.

Prikazan je odstotek letnih prirastkov, kjer se pojavljajo branike tipa E in L, različni stolpci v grafu pa predstavljajo količino vzorcev (frekvenco) s to značilnostjo.



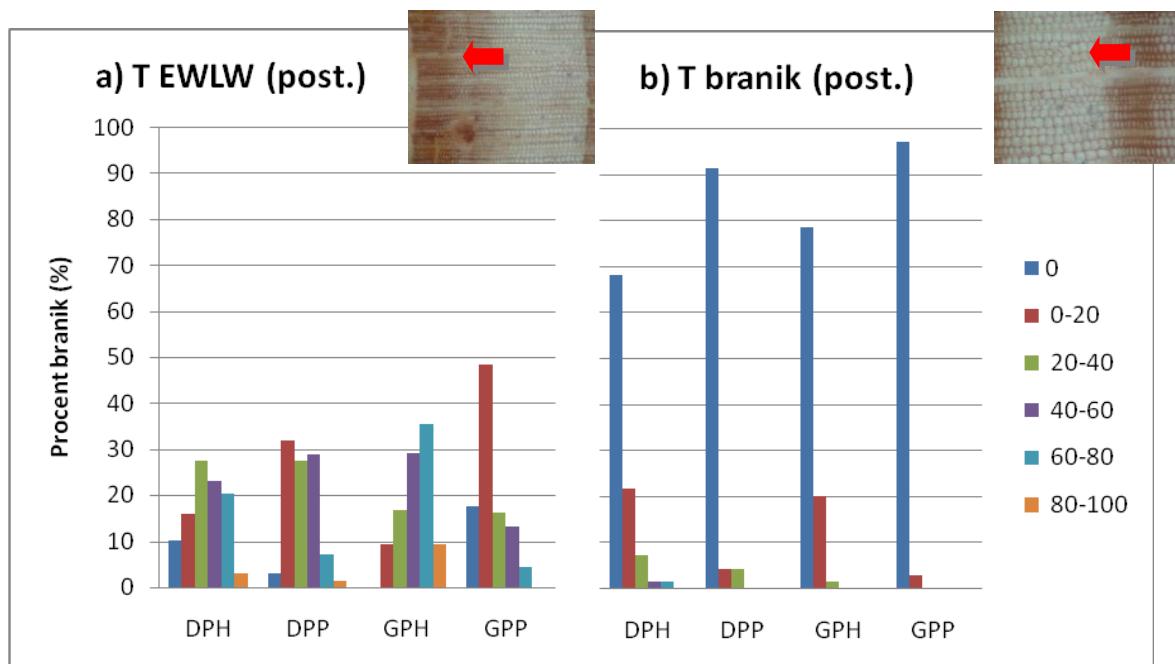
Slika 48: Pogostost E (a) in L (b) (dvojnih) branik.

Iz slike 48 je razvidno, da je pri branikah tipa E majhna pogostnost teh branik; pojavljajo se samo v določenih letih v majhnem odstotku vzorcev.

Pri branikah tipa L je višja pogostost teh branik v Guardamarju (več kot 50% branik tipa L se pojavlja v malem številu vzorcev). Podobna pogostost pri obeh drevesnih vrstah.

4.7 POSTOPEN PREHOD

Prikazan je odstotek letnih prirastkov, kjer se pojavlja postopen prehod, različni stolpci predstavljajo količino vzorcev s to značilnostjo.

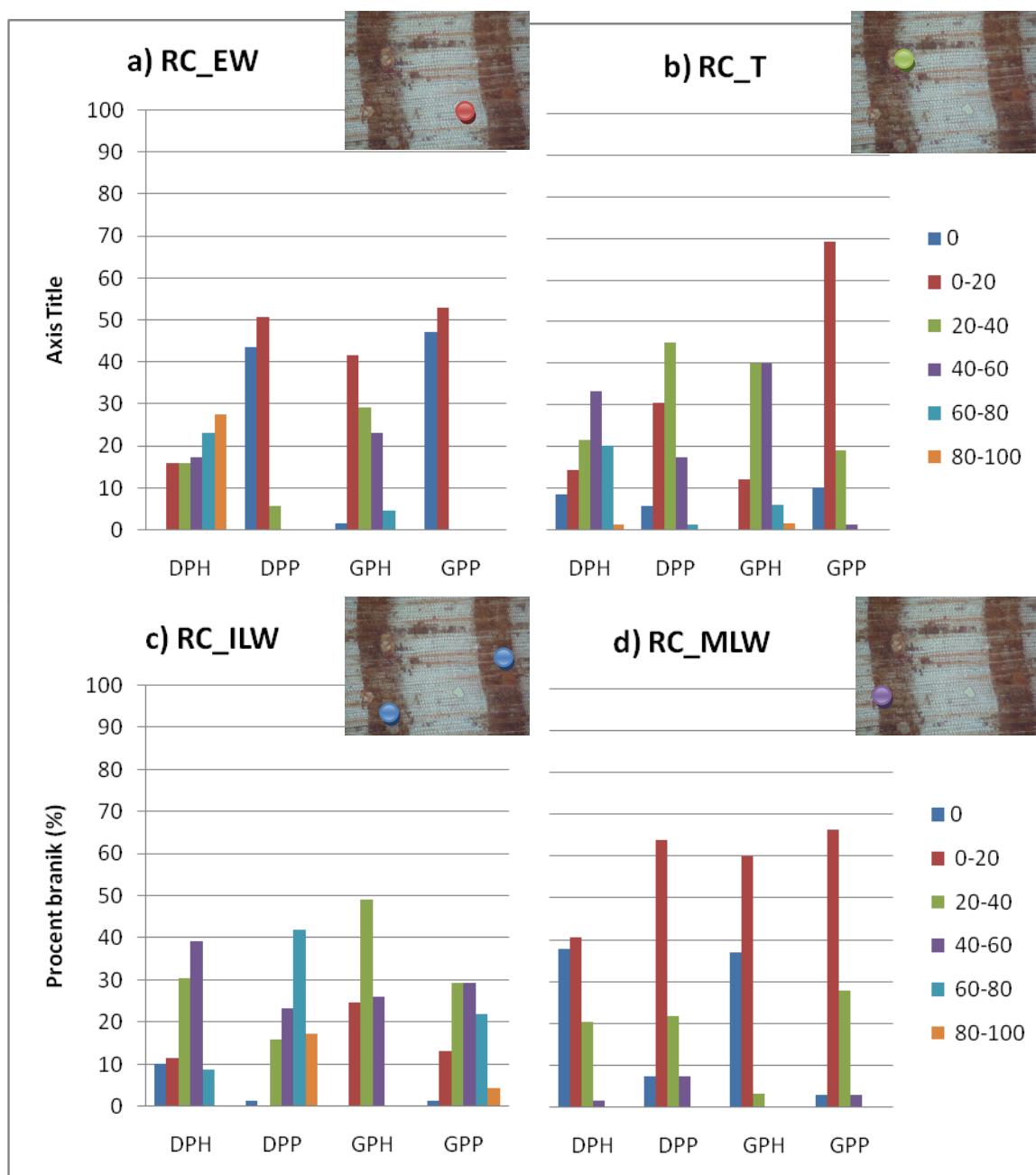


Slika 49: Pogostost postopenih prehodov med ranim in kasnim lesom (a), ter med branikami (b).

Iz slike 49 je razvidno, da je prehod med ranim in kasnim lesom pri največjem številu dreves oster. Prehod med branikami je pravtako v večini primerov predvsem oster. Postopen prehod obeh tipov je bolj pogost pri alepskem boru (*Pinus halepensis*).

4.8 SMOLNI KANALI

Prikazan je odstotek letnih branik, kjer se pojavljajo določeni smolni kanali, različni stolpci predstavljajo količino vzorcev s to značilnostjo.



Slika 50: Pogostost smolnih kanalov v ranem lesu (a), prehodu (b), začetku (c) in koncu (d) kasnega lesa.

Iz slike je razvidno, da so smolni kanali v ranem lesu zelo pogosti pri alepskem boru (*Pinus halepensis*).

Smolni kanali na prehodu med ranim in kasnim lesom so na splošno zelo pogosti. Podobna je pogostost pri obeh drevesnih vrstah in področjih. Smolni kanali so pogosti tudi ob začetku kasnega lesa. Smolni kanali ob koncu kasnega lesa so bolj pogosti pri piniji. Pogostost je podobna na obeh območjih.

5 RAZPRAVA

Sestavili smo kronologijo širin branik ter širin ranega in kasnega lesa za pinije (*Pinus pinea*) iz Daroce. Kronologija je dolga 109 let (obdobje 1894-2007) in temelji na 3076 širinah branik iz 31 izvrtkov iz 15 dreves. Pri teh drevesih je bilo zabeleženih 40 manjkajočih (izpadlih) branik. Kronologije dreves alepskega bora iz Daroce in obeh vrst iz Guardamarja pa so bile že sestavljenе.

Alepsi bor in pinija sta dobro prilagojeni vrsti za rast v ekstremnih razmerah. V Španiji sta obe vrsti večinoma umetno nasajeni in je težko določiti območje njune avtohtone rasti. Klimatske razmere se v zadnjih letih v semiaridnih območjih zaostrujejo, to pa se odraža tudi v zgradbenih posebnostih lesa.

Kronologiji pinije in alepskega bora iz istega rastišča se v obeh primerih dobro ujemata. Prav tako se dobro ujemata z referenčnima kronologijama pinije in alepskega bora za isto rastišče, kar pomeni, da je bil odziv tako pinije, kot tudi alepskega bora na dejavnike (predvsem vremenske), ki vplivajo na rast, zelo podoben.

Drevesa ki rastejo v celinskem klimatskem območju Daroce imajo širše branike od deves ki rastejo v mediteranski klimi v Guardamarju. Branike v Guardamarju so ožje zaradi ostrine klime, v splošnem nižje količine padavin in ekstremno visokih poletnih temperatur (De Luis, osebna komunikacija).

Razlika med prirastkom kasnega in ranega lesa je večja v Daroci, zaradi večje količine padavin, kar verjetno vpliva na širine branik, to pa posredno tudi na širino ranega lesa (Domec in Gartner, 2002).

Širina kasnega lesa je odvisna od količine fotosinteznih produktov, ki je zelo občutljiva na pomanjanje vode in neugodne temperature. To lahko povezujemo s negativnim vplivom visoke temperature v avgustu, ter pozitivnim vplivom velike količine padavin v septembru in oktobru (Kozlowski in sod. 1991).

Predhodno smo postavili naslednje hipoteze:

- anatomska struktura branik, njihove dimenzijske ali morebitni izpad branike variira na različnih geografskih območjih in pri različnih drevesnih vrstah,
- anatomske in dimenzijske razlike v lesu so vsaj delno pogojene s klimatskimi dejavniki. Na mediteranskem območju so pri borih branike v splošnem ožje, izpad branik pa je pogosteje kot na celinskem,
- različne drevesne vrste, tudi različni bori, se različno odzivajo na klimo.

Moč signala podpopulacije SSS (subsample signal strength) nam pove, kako se drevesa odzivajo na rastne dejavnike. Če je obnašanje zelo različno, potrebujemo več vzorcev, da dobimo rezultate, ki predstavljajo celotno populacijo. Če je vrednost $SSS > 0.85$, pomeni, da s številom vzorcev, ki smo jih uporabili za izračun, lahko razložimo 85% obnašanja celotne populacije.

Opravili smo analizo vseh branik na makroskopskem nivoju lesa s stereo mikroskopom pri povečavah do 100x.

Analizirali smo anomalije rasti obeh borov iz kraja Guardamar in Daroca, kjer so pogoji za rast mejni, saj v teh dveh polpuščavskih območjih vlada celinsko in mediteransko podnebje. Najpogosteje anatomske anomalije v lesu pinije in alepskega bora smo klasificirali po njihovem izgledu in odzivnosti na rastne dejavnike.

Da bi prikazali rezultate vpliva klime na anatomske posebnosti smo morali prikazati klimatske dejavnike, ki vplivajo na rast drevesa. To so količina padavin, minimalna in maksimalna temperatura.

Do izpadov branik je prišlo zaradi motenega ritma delovanja kambija. Izpad branik je praviloma posledica pomanjkanja asimilatov. Pojav izpadlih branik pri alepskem boru in piniji iz Španije lahko delno pojasnimo z dolgimi sušnimi obdobji, ko sta zaradi pomanjkanja vode in visokih temperatur motena proizvodnja in prerazporeditev produktov fotosinteze (Raventós in sod., 2001).

Večjo pogostotst manjkajočih branik v Guardamarju bi lahko pripisali bolj sušni klimi, pri čemer se zdi pinija bolj občutljiva drevesna vrsta kot alepski bor.

Pojav lažnih branik je praviloma posledica prenehanja delovanja kambija med rastno sezono in njegovo ponovno aktivacijo. Rezultat sta lahko dve ali več prirastnih plasti, ki so nastale v isti vegetacijski sezoni. Mehanizmi tvorbe lažne branike še niso v celoti pojasnjeni, so pa predmet raziskav.

Videz lažnih branik nastalih iz različnih razlogov je lahko zelo podoben, zato je tako pomemben študij dejavnikov, ki vplivajo na njihov nastanek (Čufar, 2006).

Pomanjkanje vode v zgodnji fazi kambijevega delovanja lahko vpliva na nastanek IADF v ranem lesu tipa E+, do tega pride zaradi stresnega odziva drevesa s proizvajanjem celic manjšega radija. Tip E je pa samo isti odziv drevesa v kasnejšem obdobju tvorbe ranega lesa, to je pozni pomladi (Abe in Nakai, 1999).

V rezultatih je možno opaziti veliko večjo pogostost anomalij v kasnem lesu (tip L in tip L+). Prav tako literatura navaja pogoste IADF v kasnem lesu zaradi obilnejših padavin v jesenskih mesecih od septembra do novembra, ki povzročajo nastanek celic s širšimi lumni (Masiokas in Villalba. 2004).

Pravtako so lahko stresni odzivi pri piniji manjši, zaradi večje zmogljivosti shranjevanja vode, katera lahko zmanjša pojav gostotne variacije (Borghetti in sod. 1998).

Postopen prehod med branikama lahko nastane, če delovanje kambija pozimi ni prekinjeno. Takrat ne moremo jasno razmejiti plasti lesa, ki so nastale v različnih sezонаh.

Za prihodnje podobne projekte je potrebno zbrati čim več izvrtkov dreves in jih analizirati, saj vpliva klime na določene anatomske anomalije nismo mogli razložiti.

Ker so po nekaterih virih smolni kanali odziv na poškodbe in stres, lahko ugotovimo ali klimatske razmere (vročina in suša) med rastno sezono vplivajo na nastanek smolnih kanalov. Do bolj natančnega rezultata bi prav tako prišli z večjim številom proučenih vzorcev.

6 SKLEPI

Analizirali smo anatomske posebnosti lesa ter kronologije širin branik in širin ranega ter kasnega lesa pri piniji (*Pinus pinea*) in alepskem boru (*Pinus halepensis*) z rastišč Daroca in Guardamar v Španiji.

Na leto natančno datirane branike smo analizirali in zabeležili anatomske anomalije, ki so se pojavile v posamezni braniki. Najpogosteje anatomske anomalije v lesu so predstavljale gostotne variacije (IADF), ki smo jih razvrstili v naslednje skupine: (1) tip E (kasnemu lesu podobne celice se nahajajo v ranem lesu); (2) tip E+ (kasnemu lesu podobne celice se pojavi ob začetku rastne sezone); (3) tip L (ranemu lesu podobne celice se pojavi v kasnem lesu) in (4) tip L+ (ranemu lesu podobne celice se pojavi ob koncu rastne sezone), (5) lažna večkratna (multipla) branika (M) in (6) nepopolna branika (N). Proučili smo tudi prehod med ranim in kasnim lesom (T EWLW) in prehod med branikami (TP ali TN), kjer smo ugotavliali ali je letnica razločna.

Spremljali smo tudi položaj smolnih kanalov, ki je bil znotraj branike zelo različen. Smolni kanali so se pojavljali: v ranem lesu (RC EW), na prehodu med ranim in kasnim lesom (RC T), ob začetku kasnega lesa (RC ILW) ter ob koncu kasnega lesa (RC MLW).

Beležili smo tudi delno ali popolnoma izpadle branike, ki so bile bolj pogoste pri piniji (*Pinus pinea*) in to predvsem na rastišču Guardamar.

Anomalije smo prikazali v slikovnem atlasu. Pogostost posamezne anomalije v določenem letu smo prikazali v obliki diagramov frekvenčnih porazdelitev. Najbolj pogoste so bile branike tipa L.

Ni nam uspelo zanesljivo pojasniti kateri klimatski dejavniki vplivajo na gostotne variacije znotraj posamezne branike, ter kateri klimatski dejavniki v posameznem letu vplivajo na nastanek smolnih kanalov.

Kljub gostotnim variacijam smo v branikah lahko določili mejo med ranim in kasnim lesom (kriterij po Morku) in za dendrokronološke analize ločeno obravnavali širine branik ter širine ranega in kasnega lesa v odvisnosti od klime (mesečnih temperatur in mesečnih vsot padavin). Vse kronologije so imele dokaj visoko srednjo občutljivost (MS), ter visoko srednjo odvisnost (MC) med drevesi.

Raziskava vpliva klime na širine branik, ter širine ranega in kasnega lesa je pokazala visok pozitiven vpliv padavin od predhodnega decembra do tekočega junija na širino branike ter na širino ranega in kasnega lesa pri obeh vrstah na obeh rastiščih.

Ugotovili smo tudi nekaj odvisnosti specifičnih za posamezno vrsto in rastišče. Junijске padavine so v splošnem bolj vplivale na širine branik pri piniji (*Pinus pinea*). V Daroci so na širine kasnega lesa vplivale predvsem padavine v avgustu. Nasprotno so v Guardamarju septembriske in oktobrske padavine vplivale na širino kasnega lesa. Ugotovljen je bil negativen vpliv maksimalne temperature v mesecu marcu na širino ranega lesa in na širino

branik v Guardamarju. Ugotovljen je bil tudi negativen vpliv minimalne julijske temperature na rani les v Daroci.

Delo je nastalo v sodelovanju med Univerzo v Ljubljani in Univerzo Alicante v Španiji v okviru bilateralnega sporazuma o študentskih izmenjavah ERASMUS LLP.

7 POVZETEK

Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) in pinija (*Pinus pinea* L.) sta najbolj pogosti drevesni vrsti na španskem semiaridnem območju, saj dobro prenašata pomanjkanje vode in visoke temperature. V Španiji je glavni omejevalni dejavnik priraščanja dreves v splošnem pomanjkanje padavin. S klimatskimi spremembami se nevarnost pojavljanja suše povečuje, preživetje bora pa zaostruje. To zaostrovanje je mogoče razbrati iz branik v lesu in iz njihove zgradbe že veliko prej kot se pojavijo zunanji znaki propadanja (npr. poškodbe na krošnji).

Namen pričajoče naloge je primerjava anatomskih zgradbenih posebnosti v lesu pinije (*Pinus pinea* L.) in alepskega bora (*Pinus halepensis* Mill.) iz različnih rastišč (z različnimi klimatskimi razmerami) v Španiji in sicer na (a) semiaridnem mediteranskem obmorskem rastišču Guardamar (JV Španija – provinca Alicante v Valenciji) in na (b) celinskem rastišču Daroca (provinca Zaragoza v Aragoniji – osrednji celinski del Španije).

Cilji naloge so bili:

- 1.) Sestava kronologije širin branik ter širin ranega in kasnega lesa za pinijo (*Pinus pinea*) iz Daroce ter uporaba obstoječih kronologij alepskega bora in pinije iz Daroce ter Guardamarja.
- 2.) Analiza anatomskih posebnosti v lesu na leto natančno datiranih branik.
- 3.) Proučiti vpliv klime (temperatura, padavine) na širine branik.
- 4.) Izdelati slikovni atlas z vsemi kategorijami anatomskih anomalij.
- 5.) Proučiti vpliv klime (temperatura, padavine) na različne tipe gostotnih fluktuacij (IADF) v brankah.
- 6.) Določiti vzorce IADF pri alepskem boru in piniji ter poiskati razlike med izbranimi rastiščema.
- 7.) Oceniti vpliv klime v posameznem letu na nastanek smolnih kanalov.

Sestavili smo kronologije širin branik ter širin ranega in kasnega lesa za pinije (*Pinus pinea*) iz Daroce. Kronologije dreves alepskega bora iz Daroce in obeh vrst iz Guardamarja pa so bile že sestavljene. V Daroci smo izbrali 15 dreves pinije (*Pinus pinea*) in s prirastoslovnim svedrom odvzeli 30 izvrtnkov, vzorčenje smo opravili 19.10.2007, domnevno ob koncu rastne sezone.

Vzorce smo odvzeli tako, da smo na prsni višini (1,3 m) v drevo vrtali s prirastoslovnim svedrom. Najprej smo jih orientirali (viden je radialni rez) in prilepili s belim (pvac) lepilom na leseno podporo.

Za postopek datiranja smo izvrte fotografirali in na fotografijah s pomočjo stereo mikroskopa branike datirali. Pri tem smo uporabili že prej sestavljene referenčne kronologije alepskega bora in pinije iz krajev Daroca in Guardamar.

Za ugotavljanje ujemanja širin branik znotraj posameznega sestoja smo izračunali naslednje kazalnike: koeficient časovne skladnosti (GLK), t vrednost po Baillie Pilcherju

(t_{BP}), indeks navzkrižnega datiranja, (CDI), dolžina prekrivanja kronologij (Olp.) v letih in značilna leta.

Anatomsko analizo smo opravili s stereo mikroskopom, tako, da smo začeli od stržena (najstarejše branike) do kambija (najmlajše branike), tako smo lažje sledili anatomskim spremembam in rasti drevesa.

S pomočjo analize z odzivno funkcijo in korelacijskih koeficientov smo ugotovljali, kateri klimatski dejavniki vplivajo na rast branik in kakšna je stopnja njihovega vpliva. Izračunali korelacijske in odzivne funkcije po metodi Bootstrap in stopnjo njihove značilnosti v posameznih mesecih od septembra predhodnega do novembra tekočega leta. V vseh primerih smo delali s STANDARD kronologijami. Vsa statistika in analiza je bila narejena za skupno ponavljajoče obdobje ($EPS > 0.85$) za 1936-2004.

Analizirali smo anatomske posebnosti lesa ter kronologije širin branik in širin ranega ter kasnega lesa pri piniji (*Pinus pinea*) in alepskem boru (*Pinus halepensis*) z rastišč Daroca in Guardamar v Španiji.

Na leto natančno datirane branike smo analizirali in zabeležili anatomske anomalije, ki so se pojavile v posamezni braniki. Najpogosteje anatomske anomalije v lesu so predstavljale gostotne variacije (IADF), ki smo jih razvrstili v naslednje skupine: (1) tip E (kasnemu lesu podobne celice se nahajajo v ranem lesu); (2) tip E+ (kasnemu lesu podobne celice se pojavijo ob začetku rastne sezone); (3) tip L (ranemu lesu podobne celice se pojavijo v kasnem lesu) in (4) tip L+ (ranemu lesu podobne celice se pojavijo ob koncu rastne sezone), (5) lažna večkratna (multipla) branika (M) in (6) nepopolna branika (N). Proučili smo tudi prehod med ranim in kasnim lesom (T EWLW) in prehod med branikami (TP ali TN), kjer smo ugotovljali ali je letnica razločna.

Spremljali smo tudi položaj smolnih kanalov, ki je bil znotraj branike zelo različen. Smolni kanali so se pojavljali: v ranem lesu (RC EW), na prehodu med ranim in kasnim lesom (RC T), ob začetku kasnega lesa (RC ILW) ter ob koncu kasnega lesa (RC MLW).

Beležili smo tudi delno ali popolnoma izpadle branike, ki so bile bolj pogoste pri piniji (*Pinus pinea*) in to predvsem na rastišču Guardamar.

Anomalije smo prikazali v slikovnem atlasu. Pogostost posamezne anomalije v določenem letu smo prikazali v obliki diagramov frekvenčnih porazdelitev. Najbolj pogoste so bile branike tipa L.

Ni nam uspelo zanesljivo pojasniti kateri klimatski dejavniki vplivajo na gostotne variacije znotraj posamezne branike, ter kateri klimatski dejavniki v posameznem letu vplivajo na nastanek smolnih kanalov.

Kljub gostotnim variacijam smo v branikah lahko določili mejo med ranim in kasnim lesom (kriterij po Morku) in za dendrokronološke analize ločeno obravnavali širine branik ter širine ranega in kasnega lesa v odvisnosti od klime (mesečnih temperatur in mesečnih

vsot padavin). Vse kronologije so imele dokaj visoko srednjo občutljivost (MS), ter visoko srednjo odvisnost (MC) med drevesi.

Raziskava vpliva klime na širine branik, ter širine ranega in kasnega lesa je pokazala visok pozitiven vpliv padavin od predhodnega decembra do tekočega junija na širino branike ter na širino ranega in kasnega lesa pri obeh vrstah na obeh rastiščih.

Ugotovili smo tudi nekaj odvisnosti specifičnih za posamezno vrsto in rastišče. Junijske padavine so v splošnem bolj vplivale na širine branik pri piniji (*Pinus pinea*). V Daroci so na širine kasnega lesa vplivale predvsem padavine v avgustu. Nasprotno so v Guardamarju septembriske in oktobrske padavine vplivale na širino kasnega lesa. Ugotovljen je bil negativen vpliv maksimalne temperature v mesecu marcu na širino ranega lesa in na širino branik v Guardamarju. Ugotovljen je bil tudi negativen vpliv minimalne julijске temperature na rani les v Daroci.

Delo je nastalo v sodelovanju med Univerzo v Ljubljani in Univerzo Alicante v Španiji v okviru bilateralnega sporazuma o študentskih izmenjavah ERASMUS LLP.

8 VIRI

1. Abe H., Nakai T. 1999. Effect of the water status within a tree on tracheid morphogenesis in *Cryptomeria japonica* D. Don. *Trees*, 14: 124–129
2. Alexanderson H. 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology* 6:661-675
3. Berdajs E. 2008. Dendroklimatološka analiza rasti bukve na treh rastičih v Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 79 str.
4. Borghetti M., Cinnirella S., Magnani A.S.F. 1998. Impact of long-term drought on xylem embolism and growth in *Pinus halepensis* Mill. *Trees*, 12: 187-195
5. Bioversity International. 2009
http://www.bioversityinternational.org/networks/euforgen/Euf_Distribution_Map_s.asp (15.11.2007)
6. Brus R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga: 399 str.
7. Cai Aragon. 2009. Turistična agencija v Aragonu. <http://www.caiaragon.com> (11.3.2008)
8. 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
9. Cherubini P., Gartner B., Tognetti R., Braker O., Schoch W., Innes J. 2003. Identification, measurements and interpretation of tree rings in woody species from mediterranean climates. *Biological Reviews*, 78: 119-148
10. Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
11. Čufar K., Levanič T. 2000. Dendrokronologija kot metoda za datiranje lesa = Dendrochronology as a method for dating wood. RES., Dela, Papers 4/2000: 31-37
12. Čufar K., Prislan P., De Luis M., Gričar J. 2008. Tree-ring variation, wood formation and phenology of beech (*Fagus Silvatyca*) from a representative site in Slovenia, SE Central Europe. *Trees – Structure and Function*, 22:749-758
13. De Luis M. 2007. »Alepski bor in pinija v Španiji.« Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de filosofía y letras, Universidad de Zaragoza. (osebni vir, junij 2007)
14. De Luis, M., González-Hidalgo, JC., Longares, L.A., Stepanek, P. 2009. Seasonal rainfall trends in Mediterranean Iberian Peninsula in second half of XX century. *Internacional Journal of Climatology* (v tisku)
15. Domec J., C., Gartner B., L. 2002. How do water transport and water storage differ in coniferous earlywood and latewood? *J. Exp. Bot.*, 53: 2369–2379
16. García-Apaza E. 2006. Balance de agua y carbono en un ecosistema mediterráneo de costa. Tesis doctoral. Universidad de Alicante, Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología: 259 str.

17. Gil-Olcina A., Olcina-Cantos J. 2000. *Cartografía Temática de las Tierras Alicantinas – Clima*. Alicante. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante: 120 str.
18. González-Hidalgo, JC., Lopez-Bustins, J.A., Stepanek, P., Martin-Vide, J., De Luis, M. 2009 Monthly precipitation trends on the Mediterranean façade of the Iberian Peninsula during the second half of the 20th century (1951-2000). *Internacional Journal of Climatology* (v tisku)
19. Google Earth. 2009. Spletni zemljevidi in satelitske slike. <http://earth.google.com> (13.2.2009)
20. Holmes R. L. 1994. Dendrochronology program library user's manual. Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona, Tucson, USA.
21. Kaennel M., Schweingruber F.H. 1995. Multilingual Glossary of Dendrochronology. WSL, FNP, Haupt.: 467 str.
22. Kappa 2009. Video digitalne kamere. <http://www.kappa.de> (15.11.2007)
23. Kozłowski T., T., Kramer P., J., Pallardy S., G. 1991. *The physiological ecology of woody plants*. Academic Press, New York.
24. Levanič T. 1996. Dendrokronološka in dendroekološka analiza propadajočih vladajočih in sovladajočih jelk (*Abies alba* Mill.) v dinarski fitogeografski regiji: Doktorska disertacija. Ljubljana: 165 str.
25. Levanič T., Čufar K. 2000. Dendrokronološko datiranje objektov v Sloveniji = Dendrochronological dating of wooden objects in Slovenia. RES., Dela, Papers 4/2000: 38-47
26. Maestre T. F., Cortina J. 2004. Are *Pinus Halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas? *Forest Ecology and Management*, 198: 303-317
27. Masiokas M., Villalba R. 2004. Climatic significance of intra-annual bands in the Wood of *Nothofagus pumilio* in southern Patagonia. *Trees* (2004) 18: 696–704
28. Mirov N.T. 1967. *The Genus Pinus*. Berkeley, University of California: 602 str.
29. Novak K. 2007. Variabilnost prirastka na različnih višinah v deblu pinije in alepskega bora. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 80 str.
30. Raventós J., De Luis M., Gras M. J., Čufar K., González-Hidalgo J. C., Bonet A., Sánchez J. R. 2001. Growth of *Pinus pinea* and *Pinus halepensis* as effected by dryness, marine spray and land use changes in a mediterranean semiarid ecosystem. *Dendrochronologia*, 19, 2: 211-220
31. Rigling A., Waldner O.P., Forster T., Bräker U.O., Pouttu A. 2001. Ecological interpretation of tree-rings width and intraannual density fluctuations in *Pinus sylvestris* on dry sites in the central Alps and Siberia. NRC Canada, For. Res. Vol. 31: 18 - 31
32. Rigling A., Bräker O., Schneiter G., Schweingruber F. 2002. Intra-annual tree-ring parameters indicating differences in drought stress of *Pinus sylvestris* forests within the Erico-Pinion in the Valais (Switzerland). Swiss Federal Research Institute WSL. *Plant Ecology*, 163: 105–121

33. Schweingruber F.H. 1990. Anatomie europäischer Hölzer – Anatomy of European woods. WSL, FNP Haupt.: 800 str.
34. Schweingruber F. H. 1996. Tree Rings and Environment Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research: 609 str.
35. Scientific Engineering and Manufacture. 2009. Merilna oprema podjetja. <http://www.sciem.com> (15.11.2007)
36. Slovar slovenskega knjižnega jezika. 1998. Elektronska izdaja na CD-ROM-u, Ljubljana, SAZU in ZRC SAZU.
37. Srebotnjak K. 1997. Dendroekološka analiza črnega bora (*Pinus nigra* Arn.) na Divaško Komenskem krasu. Diplomsko delo. Ljubljana: 80 str.
38. Stevens C.G., Enquist B. 1998. Macroecological limits to the abundance and distribution of *Pinus*. Ecology and Biogeography of Pine, 183-190
39. Vieira J., Campelo F., Nabais C. 2009. Age-dependent responses of tree-ring growth and intra-annual density fluctuations of *Pinus pinaster* to Mediterranean climate. Trees, 23: 257-265
40. Wikipedija. 2008. Prosta spletna enciklopedija o Španiji. <http://es.wikipedia.org> (13.2.2009)
41. Wimmer R., Grabner M. 1997. Effects of climate on vertical resin duct density and radial growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Trees, 11: 271 –276.
42. Wimmer R., Strumia G., Holawe F. 2000. Use of false rings in Austrian pine to reconstruct early growing season precipitation. Canadian Journal of Forest Research, 30: 1691-1697
43. Zajec L. 2005. Ekološke in dendrokronološke analize rasti alepskega bor (*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

Marsikdo razume, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela in da je za njegovo dokončanje treba vložiti veliko dela. Nikoli ne bom pozabil pomoči drugih, ki so mi pomagali pri njegovi pripravi.

Ob koncu študija bi se posebej zahvalil svoji mentorici prof. dr. Katarini Čufar za koristne nasvete, usmeritve in pomoč pri pisanju in izdelavi te diplomske naloge in recenzentu prof. dr. Željku Gorišek. Zahvala gre tudi prof. Nadi Kuzmin za pregled izvlečkov, gospe Mileni Bizjan za pomoč pri urejanju uradnih zadev, ter gospe Darji Vranjek za pregled strukture diplomske naloge.

Še posebej pa se zahvaljujem prof. dr. Josepu Raventós iz Univerze v Alicanteju in dr. Martínu De Luis iz Univerze v Zaragozi, ki sta bila delovna mentorja pri diplomi, za katero sem eksperimentalni del opravil v Španiji. Zahvaljujem se, da sta mi pomagala pri spoznavanju španske kulture, ter pri vsestranskem učenju. Skupaj s prof. dr. Katarino Čufar sta mi pomagala pri potovanju in sedem mesečnem bivanju in študiju v Španiji.

Na koncu bi se rad zahvalil celotni svoji družini, predvsem materi Milanki, očetu Radosavu, bratu Ranku in sestri Sandri, za vso njihovo brezmejno pomoč in razumevanje ter, da so mi omogočili študij in me vodili skozi življenje.

Prav tako zahvala vsem prijateljem in znancem po širnem svetu, predvsem v Evropi, s katerimi sem delil lepe in slabe trenutke. Tistim, ki so pretrpeli težke čase brez mene, ter tistim, ki so mi dali navdih do diplome in ostalih dosežkov. Zahvaljujem se tudi Klemenu in Matjažu za družbo in nasvete v času bivanja v Alicanteju, ter za pomoč pri diplomi.

PRILOGE

Priloga A: ESPAÑOL - RESUMEN

En condiciones semiáridas, el cámium en los árboles puede tener varios períodos de actividad y de inactividad en el mismo año. Esto puede dar lugar a la formación de anomalías anatómicas en la madera como son las fluctuaciones de densidad (IADF). Este trabajo se centra en el estudio de dichas anomalías en dos especies: pino piñonero (*Pinus pinea*) y pino carrasco (*Pinus halepensis*) plantados en dos ambientes semiáridos en España: Guardamar y Daroca.

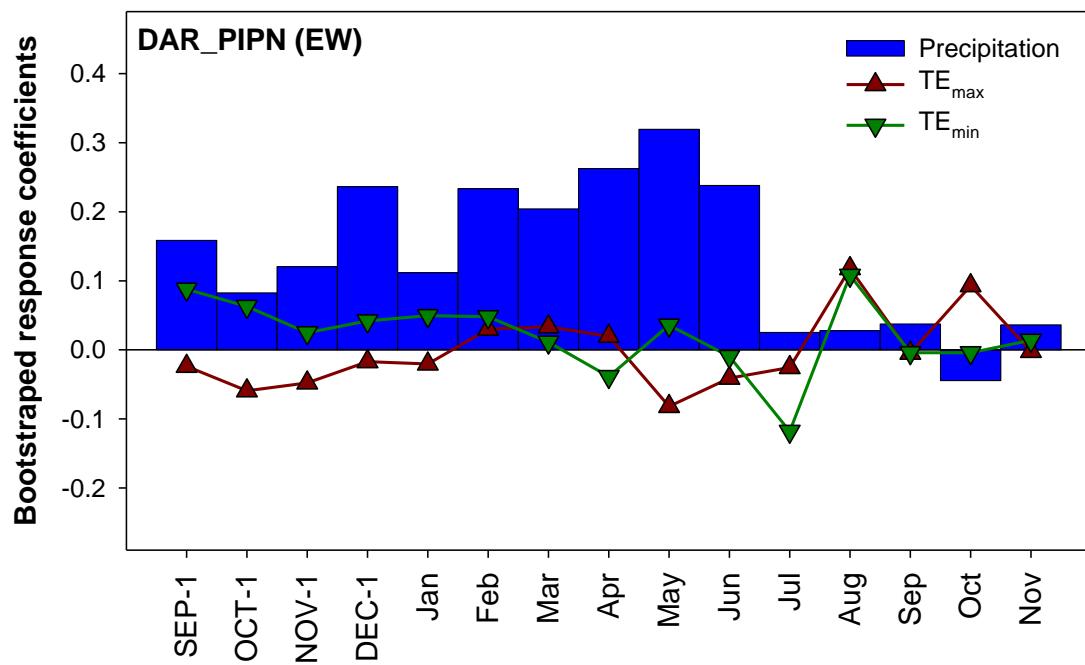
Dichas anomalias fueron a su vez clasificadas en diferentes tipos de acuerdo a: (1) de tipo E: presencia de células de alta densidad (latewoodlike cells) entre la células de madera temprana (earlywood). (2) tipo E +: células de alta densidad en la transición entre la madera temprana y tardía. (3) Tipo L: células de baja densidad (earlywoodlike cells) entre las células de madera tardía (latewood),(4) tipo L +: células de baja densidad (earlywoodlike cells) entre la madera tardía del año y la madera temprana del año siguiente). (5) Tipo M (anillo de crecimiento con multiples fluctuaciones de densidad) y (6) Tipo N (anillo incompleto).

Además, se investigó el tipo de células que se forman en la transición entre la madera temprana y la madera tardía y la frecuencia y posición de canales de resina en los anillos anuales. Cada una de esas características anatómicas fueron datadas en cada muestra y así, las frecuencias observadas pudieron ser calculadas anualmente y contrastadas con las características climáticas ocurridas en cada año. El análisis de las funciones respuesta ha demostrado que el grosos de los anillos de crecimiento anual en las dos especies y lugares de estudio se encuentra significativa y positivamente relacionado con las precipitaciones de diciembre a junio.

Este trabajo se realizó en cooperación entre la Universidad de Ljubljana y la Universidad de Alicante, España, en el marco de ERASMUS LLP acuerdo bilateral sobre intercambio de estudiantes.

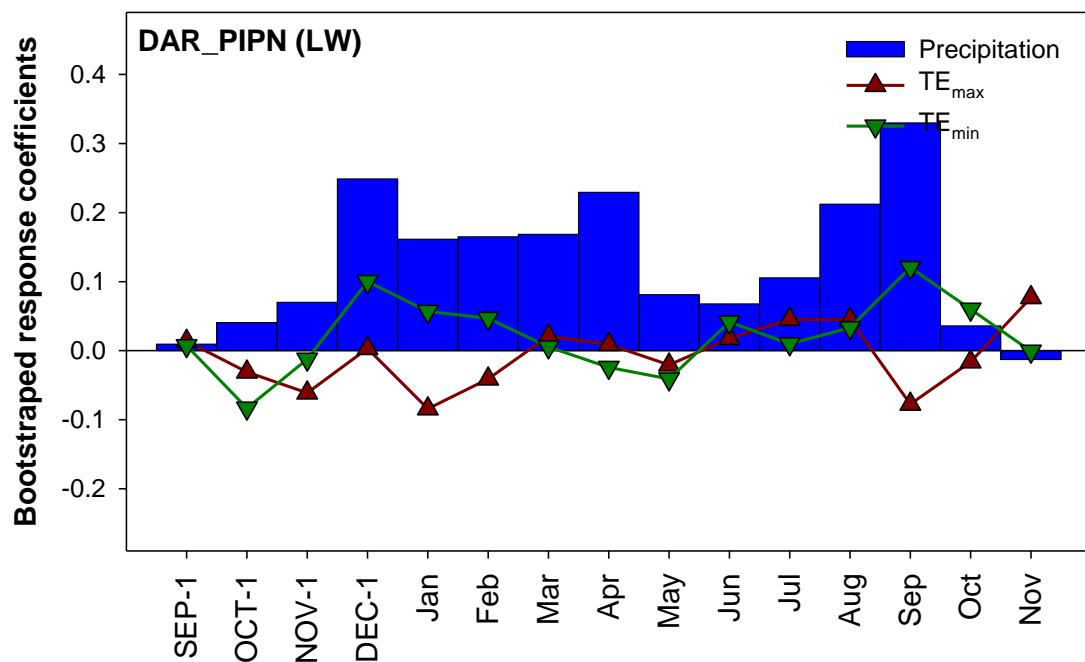
Priloga B: DAR_PIPN (EW)

Korelacijski koeficienti med širinami ranega lesa (EW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za pinijo (*Pinus pinea*) iz Daroce.



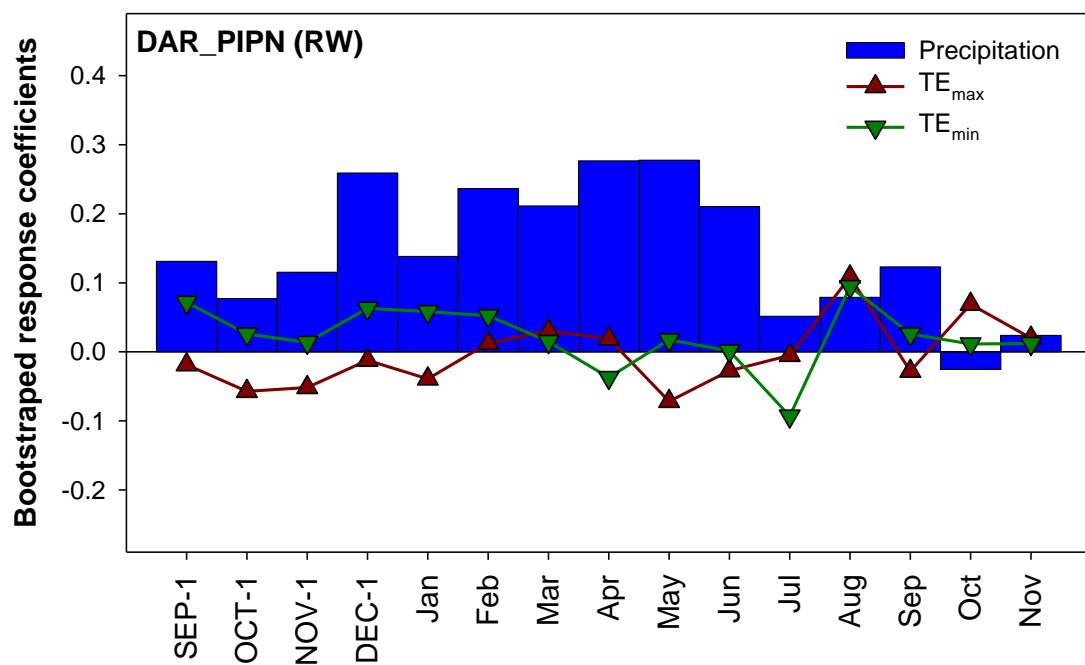
Priloga C: DAR_PIPN (LW)

Korelacijski koeficienti med širinami kasnega lesa (LW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za pinijo (*Pinus pinea*) iz Daroce.



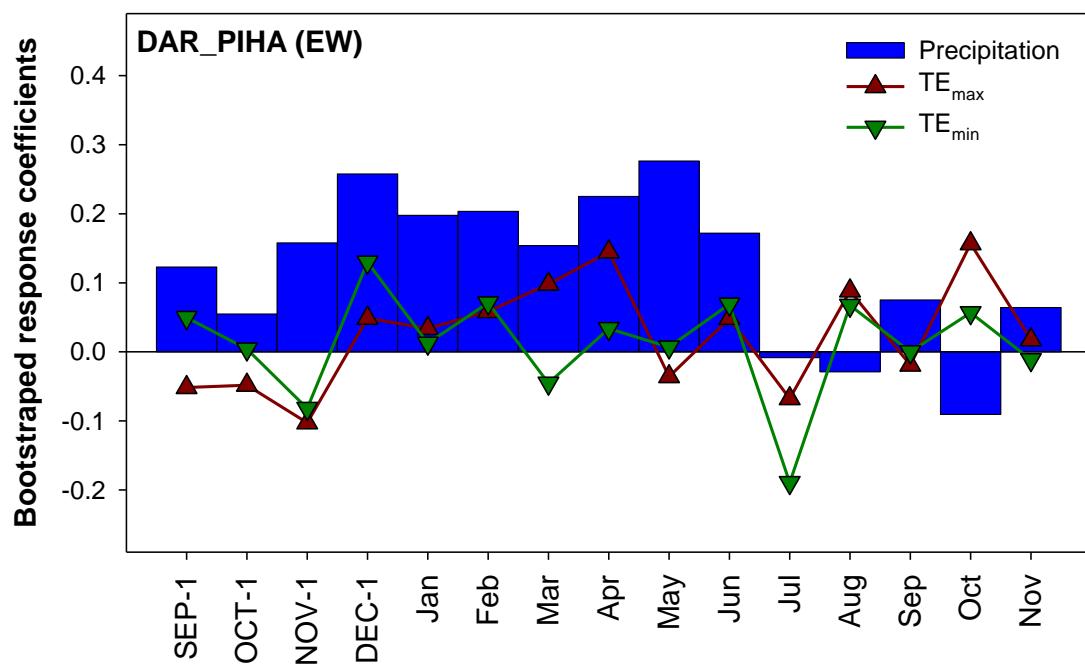
Priloga D: DAR_PIPN (RW)

Korelacijski koeficienti med širinami branik (RW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za pinijo (*Pinus pinea*) iz Daroce.



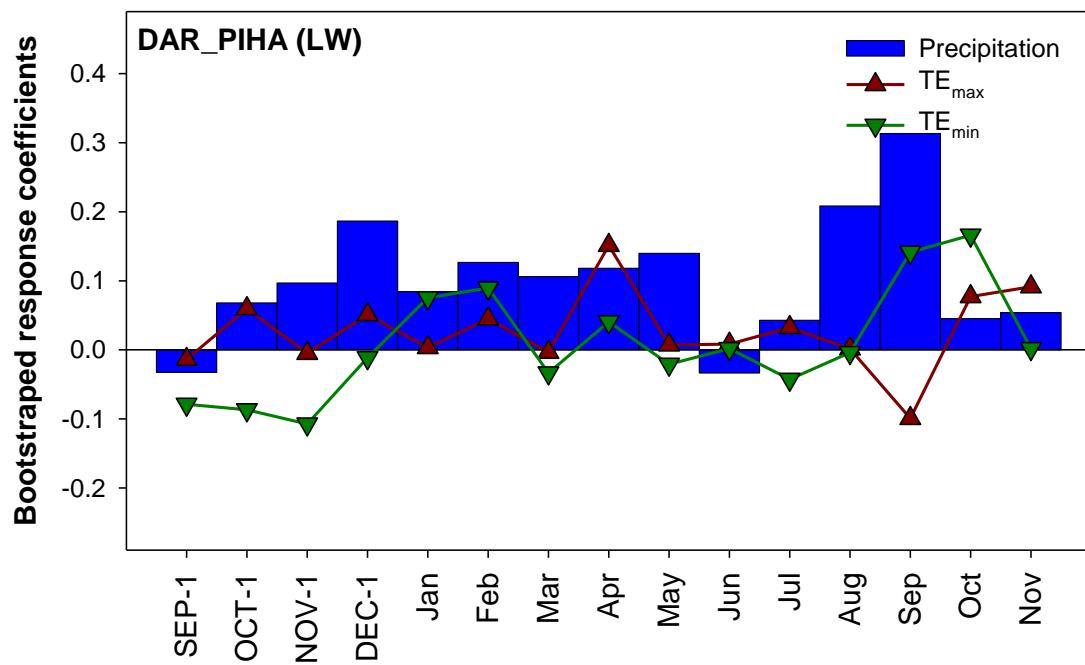
Priloga E: DAR_PIHA (EW)

Korelacijski koeficienti med širinami ranega lesa (EW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za alepski bor (*Pinushalepensis*) iz Daroce.



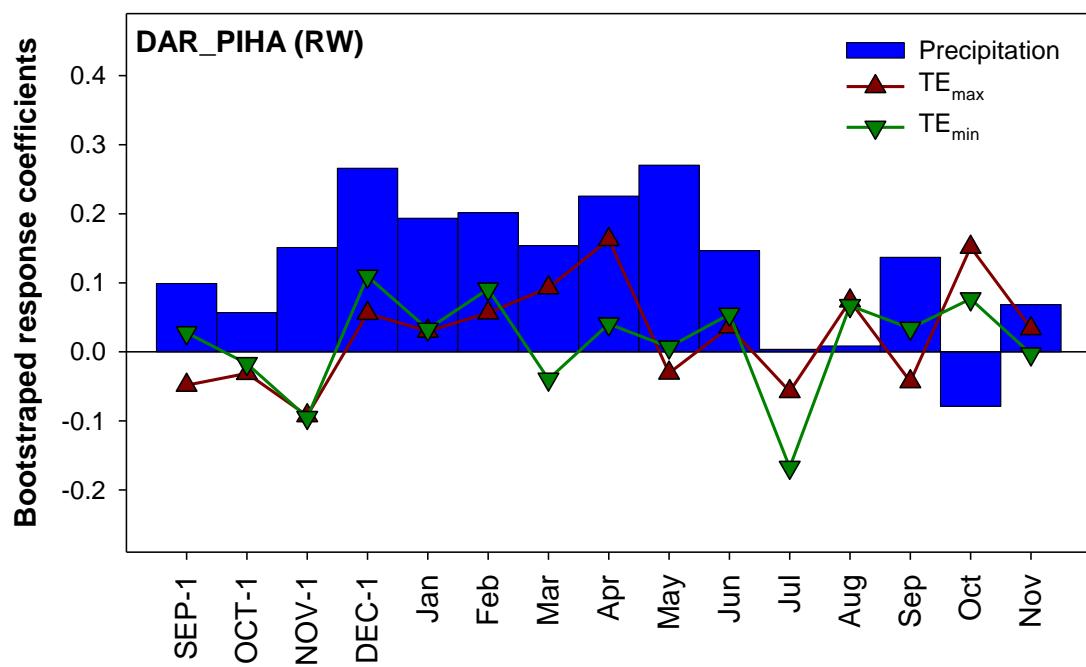
Priloga F: DAR_PIHA (LW)

Korelacijski koeficienti med širinami kasnega lesa (LW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za alepski bor (*Pinushalepensis*) iz Daroce.



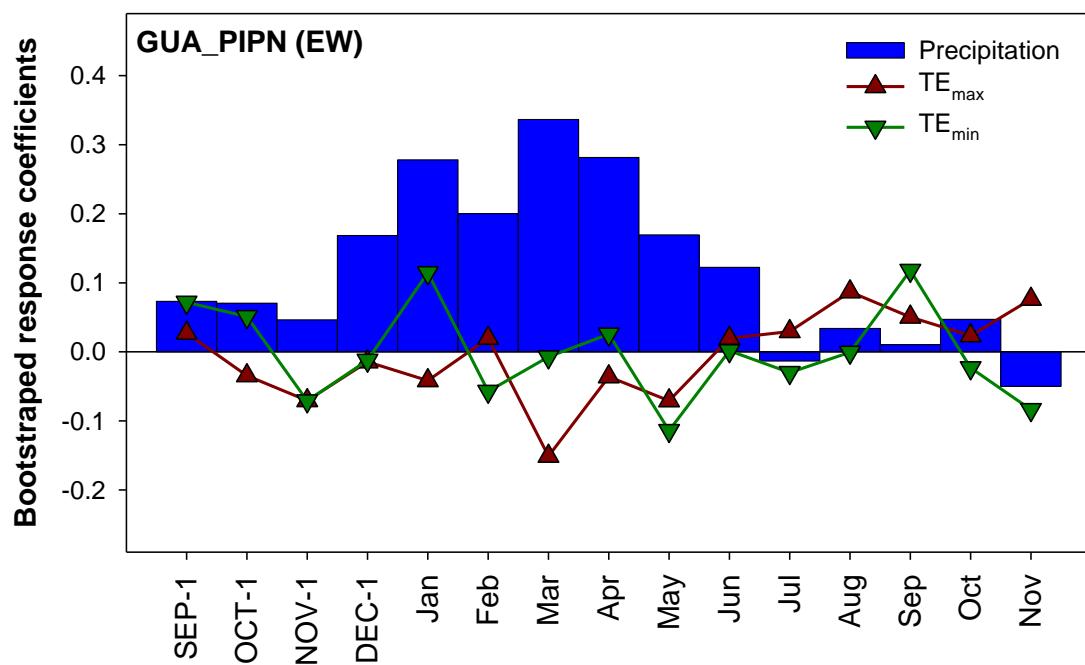
Priloga G: DAR_PIHA (RW)

Korelacijski koeficienti med širinami branik (RW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za alepski bor (*Pinushalepensis*) iz Daroce.



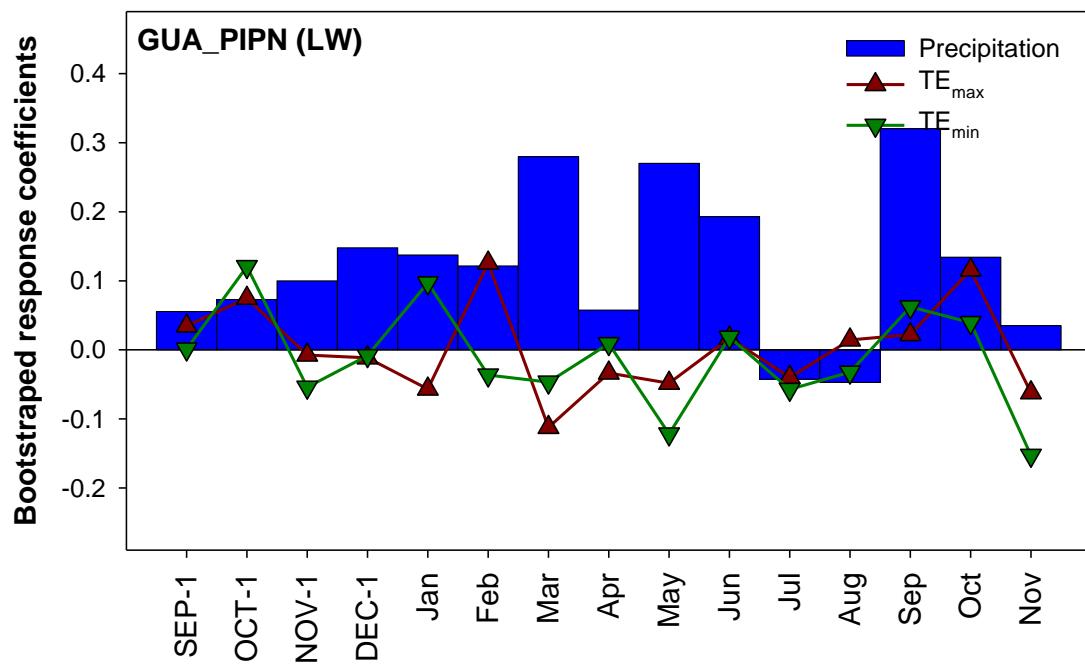
Priloga H: GUA_PIPN (EW)

Korelacijski koeficienti med širinami ranega lesa (EW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za pinijo (*Pinus pinea*) iz Guardamarja.



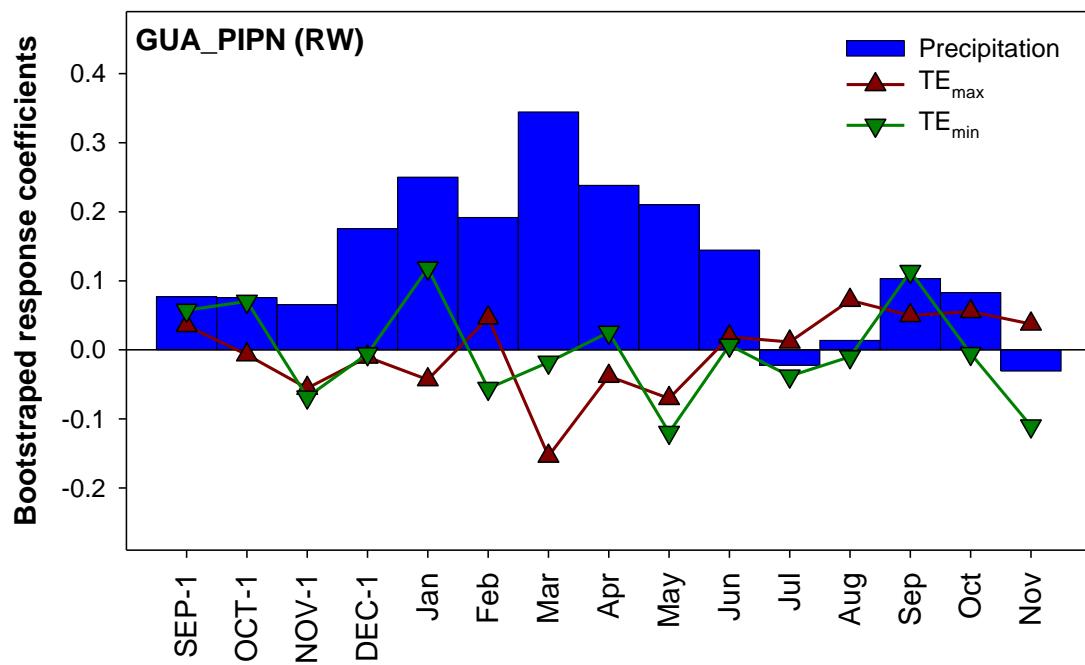
Priloga I: GUA_PIPN (LW)

Korelacijski koeficienti med širinami kasnega lesa (LW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za pinijo (*Pinus pinea*) iz Guardamarja.



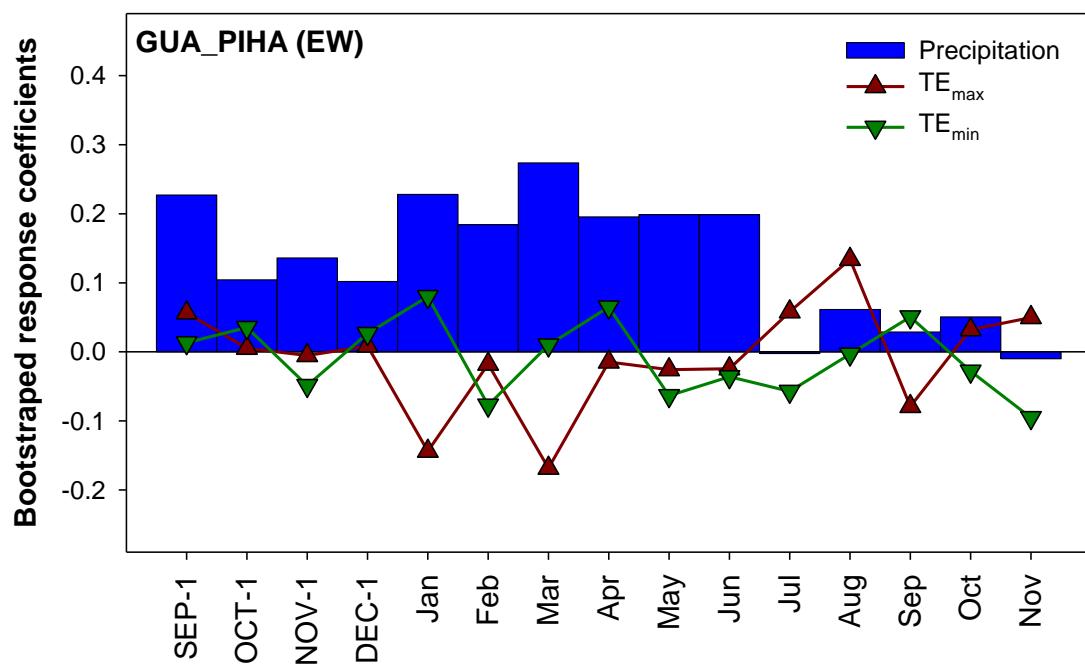
Priloga J: GUA_PIPN (RW)

Korelacijski koeficienti med širinami branik (RW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za pinijo (*Pinus pinea*) iz Guardamarja.



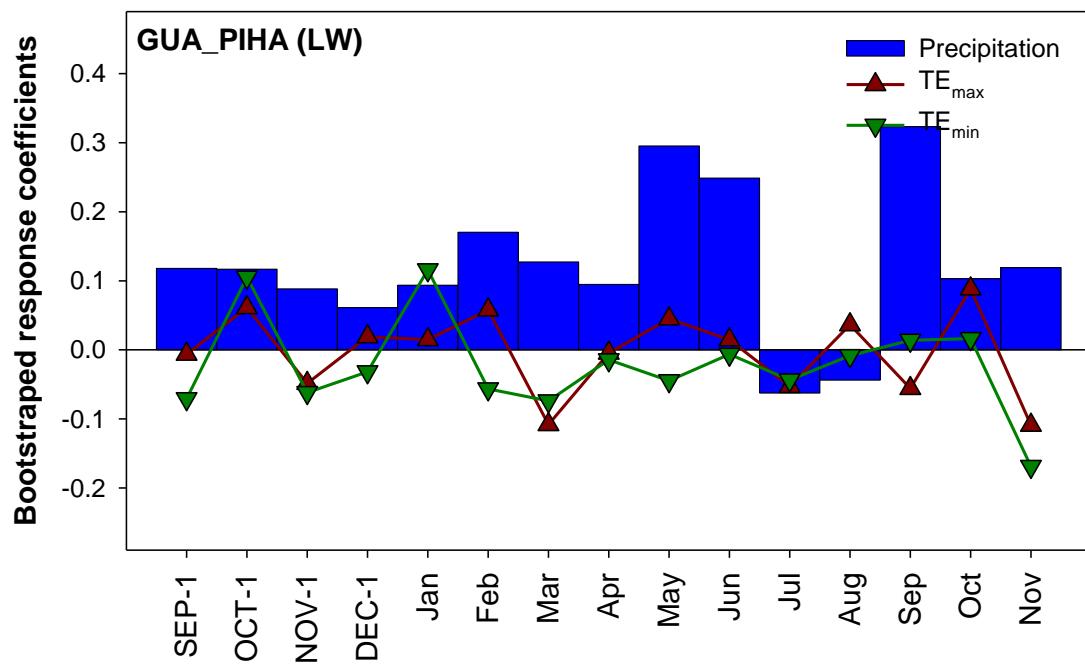
Priloga K: GUA_PIHA (EW)

Korelacijski koeficienti med širinami ranega lesa (EW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za alepski bor (*Pinushalepensis*) iz Guardamarja.



Priloga L: GUA_PIHA (LW)

Korelacijski koeficienti med širinami kasnega lesa (LW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za alepski bor (*Pinushalepensis*) iz Guardamarja.



Priloga M: GUA_PIHA (RW)

Korelacijski koeficienti med širinami branik (RW) in mesečno količino padavin, povprečno minimalno in povprečno maksimalno temperaturo od septembra predhodnega do novembra tekočega leta, za alepski bor (*Pinushalepensis*) iz Guardamarja.

