Dendroekološka analiza stabala munike (Pinus heldreichii H. Christ) u parku prirode Blidinje

Pejić, Žarko

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:988087

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

DIPLOMSKI STUDIJ URBANOG ŠUMARSTVA, ZAŠTITE PRIRODE I OKOLIŠA

ŽARKO PEJIĆ

DENDROEKOLOŠKA ANALIZA STABALA MUNIKE (*Pinus heldreichii* H. Christ) NA PODRUČJU PARKA PRIRODE BLIDINJE

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, Ožujak 2018.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

DENDROEKOLOŠKA ANALIZA STABALA MUNIKE (*Pinus heldreichii* H. Christ) NA PODRUČJU PARKA PRIRODE BLIDINJE

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša

Predmet: Prašume i šumski rezervati

Ispitno povjerenstvo:
1. Doc. dr. sc. Stjepan Mikac
2. Doc. dr. sc. Damir Ugarković
3. Prof. dr. sc. Joso Vukelić

Student: Žarko Pejić

JMBAG: 0068217431

Broj indeksa: 714/2015

Datum odobrenja teme: 20. 03. 2017.

Datum predaje rada: 09. 03. 2018.

Datum obrane rada: 16. 03. 2018.

Zagreb, ožujak 2018.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Dendroekološka analiza stabala munike (*Pinus heldreichii* H. Christ) u parku prirode Blidinje
Title	Dendroecological analysis of *Pinus heldreichii i*n Blidinje Nature park
Autor	Žarko Pejić
Adresa autora	Steve Bereka 63, Budaševo, Sisak
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Doc. dr. sc. Stjepan Mikac
Izradu rada pomogao	Doc. dr. sc. Stjepan Mikac, Luka Prša mag. ing. silv., Domagoj Trlin mag. ing. silv. Rad je izrađen u Laboratoriju za dendroekologiju Šumarskog fakulteta u Zagrebu.
Godina objave	2018.
Obujam	42 stranice, slike: 31, tablica: 2, grafova: 3, literatura: 30
Ključne riječi	Munika, *Pinus heldreichii,* Park prirode Blidinje, klima, dendroekologija, dendroklimatologija,
Key words	Bosnian pine, *Pinus heldreichii*, Nature park Blidinje, climate, Dendroecology, dendroclimatology,
Sažetak	Zanimanje za ovaj rad munika (*Pinus heldreichii* Christ) je privukla zbog svoje rijetkosti, endemičnosti i zbog premalog broja istraživanja koja su izrađena o njoj. Cilj istraživanja je utvrditi starost stabala i sastojina munike na prostoru parka prirode Blidinje, sagledati utjecaj klimatskih čimbenika na rast i razvoj munike i koji su najvažniji klimatski čimbenici za rast munike. Bilo je potrebno terenski prikupiti uzorke pomoću Preslerova svrdla, obraditi iste, te ih laboratorijski analizirati pomoću raznih analitičko-statističkih programa. Ukupno su obrađena i ispitana 32 uzorka sa 24 stabla, sa prosječnom korelacijom od 0.592. Rezultati su pokazali da najveći limitirajući utjecaj na rast munike imaju visoke temperature u lipnju i srpnju tekuće godine, te u kolovozu prethodne godine (utjecaj rasta prethodne godine na tekuću godinu, tzv. autokorelacija iznosi 0.794). Pozitivnim za rast su se pokazale niske temperature u siječnju i veljači, te oborine u ožujku i srpnju tekuće i u kolovozu prethodne godine. Također je prikazana prostorna korelacija sa većim djelom Balkanskog poluotoka, te klimatski eksces 1782. godine.

Zahvale

Zahvaljujem se doc. dr. sc. Stjepanu Mikcu što je prihvatio mentorstvo za ovaj rad i što se stavio na raspolaganje za savjete i konzultacije.

Zahvaljujem se dipl. ing. silv. Domagoju Trlinu, dipl. ing. silv. Luki Prši, te dipl. ing. silv. Anti Dujmiću što su uvelike pomogli na razne načine pri izradi ovog rada.

Zahvale i Petru Zeleniki, Bernardu Kaliniću, Žaklini Ivanković, fra Petru Krasiću i ostalom lokalnom stanovništvu i planinarima na fotografijama i korisnim informacijama za terenski rad.

Posebne zahvale i mojoj obitelji, posebno majci i sestrama, te prijateljima zbog motivacije i podrške kroz cijelokupno školovanje i izradu ovog rada.

"Rad posvećujem i kao molitvu prikazujem za rođaka Tomislava, koji je tragično preminuo u vrijeme izrade ovog diplomskog rada"

	IZJAVA **O IZVORNOSTI RADA**	**OB ŠF 05 07**
		Revizija: 1
		Datum: 16.3.2018.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

_____

vlastoručni potpis

Žarko Pejić

U Zagrebu, *16.3.2018.*

Sadržaj

1. Uvod 1
1.1. O munici (*Pinus heldreichii* Christ) 1
1.2 Areal bora munike 3
1.3. Taksonomija i nomenklatura 5
1.4. Zajednice bora munike 6
2. Problematika 9
2.1. O parku prirode Blidinje i šumama munike na njegovom području 9
2.2. Opasnosti i štetnici na munici 11
3. Ciljevi istraživanja 15
4. Materijali i metode rada 16
4.1.Odabir lokacija uzorkovanja 16
4.2 Oprema i metodologija prikupljanja uzoraka 21
4.3. Priprema uzoraka za očitavanja 22
4.4. Klimatske prilike parka Prirode Blidinje 24
5. Rezultati istraživanja 28
5.1. Osnovni deskriptivni podaci o serijama izvrtaka 28
5.2. Starost stabala i prosječni prirast 31
5.3. Indeksna standardna i rezidualna kronologija 34
5.4. Odnos klimatskih čimbenika i rasta stabala munike 36
5.5. Vremenska stabilnost signala 37
5.6. Prostorna korelacija 38
5.7. Individualni klimatski događaji 39
6. Rasprava 40
7. Zaključci 42
8. Literatura 43

Popis slika

Slika 1. Munike na području PP Blidinje, Runjava glava 1
Slika 2. Bor munika na planini Komovi, Crna Gora 3
Slika 3. Areal bora munike (Pinus heldreichii Christ)..... 4
Slika 4. Shematski prikaz razvoja šuma munike nakon prekida paše, na lokalitetu Varićak (Čvrsnica)..... 5
Slika 5. Hieracium villosum 7
Slika 6. Sesleria coerulans..... 7
Slika 7. Pinus nigra 8
Slika 8. Pinus mugo 8
Slika 9. Proces prirodnog širenja munike u PP Blidinje, u podnožju Čvrsnice u razdoblju 1983 - 1999. godine prema podacima šumskogospodarske osnove iz 1983. godine i satelitske snimke iz 1999. godine 11
Slika 10. Oštećenje na munici nastalo smolarenjem (lijevo) i utjecajem požara (desno), Runjava glava (Foto: Žarko Pejić, 2017)..... 12
Slika 11. Gubitak šumskog pokrova (crvena i žuta boja) na prostoru PP Blidinje i u bližoj okolici u posljednjih 16 godina (Izvor: Global Forest Change, University of Maryland) 14
Slika 12. Lokacije uzorkovanja munike prema redosljedu po kojima su obrađivane: 1- Greben iznad skijaških staza; 2- Muharnica; 3- Masna Luka; 4- Runjava glava; 5- Plasa; 6- Drijenač (Izvor: Google maps)..... 17
Slika 13. Runjava glava..... 18
Slika 14. Munika na Plasi (u pozadini vidljiv pridolazak bukve) 19
Slika 15. Požar na lokaciji Drijenač 2017. godine 20
Slika 16. Munike na lokalitetu Drijenač..... 20
Slika 17. Postupak izvlačenja uzorka 22
Slika 20. Tračna brusilica..... 23
Slika 21. Označavanje godova u programu CooRecorder 8.1.1. 24
Slika 22. Klimatske granice na području parka prirode Blidinje..... 25
Slika 24. Prikaz širine godova izmjerenih serija munike prema godinama..... 32
Slika 25. Pith-offset metoda u programu CooRecorder na primjeru uzorka 33
Slika 26. Standardna (A) i rezidualna (B) kronologija munike na prostoru PP Blidinje 34
Slika 27. Izraženi populacijski signal EPS prema godinama..... 35
Slika 28. Korelacijski koeficijenti između rezidualne kronologije oborina (Prec) i temperature zraka (Temp) za razdoblje od 1901. - 2016. godine koristeći CRU TS 4.01 (land) 0.5° podatke. 36

Slika 29. Prikaz pomičnih korelacija (duljina sezone 25 godina s pomakom od 1 godine) između rezidualne kronologije, oborina (Prec) i temperature zraka (Temp) za razdoblje od 1901 - 2016. godine koristeći CRU TS 4.01 (land) 0.5° podatke 37

Slika 30. Prostorna korelacija između rezidualne kronologije munike i prosječne temeprature zraka za razdoblje od siječnja do ožujka tekuće godine (JFM) za razdoblje 1950 - 2015 koristeći E-OBS 15.0 podatke..... 38

Slika 31. Ekstremna 1782. godina podudara se sa sušnim ekscesom u jugoistočnoj Europi..... 39

1. Uvod

1.1. O munici (*Pinus heldreichii* Christ)

Pinus heldreichii Christ (syn. *P. heldreichii* var. *leucodermis* (Antonie) Markgraf, syn. *P. heldreichii* var. *leucodermis* Antonie, syn. *P. laricio* var. *heldreichii* (H. Christ) Mast; engl. Bosnian pine, Whitebark pine) je vrsta iz porodice *Pinaceae* (borovi). Narodni nazivi su: munika, munjika, bjelokori bor, crna mura, bor smrč. Posebno je važna zbog toga što je tercijarni relikt i subendemična vrsta (Janković, 1960). Može narasti do 30 m visine i razviti promjer debla do 1 m, sa karakterističnom bjelkasto- sivom korom u mlađem stadiju, ili tamnijom, pepeljasto-sivom korom u starijim stadijima (Šilić, 2005). Munika je prepoznatljiva po specifičnom raspucavanju kore na jasnije omeđene mnogokutne ljuskice koja daje uzorak poput pancira, prema čemu u Njemačkoj nosi naziv "Panzerkiefer".

Slika 1. Munike na području PP Blidinje, Runjava glava (Foto: Žarko Pejić, 2017)

Posebno je važna za srednji i zapadni dio Balkanskog poluotoka i mali dio južnog dijela Apeninskog poluotoka gdje uživa status endema. (Šilić, 2005).

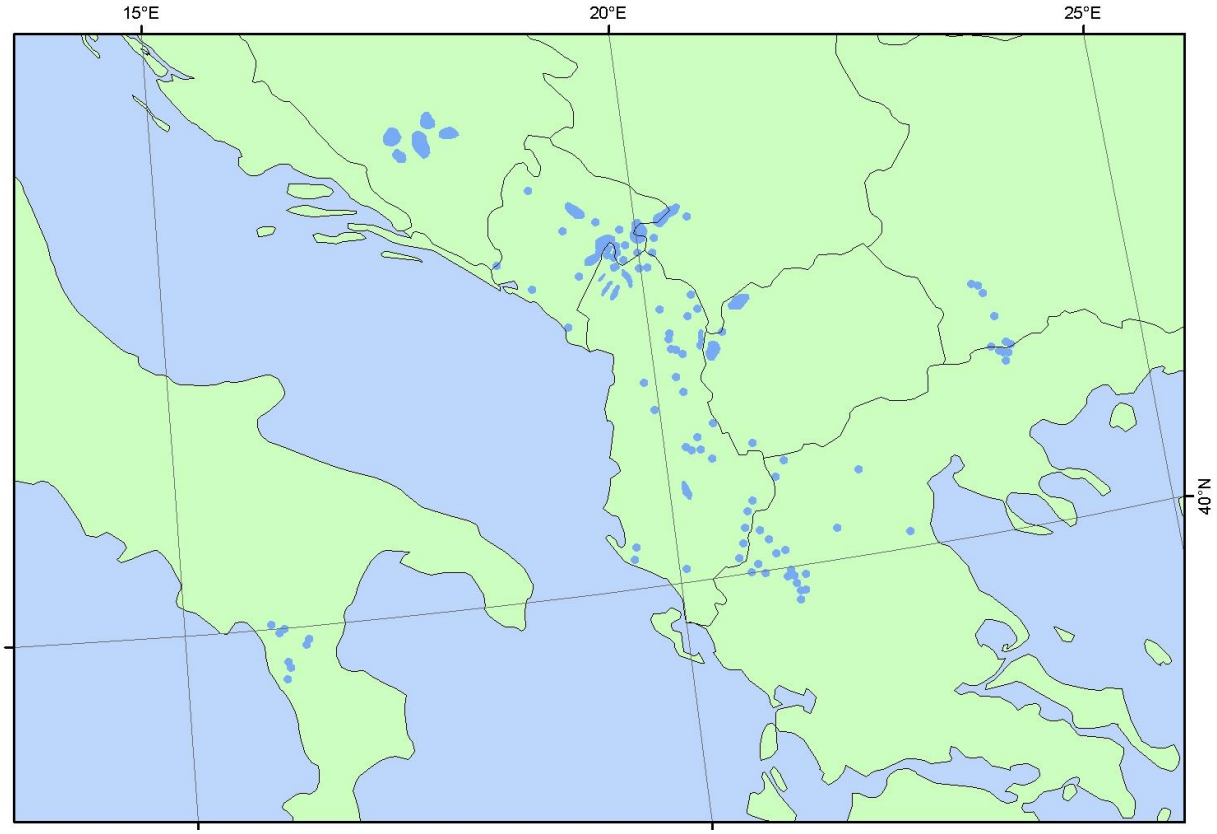
Raste pretežno na vapnenastim i dolomitnim podlogama, i to na grebenima, strmim padinama s liticama i točilima. Pridolazi rjeđe u zoni dodira vapnenaca i dolomita sa serpentinskim ili kiselim silikatnim supstratima, gdje su prilike nešto manje ekstremne. U tako teškim uvjetima, koji su uz to slabo navodnjeni zbog propusnosti podloge, na plitkim i kamenitim tlima, najčešće tipa crnica, sastojine munike se uspjevaju održati kao trajni stadij vegetacije i na tim prostorima munici ne konkuriraju druge vrste šumskoga drveća, te je za takve terene postala jedina vrsta koja dolazi u obzir za pošumljavanje (Meštrović, 1999).

Za rast i razvoj potrebna je, kao i za većinu vrsta, ravnomjerna raspodjela oborina tijekom svih dvanaest mjeseci. No na višim, planinskim prostorima gdje je rasprostranjena javljaju se neujednačeni periodi, periodi iznimno velikih oborina (od rujna do svibnja) i ekstremno suhi periodi (od lipnja do kolovoza), no unatoč tome munika se uspjeva razvijati (Meštrović, 1999). U zimskim mjesecima pod teretom većih količina vlažnog snijega kod mlađih stabala nerijetko dolazi do deformacije u rastu i pojave sabljastog oblika (Slika 1).

Slika 2. Bor munika na planini Komovi, Crna Gora (Izvor: https://www.summitpost.org/munika-pinus-heldreichii/637063)

1.2 Areal bora munike

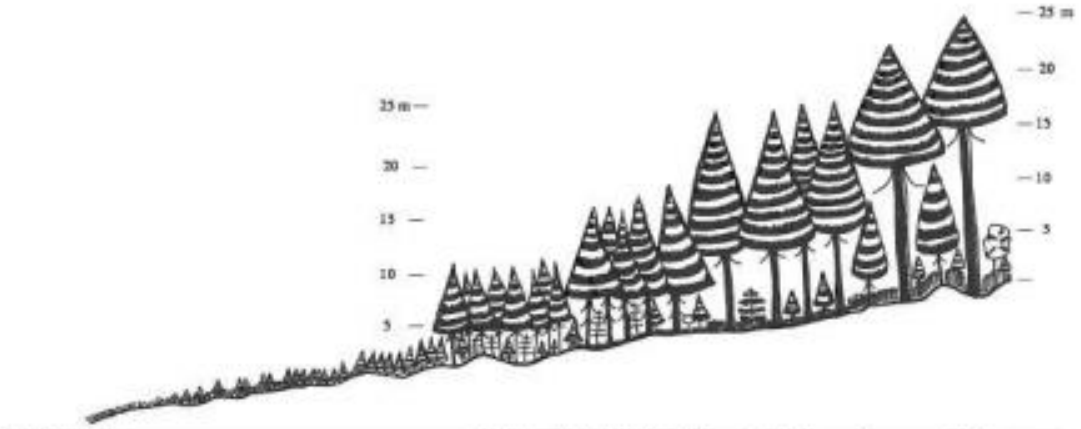
Prema podacima iz Crvene liste Flore Federacije Bosne i Hercegovine iz 2015., munika se na području Bosne i Hercegovine nalazi na sljedećim lokacijama: planine Vitorog, Preslica, Prenj, Borašnica, Bjelašnica, Vranovina, Visočica, Čvrsnica, Čabulja, Vran, Orijen i Plasa, vrhovi Stijene Hranisave, Lupoglav, Tisovica, Zelena Glava, Kantar (počinje na 1060 m), lokalitet Rujište (1700 m), visoravni Prislap i Porim, Muharnica i Masna luka. Što se tiče areala van granica Bosne i Hercegovine, sastojine munike su ispresjecanog areala na visokom gorju Crne Gore, Kosova, Makedonije, Albanije, Bugarske, Grčke i u odvojenim skupinama u južnoj Italiji, pa se iz toga može ustvrditi da se opće rasprostranjenje munike uklapa u submediteransko područje (Slika 3) (Meštrović, 1999). Munika zauzima pretplaninska i planinska područja od 800 do 2500 m. n.v. (planina Olimp). Najčešće se nalazi na ekstremnim staništima velikih visina (preko 1500 m. n.v.), karakterističnih uskih grebena, točila i litica gdje nema konkurenciju drugih vrsta (Drinić i Prolić, 1979) gdje joj opstanak omogućava jako razvijen i razgranat korijenski sustav.



Slika 3. Areal bora munike (Pinus heldreichii Christ) (Izvor: http://www.euforgen.org/species/pinus-heldreichii/)

Muniku karakterizira spor rast i izrazita heliofilnost što joj predstavlja smanjenje konkurentnosti i sposobnosti širenja na veće prostore. Primarno se pojavljuje na južnim, višim, strmim, suhim i kamenitim terenima na karbonatnoj i dolomitnoj podlozi. Sekundarno pridolazi na hladnijim sjevernim, blažim, vlažnim terenima na silikatnoj podlozi s nešto povoljnijom klimom. Na tim mjestima munika često ima konkurenciju brzorastućih ili skiofilnih vrsta (npr. jela, crni bor, bukva i molika), koji joj polako smanjuju količinu dostupne svjetlosti i oduzimaju prostor za rast i razvoj (Janković, 1960; Meštrović, 1999). Nasuprot užem i ograničenome arealu, šume munike, naročito čiste sastojine, imaju posebnu važnost u šumskoj vegetaciji zbog svoje rijetkosti (Meštrović, 1999).

Munika je vrsta pionirskoga karaktera pa je možemo još pronaći i na nižim nadmorskim visinama kao prvu fazu u progresivnoj sukcesiji planinskih šuma nakon uništene primarne šumske vegetacije požarom ili antropogenim utjecajima kao što su nekontrolirana sječa, brst i ispaša (Lazarević, 2013) (Slika 4).



DOB I FAZE RAZVITKA	← MLADA SASTOJINA				SREDNJEDOBNA SASTOJINA	STARIJA SASTOJINA	STARA SASTOJINA
	POJAS NASELJAVANJA						
	POJAS PLANINSKIH LIVADA	ZONA OBVAJANJA	VANJSKA I UNUTARNJA RUBNA ZONA	POJAS ŠUME			
NADMORSKA VISINA (metara)	1198 - 1230	1230 - 1280	1280 - 1315			1400 - - - →	
RASTOJANJE (metara)	110	380	670			1200 - - - →	

Slika 4. Shematski prikaz razvoja šuma munike nakon prekida paše, na lokalitetu Varićak (Čvrsnica) (Meštrović, 2007)

1.3. Taksonomija i nomenklatura

Prva otkrića munike datiraju od sredine 19. stoljeća kada ju je na padinama Olimpa pronašao grčki botaničar Theodor Heldreich. Zbog nepoznavanja vrste označava je nazivom *Pinus maritima* Ait. pošto mu se doimala najsrodnijom navedenoj vrsti. Tako determiran uzorak ostao je sve do 1863. godine kada ga je pobliže analizirao i kao novu vrstu opisao švicarski botaničar Herman Christ koji je u to vrijeme pisao monografiju europskih borova, te mu dao naziv *Pinus heldreichii* Christ, prema njegovu otkrivaču.

U isto vrijeme kolekcionar Franjo Maly pronalazi jedinke munike na planini Orijen, prikuplja uzorke koje šalje austrijskom botaničaru Franji Antoineu koji također piše monografiju o europskim borovima. Antoine 1864. godine prepoznaje da se radi o novoj vrsti, opisuje je i daje joj naziv *Pinus leucodermis* Antoine. Od tada nastaju velike nesuglasice u vezi nomenklature, a i samog prepoznavanja vrste. Većina botaničara nakon toga koriste naziv *Pinus leucodermis* Antoine, dok *Pinus heldreichii* Christ jedni smatraju sinonimom, drugi pak posebnom vrstom. Što se nazivlja tiče veliku ulogu 1926. godine čini botaničar Hayek koji prema pravilima botaničke nomenklature kao ispravnim predstavlja naziv *P. heldreichii* Christ (Meštrović, 1999).

Danas se u nomenklaturi koriste oba naziva koja označavaju istu vrstu. Razlikuju se samo dva taksona i to:

- *Pinus heldreichii* var. *heldreichii* (syn. *P. heldreichii* var. *typica* Markgr.) koji pridolazi na području Albanije, Grčke, Srbije, Makedonije, Bosne i Hercegovine
- *Pinus heldreichii* var. *leucodermis* (Antoine) Markgr., na području Bosne i Hercegovine, Srbije, Makedonije, Bugarske, Grčke i južne Italije (Šilić, 2005).

U prirodi je pronađen i spontani hibrid između crnog bora i munike, nazvan *P.* × *nigradermis* Fuk. et Vid. (*P. nigra* × *P. leucodermis*), koji se pojavljuje na planini Prenj, posebice na lokalitetu Rujište (Fukarek i Vidaković, 1965).

1.4. Zajednice bora munike

Široka ekološka valencija munike omogućava joj pridolazak na raznim mjestima i staništima, pa na taj način izgrađuje i više tipova šuma. Fitocenološka klasifikacija svrstava šume munike u razred *Erico-Pinetea* Ht. 1959, redu crno borovih i munikinih šuma naziva *Pinetalia heldreichii-nigrae* Lak. 1970, te svezi šuma munike *Pinion heldreichii* Horv. 1946, gdje je munika glavna vrsta. U navedenoj svezi upravo asocijacija hercegovačkih šuma munike *Pinetum heldreichii hercegovinicum* Horv. 1963 predstavlja jedan od osnovnih skupova, koji se pojavljuju najčešće u vidu vrlo raskidanih sastojina, gdje se ova vrsta nalazi u fitocenozama visokoplaninskih rudina ili u zajednicama subalpinske bukve i šuma bora krivulja.

Na području Hercegovačkih planina prof. Pavle Fukarek opisuje 5 zajednica munike, i to:

1. *Amphoricarpeto-Pinetum heldreichii* Fukarek 1966. :
   - nastanjuje uske dolomitne grebene, te strme padine na nadmorskoj visini od 1.300 do 1.800 m.
   - za zajednicu su svojstvene: *Amphoricarpus neumameri, Thesium auricilatum i Hieracium vilosum*

Slika 5. Hieracium villosum (Izvor: https://joachimthiede.smugmug.com/Alpines/Alpines-A-Z/H-Alpines/i-hXfG9c7 *)*

2. *Senecioni-Pinetum heldreichii* Fukarek 1966.:

- nastanjuje kamenita, relativno blaža staništa.
- Za ovu zajednicu svojstveni su endemi *Senetio vissianianus* i *Sesleria coerulans.*

Slika 6. Sesleria coerulans (Izvor: https://www.gettyimages.com/photos/sesleria-coerulans?sort=mostpopular&mediatype=photography&phrase=sesleria%20coerulans *)*

3. *Pinetum-nigrae leucodermis* Fukarek 1966.:

- Na granicama između staništa koje nastanjuje crni bor i munike
- spontano dolazi do prirodnog križanja (*P.* × *nigradermis* Fuk. et Vid.)
- svojstvena vrsta *Pinus nigra* Arnold

Slika 7. Pinus nigra (Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Crni_bor)

4. *Mugeto-Pinetum leucodermis* Fukarek 1966.:

- nastanjuje najviše nadmorske visine subalpinskog graničnog područja s borom krivuljom
- svojstvena vrsta *Pinus mugo* Turra

Slika 8. Pinus mugo (Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Pinus_mugo)

2. Problematika

2.1. O parku prirode Blidinje i šumama munike na njegovom području

Park prirode Blidinje jedan je od dva parka prirode u Bosni i Hercegovini zaštićeni po III. kategoriji prema IUCN-u. Park prirode Blidinje proglašen je zaštićenim 30. travnja 1995. godine (Zakon o proglašenju "Narodni list HR H-B" br. 13/95.) koji uključuje planinske masive Vran i Čvrsnicu između kojih se prostire Dugo polje. Na južnom djelu Dugog polja nalazi se Blidinjsko jezero (1185 m.n.v.), najveće planinsko jezero u Bosni i Hercegovini čija površina iznosi od 2,5 km^2 u sušnim razdobljima do 6 km^2 u vlažnom razdoblju (Miličević, 2015). Park zauzima površinu od 358 km^2, na graničnom području između triju županija, i to: Hercegovačko-neretvanske županije (165 km^2)- grad Mostar i općine Prozor-Rama i Jablanica; Zapadnohercegovačke županije (90 km^2)- općina Posušje; i Hercegbosanske županije (103 km^2)- općina Tomislavgrad. Park se nalazi na pretežno karbonatnim stijenama, na vapnencima i dolomitima (Plan upravljanja za park prirode Blidinje, 2011).

Što se tiče šumskih kompleksa na prostoru parka prirode Blidinje postoje vidljive razlike. Tu je izdvojeno 5 šumskih rezervata zbog njihovih posebnih ekoloških i pejzažnih svojstava, a to su:

- Masna Luka; već spomenute čiste sastojine bora munike

- Muharnica; mješovite šume bukve, jele, smreke i munike

- Sjeverna padina Jelinka; smreka, jela, bor, bukva i klekovina bora krivulja

- Sjeverozapadne padine Vrana; šume jele i smreke

- Južne padine Vrana; bjelogorična šuma gdje prevladava bukva. (Znanstveni simpozij, 2015.)

Šume bora munike predstavljaju važan dio dendroflore i sveukupnog živopisnog krajolika parka prirode Blidinje. Kada se govori o prisutnosti munike na području parka prirode Blidinje misli se prvenstveno na onu muniku koja se nalazi podno i na planinama Čvrsnici i Vranu. Za ovaj rad svi uzeti uzorci su prikupljeni s planine Čvrsnice, koja je dio dinarskog lanca, te najviša planina u Hercegovini. Pruža se na

prostoru između kanjona rijeke Neretve na istoku, kanjona Doljanke na sjeveru, kanjona Drežanke na jugu i Dugog Polja sa zapadne i sjeverozapadne strane (Plan upravljanja za park prirode Blidinje, 2011).

Na planini Čvrsnici se prema šumskogospodarskim osnovama nalazi 472 hektra šuma munike (Meštrović, 2008). Najgušće i najveće čiste sastojine munike nalaze se na području Masne Luke, gdje je također najvidljiviji njen proces prirodne obnove nakon što se prestalo s pašarenjem na tom prostoru prije 40-50 godina. Tu je osnovan i istoimeni pridrodni šumski rezervat munike namjenjen znanstvenim proučavanjima i istraživanjima.

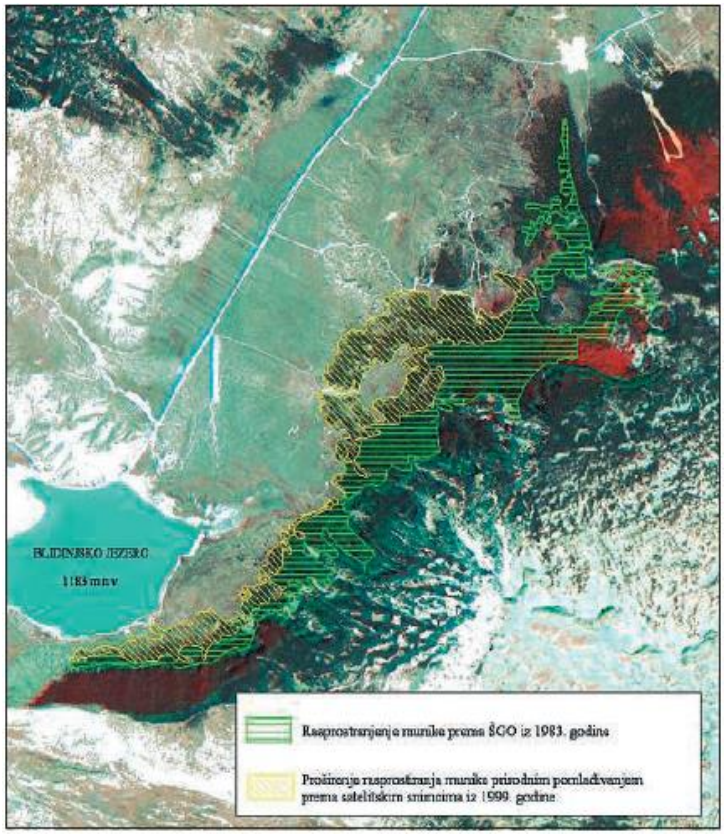
Vrijednost navedenih šuma upravo na planini Čvrsnici procjenjivao je Augustin Meštrović 2008. godine na 10 pokusnih ploha, koristeći se metodom prof. Branimira Prpića (1992., 1997., 2001.), gdje navodi kako munika na tom području ima ponajprije zaštitnu ulogu.

Općenito govoreći posredne funkcije šuma imaju veću vrijednost od proizvodnih (sirovinskih), te se računa da su vrijednosti općekorisnih funkcija šuma (OKFŠ) 30 i više puta veće od vrijednosti svih šumskih proizvoda (drvo, sporedni šumski proizvodi, pčelarski proizvodi, šumski plodovi i lov) (Prpić, 1992).

Zbroj ocjena općekorisnih funkcija šuma munike iznosi 40, a iznos bodova za tu ocjenu očitan iz tablice OKFŠ-a je 560.000,00 što je također i iznos u kunama za njenu vrijednost po hektaru. Ako tome pridodamo površinu šuma munike na Čvrsnici dobivamo vrijednost općekorisnih funkcija u iznosu od 264.320.000,00 kuna. Kada se navedenom iznosu pridoda vrijednost drvne sirovine, koja iznosi 29.063.569,92 kune, dobivamo ukupnu vrijednost od 293.383.569,90 kuna (39.046.419,32 EUR) (Meštrović, 2008). To govori o velikoj vrijednosti munike na području parka prirode Blidinje izraženo u financijskom smislu.

Brojnost prirodnog pomlatka u šumama munike ponajprije ovisi o dobi, stadiju razvoja i stupnju sklopa sastojina, a uspjeh prirodnog pomlađivanja sastojina munike ovisi o vrlo teškim uvjetima visokoplaninskog staništa i dobi sastojina. Brojnost prirodnog pomlatka munike u sastojinama munike prosječno iznosi 6.568 kom/ha, a kreće se od 4.765 kom/ha u srednjodobnim, zatim 6.355 kom/ha u starijim do 8.585 kom/ha u starim sastojinama. Brojnost prirodnog pomlatka u starim sastojinama munike zadovoljava prirodno pomlađivanje ovih šuma na području parka prirode Blidinje (Meštrović, 2007), što je moguće primjetiti golim okom ako pogledamo širenje iste,

posebice na sjevernim djelovima planine Čvrsnice i na površinama Dugog Polja, gdje je čovjek prestao sa obradom tla i ispašom (Slika 9). Prosječna klijavost sjemena munike iznosi 80%, prema istraživanju prof. Pavla Fukareka sa sjemenom koje podrijetlo vuče sa planine Prenj (Fukarek, 1944).



Slika 9. Proces prirodnog širenja munike u PP Blidinje, u podnožju Čvrsnice u razdoblju 1983 - 1999. godine prema podacima šumskogospodarske osnove iz 1983. godine i satelitske snimke iz 1999. godine (A. Meštrović, 2007)

2.2. Opasnosti i štetnici na munici

Iako je munika često bila predmet istraživanja i iako je o njoj objavljeno dosta radova, ipak se ne zna puno o toj endemičnoj vrsti. Augustin Meštrović kao razlog tome ističe parcijalna istraživanja i da zbog toga imamo parcijalna i nepotpuna saznanja (Meštrović, 1999). Nema pretjeranih saznanja o njenim ekološkim zahtjevima i o tome kako klimatske promjene utječu na njen razvoj i širenje. Poznati su tek određeni abiotski i biotski čimbenici koji su utjecali na njen opstanak.

Prema navodima lokalnog stanovništva, na području PP Blidinje munika je najviše korištena za ogrijev, zatim kao tehničko, građevno drvo iznimne čvrstoće, te kao izvor ljekovite smole koja se koristila za razne rane i bolove, posebice u leđima. Njen transport bio je otežan zbog staništa i visina na kojem se nalazila, te zbog svoje težine, tako da je izvlačenje munike bilo moguće u nižim, ljudima pristupačnijim djelovima. Na prirodno rasprostiranje munike najviše negativano utječu požari i djelovanje čovjeka (nekontrolirana sječa, brst, ispaša i sl.) (Vendramin i sur., 2008).

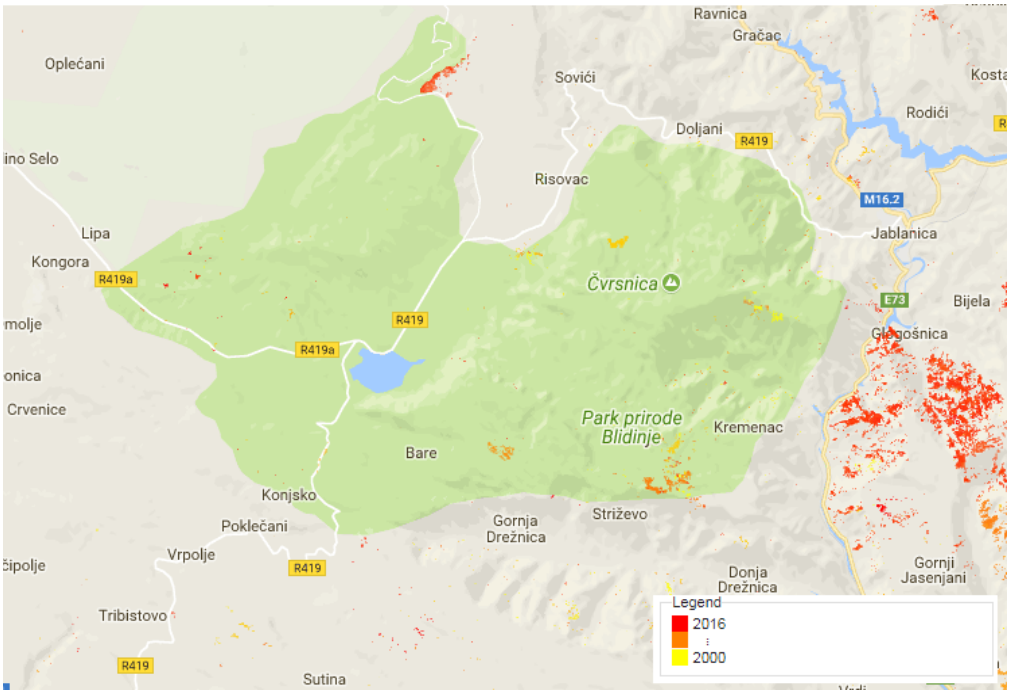
Slika 10. Oštećenje na munici nastalo smolarenjem (lijevo) i utjecajem požara (desno), Runjava glava (Foto: Žarko Pejić, 2017)

Što se tiče mraza i niskih temperatura munika je izrazito otporna vrsta – podnosi temperature koje variraju od -45°C do 45°C, ali ponekad strada prilikom dugih, kontinuiranih i hladnih perioda ispod -10°C (Meštrović, 1999). S druge strane oštećenja može izazvati zaleđeni snijeg, koji stvara snježnu pokoricu koja najčešće čini štete na vršnim dijelovima stabla. Nastupanjem toplijih dana pokorica puca, pomiče se te tako dodatno oštećuje stablo (Meštrović, 2007).

Prilikom ovog istraživanja pronađeno je više jedinki sa oštećenjima nastalim od udara groma. Razlog tome je njen visok rast na već visokim nadmorskim visinama, te tako postoje pogodna točka za udare gromova.

Jedan od problema za prirodno pomlađivanje munikinih šuma je ispaša. Na području parka prirode Blidinje, kao i na ostalim planinskim područjima, za vrijeme toplijih, ljetnih mjeseci pastiri su dovodili stoku na ispašu. Za vrijeme ispaše stoka je odgrizala izbojke i gulila koru pomlatka, te je na taj način dolazilo do njegovog odumiranja. Time se sprječavala prirodna regeneracija šume nakon biološkog odumiranja starih stabala (Vedramini i sur., 2008). Istraživanja provedena u Nacionalnom parku Pollino (Italija) zabilježila su da se razvoj munike iz pomlatka u mladik povećao za 90% nakon smanjenja broja stanovništva i djelatnosti u njihovoj blizini, u periodu od 50 godina (Todaro i sur., 2007). U starijim stadijima stoka i divljač ne čine značajne štete na munici, zbog debele kore.

Što se prirodnih štetnika i patogena tiče, dosadašnja istraživanja su pokazala da je munika poprilično otporna. Veći i ozbiljnji napadi zabilježeni su od strane ponekih štetnika iz reda opnokrilaca (*Hymenopterae*), potkornjaka (*Pityogenes bidentatus*), borova savijača (*Rhyacionia buoliana*) i borova četnjaka gnjezdara (*Thaumetopoea pityocampa*). Kad je riječ o patogenim vrstama gljiva, zabilježene su manje štete od truležnice *Heterobasidion annosum* (Vendramin i sur. 2008), te na području Srbije i Crne Gore primjećena je gljiva *Sphaeropsis sapinea* na munici, koja je značajno patogena za crni bor (Milijašević, 2004). Prilikom izrade ovog rada na području parka prirode Blidinje nisu zabilježena oštećenja nastala od štetnika, također ni plodišta patogenih vrsta gljiva na živim stablima bora munike, pa se može zaključiti da su najveći uzroci odumiranja stabala munike upravo požari (Slika 11).



Slika 11. Gubitak šumskog pokrova (crvena i žuta boja) na prostoru PP Blidinje i u bližoj okolici u posljednjih 16 godina (Izvor: Global Forest Change, University of Maryland)

3. Ciljevi istraživanja

Ciljevi ovog istraživanju su:

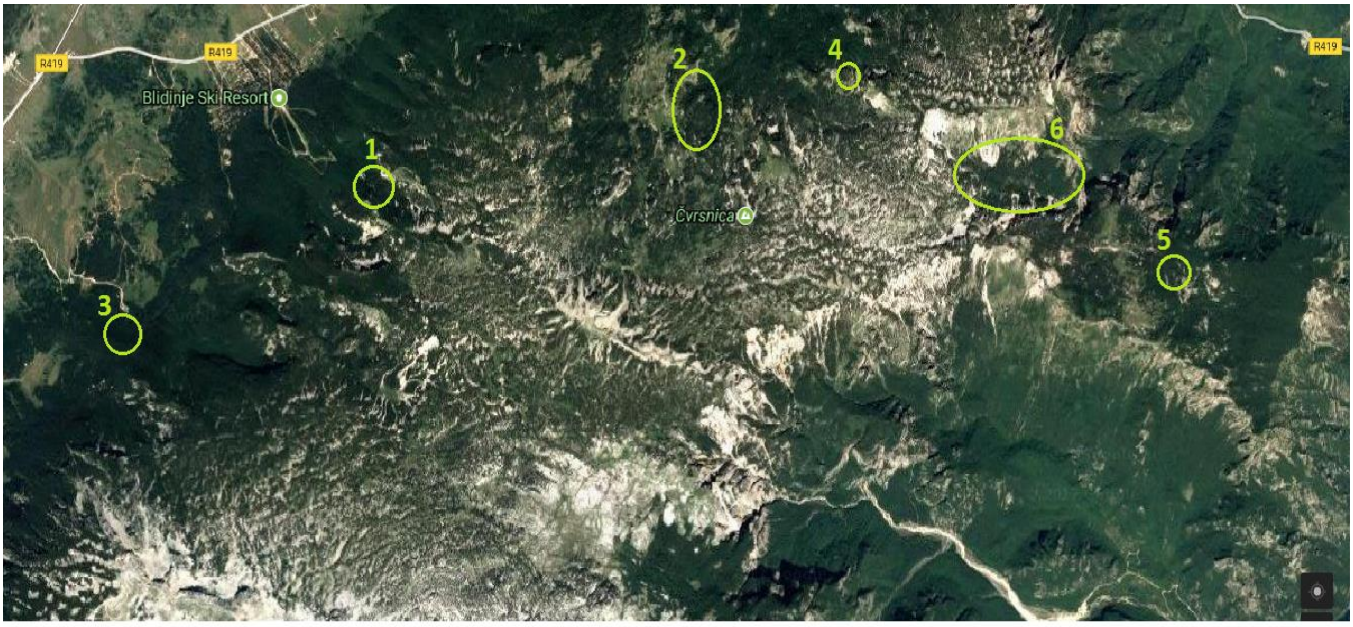
- Istražiti utjecaj klimatskih čimbenika na varijabilnost radijalnog prirasta bora munike (*Pinus heldreichii* Christ) na području parka prirode Blidinje
- Utvrditi starost sastojina munike na području parka prirode Blidinje
- Utvrditi koji je najznačajniji klimatski čimbenik za rast stabala munike u parku prirode Blidinje

4. Materijali i metode rada

4.1.Odabir lokacija uzorkovanja

Zbog razvedenog planinskog, krškog reljefa odabir sastojina za uzorkovanje nije bio moguć pomoću mreže poligona i sličnih "šablonskih" metoda. Dodatna otežavajuća okolnost bili su minirani tereni, te nepristupačni ili pak zatvoreni putevi. Odabir lokacije se vršio prema saznanjima iz prethodnih istraživanja i usmenim savjetima lokalnog stanovništva i poznavatelja područja. Kriterij za odabir lokacija bio je taj da su sastojine što je moguće starije dobi, zbog toga što su za izradu dendrokronološke slike bili potrebni uzorci sa što većim brojem godova. Uzorkovane su munike na 6 lokacija, od kojih su uzorci s 4 lokacije odbačeni zbog premale starosti ispitanih jedinki (Slika 12):

1. lokacija: Greben povrh skijaških staza u Risovcu
2. lokacija: Muharnica (uz planinarski put prema Hajdučkim vratima)
3. lokacija: Masna luka
4. lokacija: Runjava glava (Runjava glavica)
5. lokacija: Plasa
6. lokacija: Drijenač (usjek podno Velikog i Malog Sljemena)



Slika 12. Lokacije uzorkovanja munike prema redosljedu po kojima su obrađivane: 1- Greben iznad skijaških staza; 2- Muharnica; 3- Masna Luka; 4- Runjava glava; 5- Plasa; 6- Drijenač (Izvor: Google maps)

Veoma je važno napomenuti da na navedenim lokacijama ovo istraživanje ne isključuje postojanje starijih jedinki, već ovoga puta nisu pronađene i ispitivane.

Prva analizirana lokacija se nalazi povrh skijaških staza na Risovcu, gdje su pronađene munike na oskudnom kamenitom terenu na zapadnoj, odnosno jugozapadnoj ekpoziciji. Ispitivanjem na terenu je utvrđeno da njihova starost iznosi između 80 i 120 godina i kao takve nisu uzete u dalje očitavanje.

Druga lokacija je Muharnica (uz planinarski put prema Hajdučkim vratima) na kojoj su pronađene pojedinačne, relativno stare munike uz klekovinu bora krivulja (*Pinus mugo*) na zaravnjenijem terenu. Razlog rijetkog pridolaska je ljudsko djelovanje u vidu ispaše i sječe posljednjeg stoljeća koje je još vidljivo unatoč procesu munikine prirodne obnove. Tek je na okolnim padinama zamjećeno brojnije stanje starih munika, ali je zbog razvedenog terena i guste klekovine ispitivanje bilo nemoguće. Pošto se tu nije radilo o sastojinama, već o pojedinačnim starim stablima, koja su kako je utvrđeno nakon analize na terenu bila stara do 220 godina, lokacija je odbačena za dalje uzorkovanje.

Na trećoj lokaciji, u Masnoj luci, utvrđena je starost od 60 do 100 godina. U Masnoj luci ispitivan je najmanji broj stabala jer se već vizualno moglo uvidjeti da je riječ o relativno mladim sastojinama. Tu se radi o nedavnom naseljavanju munike (kao pionirske vrste) na zapuštene površine koje su služile za ispašu stoke.

Četvrta lokacija se nalazi između Kažnjeva i Raulje, nazvana Runjava glava na kojoj se nalazi stara, čista sastojina munike na oskudnom, kamenitom tlu. Uzorkovano je 9 jedinki na južnoj ekspoziciji. Uzorci s navedene lokacije dalje su obrađivani i iskorišteni za ovaj rad.

Slika 13. Runjava glava (foto: Žarko Pejić, 2017)

Lokalitet na Plasi je osobito zanimljiv zbog toga što su tu pronađene i uzorkovane jedinke najvećih promjera koji je kod nekih stabala iznosio preko jedan metar. Na tom području munika pridolazi u mješovitoj zajednici s bukvom, na malo dubljem terenu, odnosno na terenu bogatijem organskim slojem tla, zbog čega je došlo do razvoja velikih dimenzija. Uvidom izvrtaka utvrđeni su veliki razmaci između godova što opućuje na duža vegetacijska razdoblja. Unatoč velikim promjerima starost ispitanih jedinki nije prelazila 150 godina, pa su zbog toga izvrtci s te lokacije odbačeni za ovaj rad.

Slika 14. Munika na Plasi (u pozadini vidljiv pridolazak bukve) (Foto: Bernard Kalinić)

Najekstremnije stanišne uvjete munika je imala na lokalitetu Drijenač (usjek podno Velikog i Malog Sljemena). Drijenač krasi plitko i oskudno tlo, veliki sipari i litice s kojih su odroni kamenja ostavili tragove u vidu oštećenja na većini munika. Usjek se proteže u pravcu istok-zapad, gdje s istočne strane nalazimo pridolazak bukve (*Fagus sylvatica*). Nažalost, u ljeto 2017. ovaj dio je pogodio požar i uništio između ostalog velik broj starih munika (Slika 15). Ispitano je 20 stabala s navedene lokacije i uzeti su za dalju obradu i očitavanje.

Slika 15. Požar na lokaciji Drijenač 2017. godine (Foto: Petar Zelenika, 2017)

Slika 16. Munike na lokalitetu Drijenač (foto: Petar Zelenika, 2017)

4.2 Oprema i metodologija prikupljanja uzoraka

Oprema koja je korištena pri pronalaženju i prikupljanju uzoraka na terenu se sastoji od Preslerova svrdla sa iglom ("žlicom") za izvlačenje uzoraka (Haglof) dužine 30cm i 45cm**,** plastične cijevčice (slamke) za pohranu skupljenih uzoraka i dvogled za lakši pronalazak ciljanih stabala.

Izvlačenje uzoraka se vršilo tako što bi se stabla prvo vizualno pregledala od oštećenja i truleži, te bi se sagledao položaj grana. Sami postupak bušenja se radi okomito na smjer pružanja godova, na prsnoj visini (1,30 m), sve do polovice promjera prema centru stabla, kako bi se dobili što precizniji podaci (Slika 17). Uzorci se ne bi smjeli uzimati s gornje ili donje strane stabla u odnosu na pružanje padine zbog pojave lažnog drva, te krivih podataka u daljoj analizi. To nažalost nije uvijek moguće zbog ekstremnih staništa i položaja stabala munike, pa neke od njih nije moguće uzorkovati. Iz svakog stabla je potrebno prikupiti po dva uzorka sa suprotnih strana ako je to moguće. Nakon bušenja svrdlom i izvlačenja izvrtaka iglom isti se pohranjuju u plastične cijevčice, te se označava lokalitet s kojeg su prikupljeni.

Slika 17. Postupak izvlačenja uzorka (Foto: Domagoj Trlin, 2017)

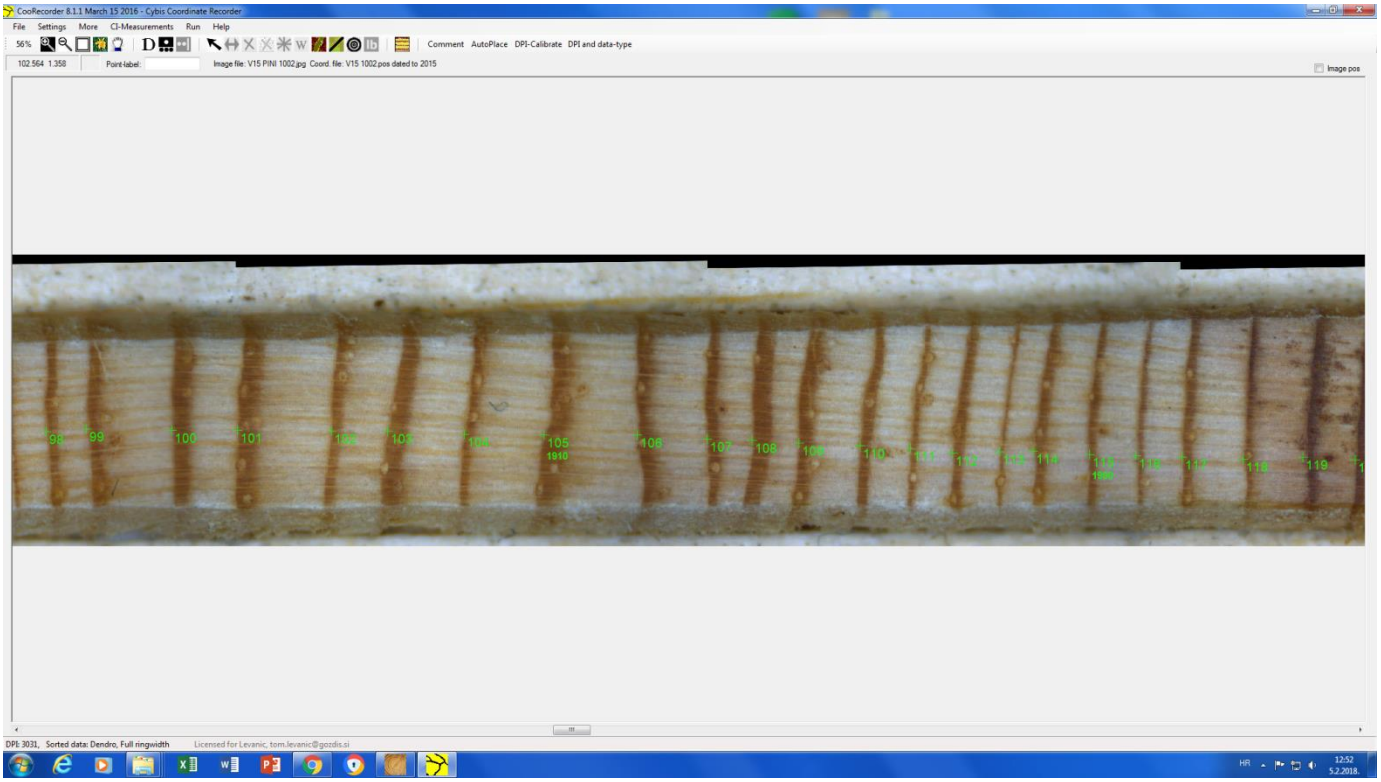
4.3. Priprema uzoraka za očitavanja

Nakon prikupljanja uzoraka na terenu i njihove pohrane u plastične cijevčice potrebno ih je uskladištiti na nižoj temperaturi, u hladnjaku na oko 5°C radi sprečavanja procesa truljenja i smanjenja kvalitete samih uzoraka. Uoči same obrade izvrtaka potrebno ih je osušiti, što je učinjeno na kartonskom papiru na sobnoj temperaturi, uz pritisak koji je spriječavao njihovu deformaciju. Nakon sušenja koje je trajalo nešto više od 48 sati izvrtci su zaljepljeni na prilagođene, užljebljene drvene podloge tako da su provodni sustavi postavljeni okomito na podlogu. Ljepljenje na podloge se vrši kako bi se olakšao sljedeći korak pripreme, a to je brušenje. Brušenje se vršilo standardnom tračnom brusilicom (Slika 20), pri čemu se, radi dobivanja finije površine uzoraka, mijenjala granulacija brusnog papira od grube 80, preko 120, 180 do najfinije granulacije 240. Nakon tog postupka uzorci su spremni za skeniranja i očitavanja.

Slika 20. Tračna brusilica (Foto: Žarko Pejić,2018)

Skeniranje uzorka izvršeno je pomoću kombiniranog sustava (sastavljenog od kamere, ZEISS Stemi 305 mikroskopa i mjernog stola s motorom) koji je spojen na stolno računalo, na program ATRICS.

Širina godova, u smjeru od kore (novije godine) prema središtu izvrtka, izmjerena je uz pomoć *CooRecorder* programa (slika 21) kako bi se mogla dobiti kronologija svakog uzorka pojedinačno.



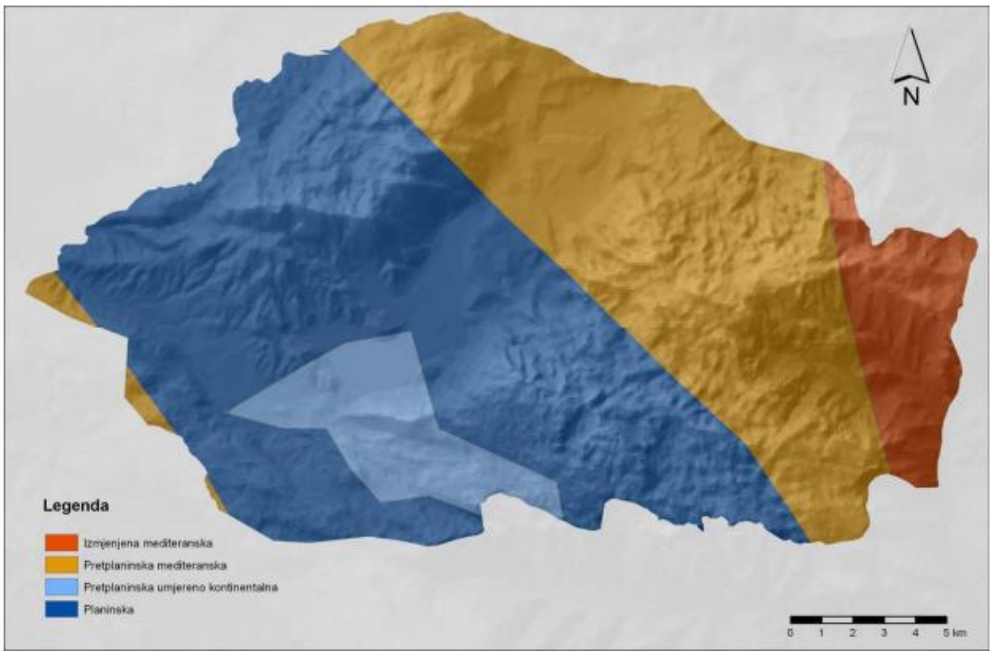
Slika 21. Označavanje godova u programu CooRecorder 8.1.1.

Uzorci su međusobno grafički i vizualno datirani pomoću TSAP-Win™ software-a, služeći se *t*-vrijednostima koeficijenta korelacije (Baillie & Pilcher, 1973) i *Gleichläufigkeit* (GLK) koeficijenta, koji prikazuje razinu sličnosti između dviju individualnih kronologija baziranih na prvoj razlici između sukcesivnih godova (Schweingruber, 1988). Za uvid u statističku kvalitetu datiranja pojedinih uzoraka prema ukupnoj, referentnoj kronologiji korišten je program COFECHA (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001).

4.4. Klimatske prilike parka Prirode Blidinje

Da bi se sagledao utjecaj klimatskih čimbenika na varijabilnost radijalnog prirasta bora munike na području parka prirode Blidinje treba se pobliže upoznati sa klimom tog područja i dosadašnja saznanja o njoj. Klimatski čimbenici su uvelike uvjetovani geografskim položajem, reljefom, nadmorskom visinom, ekspoziciji, vegetaciji i sličnim uvjetima. Zbog reljefne razvedenosti i cjelokupne složenosti terena teško je definirati jasne granice utjecaja klima na podučju parka, ali je unatoč tome opisan

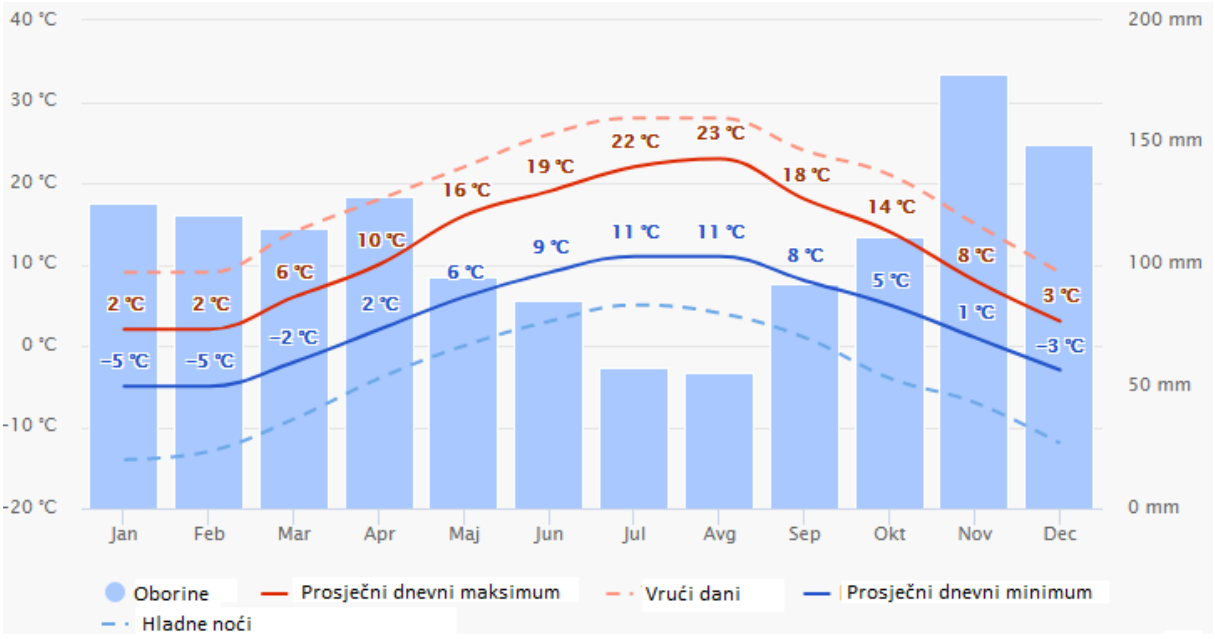
utjecaj četriju klima. Na nižim, južnim padinama planina Čvrsnice i Vrana djeluje izmijenjena mediteranska klima, zatim planinska klima na vrhovima koja je ujedno i najzastupljenija, nadalje pretplaninska umjereno-kontinentalna, te kontinentalna na sjevernim padinama planina i višim nadmorskim dijelovima. (Slika 22) (Plan upravljanja za park prirode Blidinje, 2011).



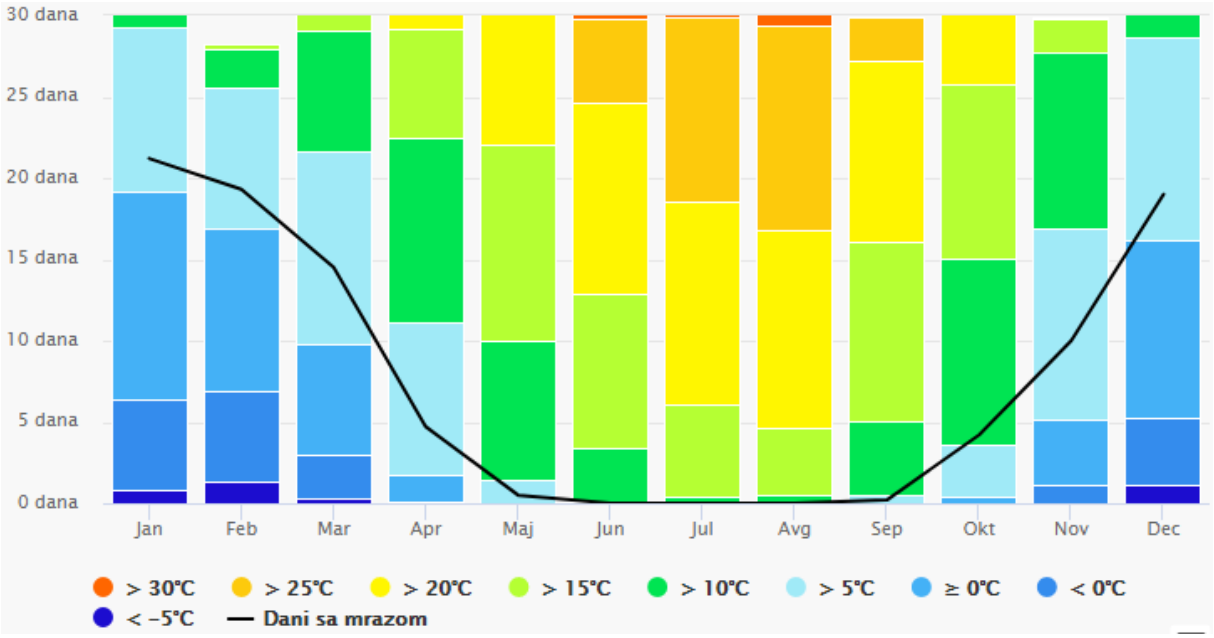
Slika 22. Klimatske granice na području parka prirode Blidinje (Izvor: Plan upravljanja za park prirode Blidinje, 2011)

Na području parka nalaze se dvije meteorološke stanice. Prikazani su podaci za područje Masne luke (1196 m. n. v., 43.64°S 17.55°) u posljednjih 30 godina. Iz grafa 1 vidljivi su podaci prosječnih temperatura, i to prosjek maksimalne/minimalne dnevne temperature i posebno dnevna i noćna temperatura, te prosječne količine oborina prema mjesecima. Temperature se kreću unutar granica od +34,2 °C do -34 °C, sa znatnom temperaturnom razlikom između dana i noći. Proljeća su uglavnom toplija od jeseni, a zime su hladne s dosta oborina, osobito snijega i traju već od studenog do travnja. Vidljivo je značajno smanjenje oborina u srpnju i kolovozu (do 50 mm), te visoke temperature koje dolaze i do 30°C, što vrlo često dovodi do sušnih razdoblja. Vidljive su temperaturne oscilacije i količina padalina kroz broj dana u mjesecu. Također postoje i razlike u trajanju insolacije (osunčanosti) između južnih i sjevernih padina koja može biti i do 2,5 puta veća u korist južnih strana, što igra

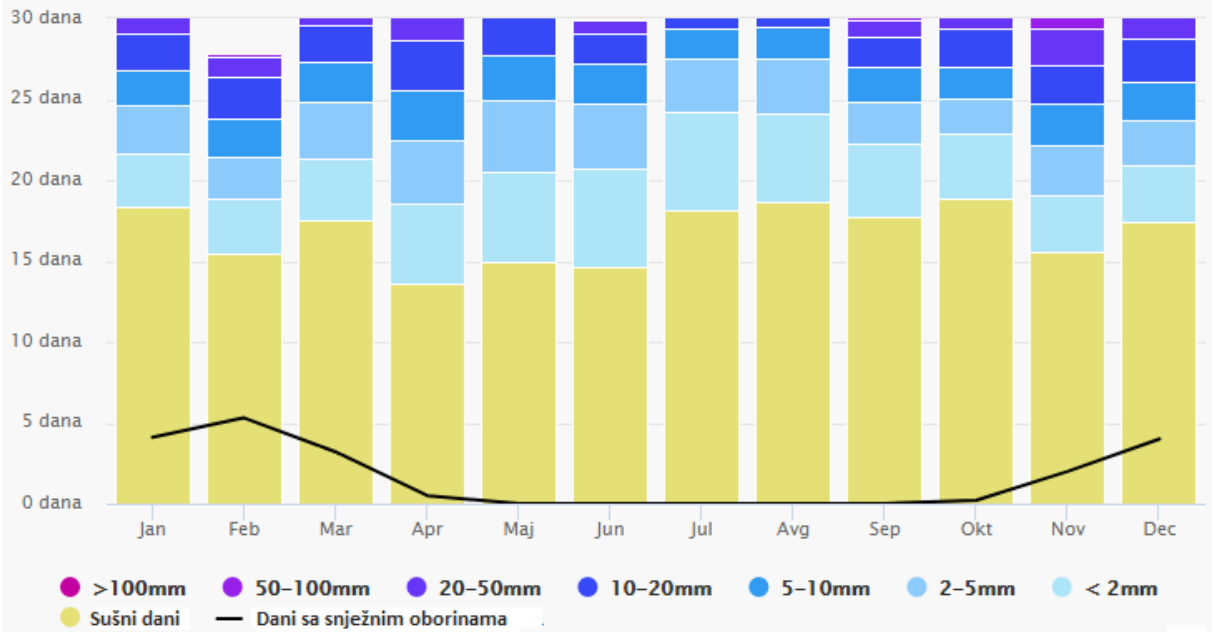
važnu ulogu u pridolasku vrsta i zajednica (Plan upravljanja za park prirode Blidinje, 2011).



Graf 1. Prikaz prosječnih temperatura i oborina u zadnjih 30 godina, Masna luka (Izvor: Meteoblue)



Graf 2. Temperatura prema mjesecima i prema broju dana u mjesecu (Izvor: Meteoblue)



Graf 3. Količina oborina prema mjesecima i prema broju dana u mjesecu (Izvor: Meteoblue)

5. Rezultati istraživanja

5.1. Osnovni deskriptivni podaci o serijama izvrtaka

Na lokalitetima Runjava glava i Drijenač prikupljeni su valjani izvrtci koji su se međusobno značajno preklapali, te su pogodni za dalju analizu. Uzorci sakupljeni na Runjavoj glavi označeni su oznakom *GL*, dok su oni sakupljeni na lokalitetu Drijenač označeni oznakom *ČV*, te brojčano označeni tako da prvi broj predstavlja broj uzorka, a drugi broj predstavlja redni broj uzoraka sakupljenih sa istog stabla. Ukupno je izmjereno i kvalitetno obrađeno 32 uzorka sa 24 stabla. Od toga dva uzroka imaju slabiju korelaciju sa prosjekom svih ostalih uzoraka. To su uzorci GL-1-1 i GL-6 (Tablica 1, Br. 23 i Br. 29). Pošto je utvrđeno nepreklapanje uzoraka, stabla bi se trebala ponovno uzorkovati i analizirati. U slučaju da se izvrtci i nakon drugog ispitivanja ne preklapaju sa ostatkom populacije tada se izbacuju iz daljnje analize. Razlozi nekompatibilnosti uzoraka mogu biti pogreške prilikom mjerenja, u slučaju mehaničkih oštećenja, uraslih grana, biotskih (gradacija kukaca) ili abiotskih (mraz, grom, požar) oštećenja. (Goršić 2013).

Interval osnovne (raw) kronologije kreće se u rasponu od 1620. do 2016. godine. Prosječna starost svih uzoraka iznosi 256 godina (Span, tablica 1). Najstariji utvrđeni uzorak star je 405 godina (tablica 1, br. 19), a najmlađi 122 godine (tablica 1, br. 29). Prosječna vrijednost podudarnosti izvrtaka, odnosno prosječna korelacija (Corr) iznosi 0.592 što je iznimno zadovoljavajuće. Prosječna širina godova (Mean) prikazana je pojedinačno za svaki izvrtak, te kao prosjek svih izvrtaka. U ovom istraživanju ono iznosi 1.071 mm, što nam govori da su stabla u prosjeku godišnje prirastala 1.071 mm, sa prosječnom standardnom devijacijom (odstupanjem) od 0.562 mm (SD).

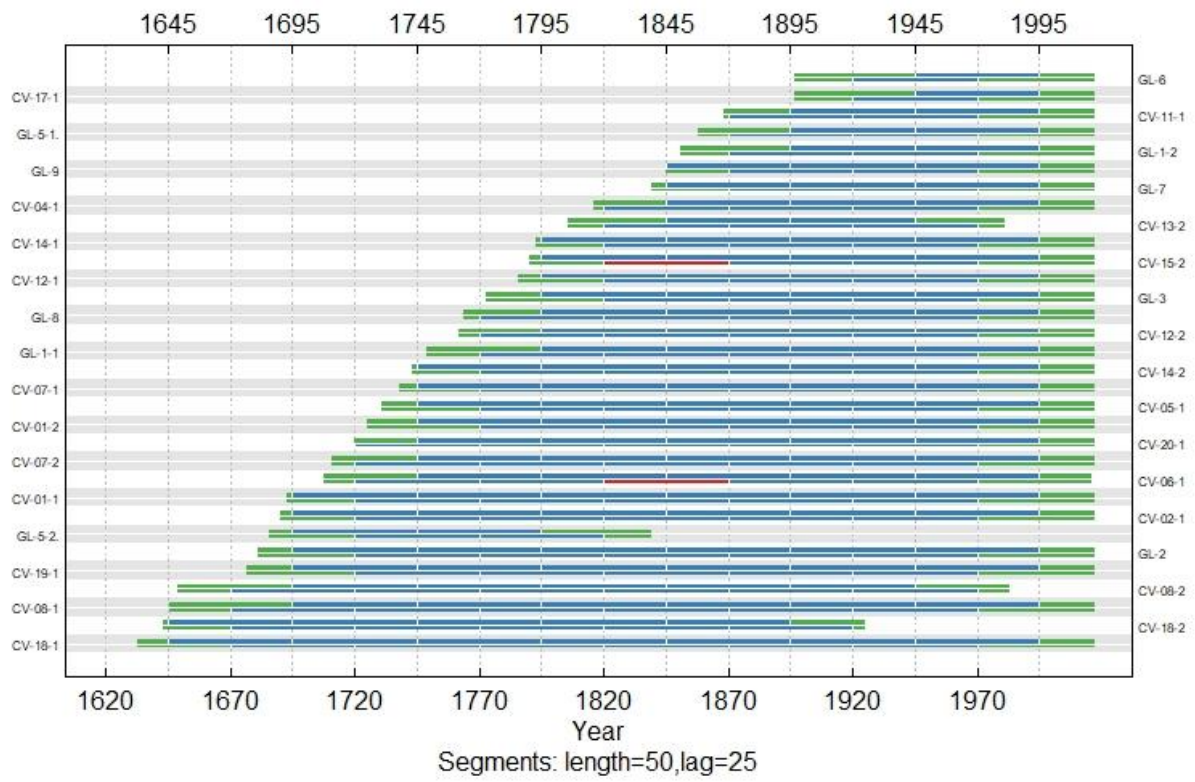
Tablica 1. Prikaz osnovnih deskriptivnih podataka o izmjerenim serijama širina godova stabala munike gdje su: N - redni broj uzorka, Series - šifra uzorka, First - zadnja godina izmjere, Last - datirana godina, Corr - korelacija sa prosjekom svih ostalih serija, Mean - prosječna širina god za ukupnu duljinu uzorka, SD - standardna devijacija prosječne širine goda, MS -prosječna osjetljivost, AR1 - autokorelacija

No	Series	First	Last	Span	Corr	Mean	Median	SD	Skew	MS	Gini	Ar1
1	CV-01-1	1690	2016	327	0.798	1.028	0.98	0.43	0.618	0.258	0.234	0.674
2	CV-01-2	1722	2016	295	0.678	1.062	1.01	0.351	1.033	0.219	0.178	0.617
3	CV-02-1	1686	2016	331	0.674	0.821	0.78	0.367	0.579	0.21	0.248	0.803
4	CV-04-1	1814	2016	203	0.482	0.893	0.76	0.471	1.67	0.222	0.267	0.807
5	CV-05-1	1729	2016	288	0.633	0.889	0.71	0.652	2.748	0.251	0.345	0.833
6	CV-06-1	1705	2015	311	0.703	0.977	0.68	0.83	1.399	0.238	0.439	0.919
7	CV-07-1	1728	2016	289	0.704	0.842	0.58	0.679	1.713	0.218	0.404	0.916
8	CV-07-2	1701	2016	316	0.644	0.723	0.525	0.51	1.218	0.242	0.369	0.882
9	CV-08-1	1640	2016	377	0.843	0.897	0.77	0.487	0.891	0.241	0.299	0.809
10	CV-08-2	1637	1982	346	0.756	0.741	0.485	0.562	1.223	0.238	0.395	0.897
11	CV-11-1	1862	2016	155	0.416	1.318	1.17	0.782	0.846	0.239	0.326	0.848
12	CV-12-1	1781	2016	236	0.48	1.053	0.995	0.457	1.057	0.228	0.236	0.708
13	CV-12-2	1759	2016	258	0.606	1.049	0.955	0.458	1.436	0.22	0.232	0.694
14	CV-13-2	1804	1980	177	0.532	1.423	1.38	0.59	0.293	0.213	0.23	0.789
15	CV-14-1	1785	2016	232	0.399	1.348	1.35	0.633	0.323	0.226	0.265	0.788
16	CV-14-2	1741	2016	276	0.37	0.98	0.89	0.561	0.622	0.229	0.321	0.866
17	CV-15-2	1789	2016	228	0.517	1.298	1.235	0.561	1.078	0.145	0.234	0.859
18	CV-17-1	1895	2016	122	0.516	2.705	3.015	1.372	-0.413	0.19	0.283	0.887
19	CV-18-1	1623	2016	394	0.906	0.728	0.48	0.626	1.584	0.26	0.43	0.934
20	CV-18-2	1620	1924	305	0.854	0.988	0.84	0.785	1.134	0.26	0.427	0.896
21	CV-19-1	1675	2016	342	0.361	0.86	0.83	0.322	0.55	0.218	0.203	0.708
22	CV-20-1	1718	2016	299	0.511	0.612	0.58	0.22	0.718	0.225	0.197	0.663
23	GL-1-1	1746	2016	271	-0.139	0.76	0.75	0.426	0.243	0.216	0.321	0.91
24	GL-1-2	1848	2016	169	0.539	0.648	0.63	0.244	0.578	0.189	0.207	0.789
25	GL-2	1676	2016	341	0.815	1.045	0.97	0.564	0.514	0.215	0.305	0.876
26	GL-3	1761	2016	256	0.81	1.11	0.935	0.667	0.915	0.246	0.33	0.854
27	GL-5-1	1856	2016	161	0.773	0.592	0.54	0.248	1.42	0.238	0.22	0.755
28	GL-5-2	1684	1838	155	0.538	1.021	1.01	0.345	1.022	0.211	0.181	0.577
29	GL-6	1895	2016	122	0.126	2.197	2.08	0.603	1.081	0.224	0.147	0.326
30	GL-7	1829	2016	188	0.726	1.354	1.22	0.608	0.951	0.226	0.242	0.746
31	GL-8	1761	2016	256	0.657	1.21	0.79	0.861	1.303	0.187	0.362	0.917
32	GL-9	1842	2016	175	0.713	1.107	0.88	0.723	1.521	0.218	0.337	0.857
	Mean			**256**	**0.592**	**1.071**	**0.963**	**0.562**	**0.996**	**0.224**	**0.288**	**0.794**

Prosječna osjetljivost (*MS - mean sensitivity*) izražava mjeru koja prikazuje koliko varijabilnost lokalne klime utječe na prirast stabala kroz godine (Cook i Kairiukstis, 1990), tj. eliminira što je više moguće sve ostale čimbenike koji mogu utjecati na prirast. Njen raspon je od 0 do 1 i u ovom slučaju ona iznosi 0.224.

Autokorelacija prvog reda (*first AC – first-order autocorrelation*) pokazuje značajan utjecaj klimatskih prirlika prijašnje godine na širinu goda tekuće godine (Panayotov i sur., 2009). Na primjeru munike iz parka prirode Blidinje rezultati pokazuju relativno visok stupanj autokorelacije (Ar1) s prosjekom od 0.794 što pokazuje da je utjecaj prethodne godine na prirast stabla u tekućoj godini blizu 80%.

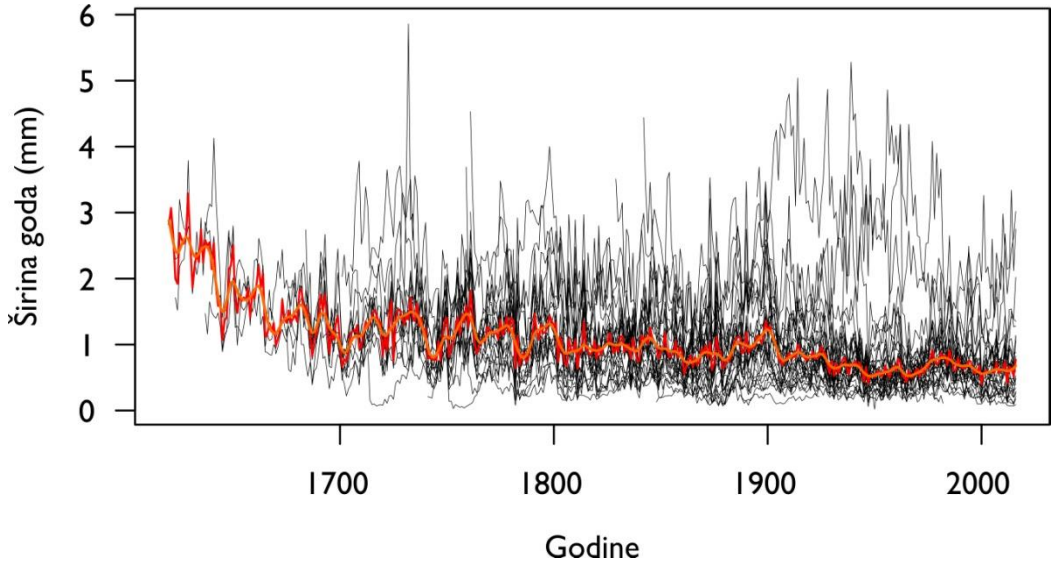
Korelacija među uzorcima izvršena je pomoću kompjutorskog programa COFECHA. Navedeni program uspostavlja korelaciju među uzorcima tako što podijeli širine godova individualnih uzoraka u manje segmente od 50 godina kojima potom prikazuje preklapanje od 25 godina sa istim kalendarskim segmentom prosjeka svih uzoraka prikupljenih za izradu kronologije. Kao krajnji cilj dobiju se podaci o pogreškama pri izmjeri uzoraka kao i općeniti uvid u podatke o duljini dobivene kronologije, osjetljivosti kronologije te ostali opisni statistički podaci o kronologiji (Slika 23). Crvenom bojom su označeni oni segmenti koji se ne podudaraju sa prosjekom ostalih segmenata, zelenom bojom je prikazana niža koralacija, dok je s plavom prikazana visoka korelacija.



Slika 23. Prikaz preklapanja duljina serija izvrtaka (segmenti od 50 godina sa preklapanjem od 25 godina), te vrijednosti korelacije

5.2. Starost stabala i prosječni prirast

Također je vizualno prikazana i širina godova kroz godine (Slika 24). Najveći broj uzoraka ulazi u raspon od 0.2 do 3 mm širine godova. Tek nešto manji broj prelazi preko 3 mm i dolazi čak do 5,5 mm. Na to utječe individualni položaj stabala, ali i preciznost označavanja u programu *CooRecorder*. Crvena linija prikazuje prosječnu vrijednost širine godova te je vidljivo da ona opada sa povećanjem starosti stabala što je prirodna osobina rasta svih vrsta drveća. Vidljivo je također da izvrtci mlađih stabala imaju veće vrijednosti širine godova, što je u skladu sa opisanom osobinom biološkog trenda rasta. Starost stabala utvrđena ovim uzorkovanjem kreće se od 127 do 405 godina.



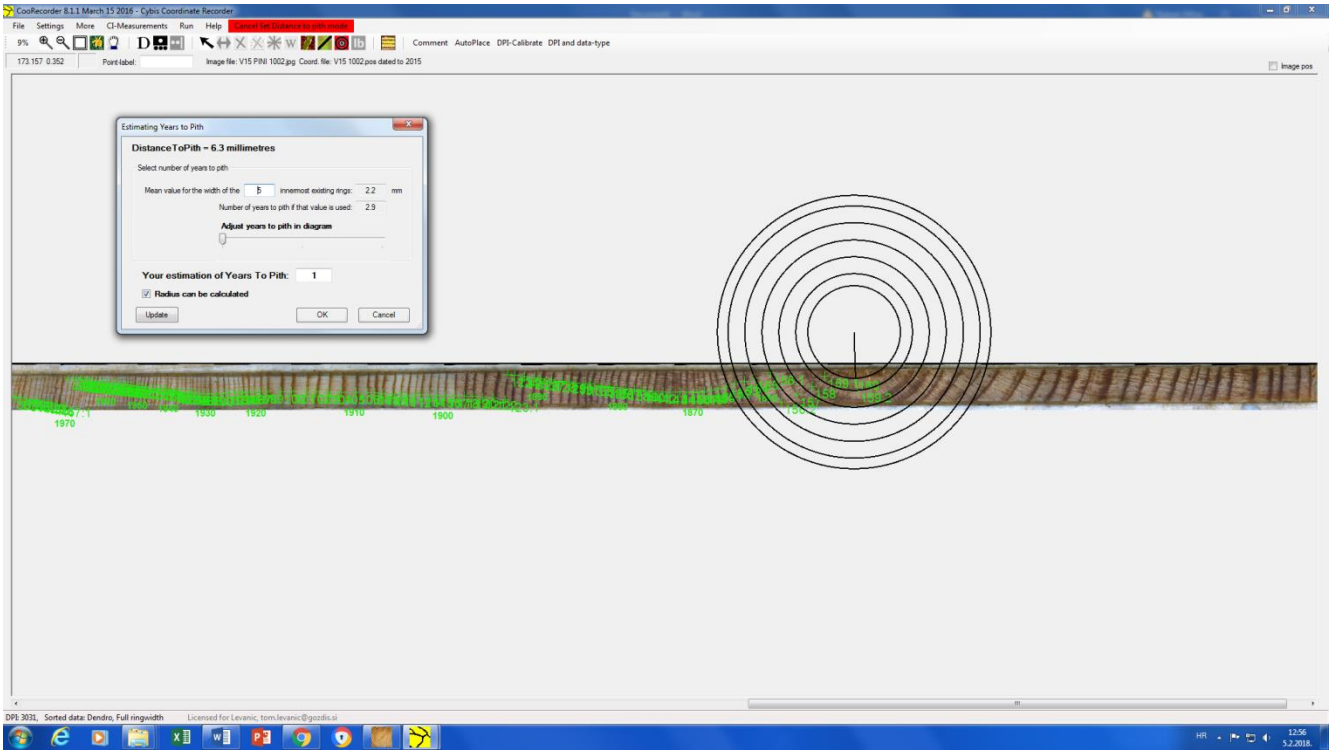
Slika 24. Prikaz širine godova izmjerenih serija munike prema godinama

Tablica 2. Procjena starosti pomoću Pith-offset metode u programu CooRecorder

R.br.	Izvrtak	početak	Kraj	duljina (god)	procjena (+)	**starost**
1	CV-01-1	1690	2016	327	-	-
2	CV-01-2	1722	2016	295	35	**330**
3	CV-02-1	1686	2016	331	34	**365**
4	CV-04-1	1814	2016	203	-	-
5	CV-05-1	1729	2016	288	1	**289**
6	CV-06-1	1705	2015	311	7	**318**
7	CV-07-1	1728	2016	289	10	**299***
8	CV-07-2	1701	2016	316	8	**324***
9	CV-08-1	1640	2016	377	-	-
10	CV-08-2	1637	1982	346	-	-
11	CV-11-1	1862	2016	155	-	-
12	CV-12-1	1781	2016	236	-	-
13	CV-12-2	1759	2016	258	3	**261**
14	CV-13-2	1804	1980	177	-	-
15	CV-14-1	1785	2016	232	-	-
16	CV-14-2	1741	2016	275	34	**309**
17	CV-15-2	1789	2016	228	-	-
18	CV-17-1	1895	2016	122	5	**127**
19	CV-18-1	1623	2016	394	11	**405**
20	CV-18-2	1620	1924	305	-	-
21	CV-19-1	1675	2016	342	15	**357**
22	CV-20-1	1718	2016	299	-	-
23	GL-1-1	1746	2016	271	-	-
24	GL-1-2	1848	2016	169	-	-
25	GL-2	1676	2016	341	-	-
26	GL-3	1761	2016	256	7	**263**
27	GL-5-1-1	1856	2016	161	-	-
28	GL-5-1-2	1684	1838	155	-	-
29	GL-6	1895	2016	122	-	-
30	GL-7	1829	2016	188	-	-
31	GL-8	1761	2016	256	-	-
32	GL-9	1842	2016	175	4	**179**

(-) Procjena nije izvediva zbog prevelike udaljenosti od centra stabla ili zbog oštećenja koji onemogućuju procjenu (trulež drva, urasla grana, požar …)

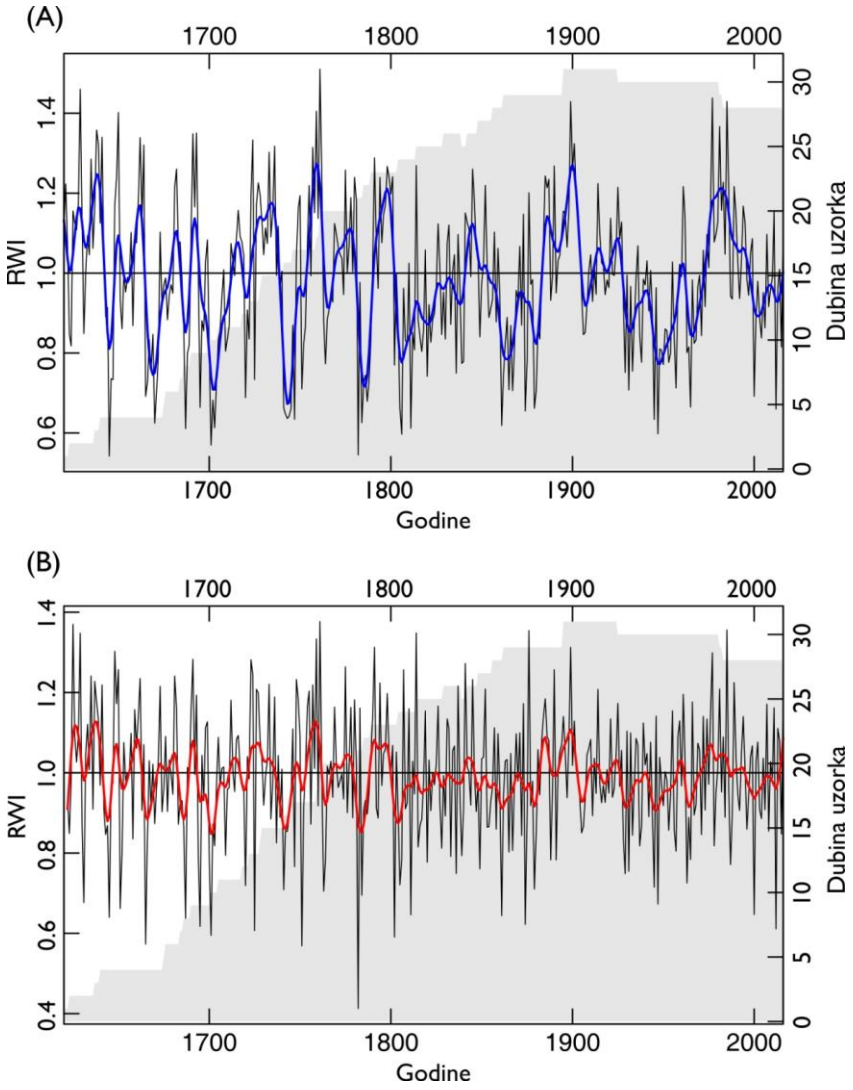
(*) Velika razlika u starosti kod uzorka istog stabla rezultat je različite visine uzorkovanja na stablu. Do toga dolazi zbog toga što je kod nekih stabala teren i nagib onemogućavao uzorkovanje na jednakoj visini, pa zbog toga razlika u nekoliko centimetara rezultira značajnom razlikom u godinama.



Slika 25. Pith-offset metoda u programu CooRecorder na primjeru uzorka

5.3. Indeksna standardna i rezidualna kronologija

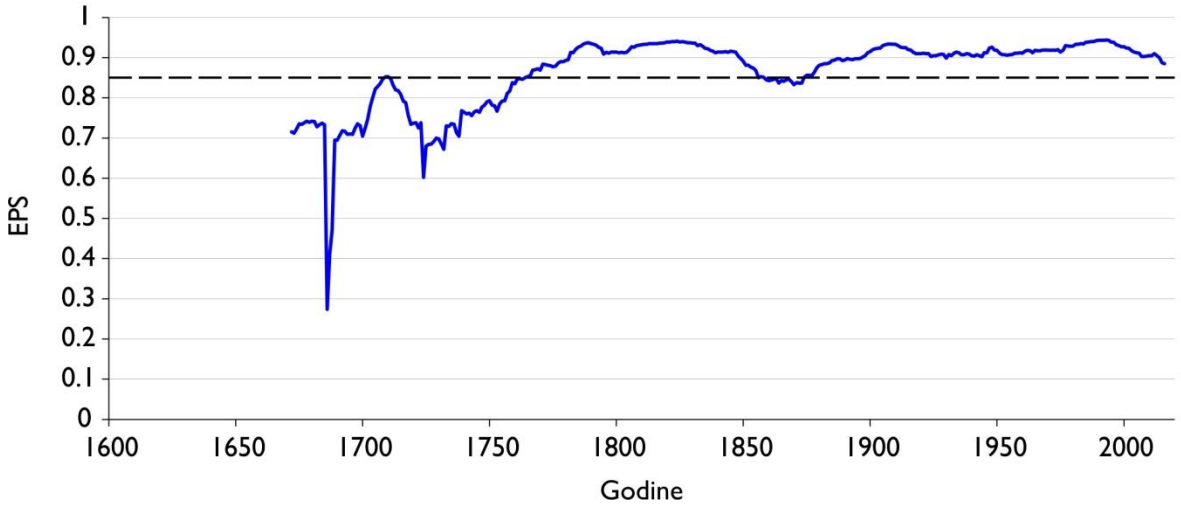
Kako bi se dobili što precizniji podaci, potrebno je maksimalno umanjiti utjecaj bioloških čimbenika na rast munike, tj. obaviti standardizaciju pomoću Spline metode u paketu *dplR* statističkog programa R. Nakon toga se dobije indeksna vrijednost (*TRI- tree ring indeks*) za svaku seriju posebno, nakon čega se prosjek spaja u indeksnu (standardnu i rezidualnu) kronologiju (Slika 26). Standardna i rezidualna kronologija se razlikuju u tome što se kod rezidualne naknadno uklanja autokorelacija, te se potpuno uklonio biološki utjecaj na rast. Dubina uzoraka naznačena je svjetloplavom površinom kroz godine. Crna linija predstavlja RWI vrijednosti, dok plava i crvena krivulja predstavljaju ublaženu vrijednost indeksne kronologije sa korakom od 10 godina.



Slika 26. Standardna (A) i rezidualna (B) kronologija munike na prostoru PP Blidinje

Pri dendrokronološkim istraživanjima, opće prihvaćena granična vrijednost izraženog populacijskog signala (EPS-a, engl. *Expressed population signal*) iznosi 0.85 i prikazuje kolika je vrijednost zajedničkog poklapanja među uzorcima (Wigley i sur., 1984). Svaki period čija se vrijednost nalazi ispod granične vrijednosti EPS-a predstavlja period u kojem prestaje dominacija signala skupine stabala i javlja se signal pojedinih stabala. Kronologija iz tog razdoblja se može koristiti za datiranje (npr. u dendroarheološkim istraživanjima i sl.), međutim ostaje nepouzdana za korelaciju s klimatskim podacima i interpretaciju u svrhe rekonstrukcije klime (Speer, 2010).

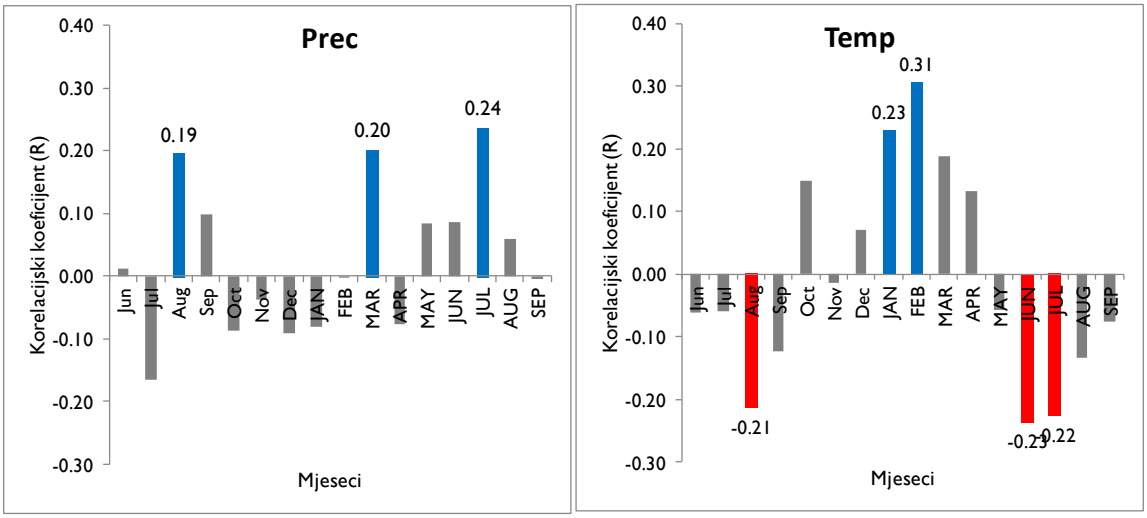
EPS veći od 0.85 ukazuje na pogodnost duljine kronologije za analizu sa odabranim klimatskim elementima. EPS veći od 0.85 u ovom istraživanju utvrđen je za razdoblje od 1760. do 2016. godine. Iz slike 27 se vidi da postoje određena razdoblja u kronologiji koja imaju EPS veći od 0.85, ali postoji i određeni prekid sredinom 19. stoljeća. Razlog tako kratkom periodu je nedostatna veličina uzoraka da bi bilo moguće analizirati dugoročni utjecaj klime i napraviti klimatske rekonstrukcije.



Slika 27. Izraženi populacijski signal EPS prema godinama

5.4. Odnos klimatskih čimbenika i rasta stabala munike

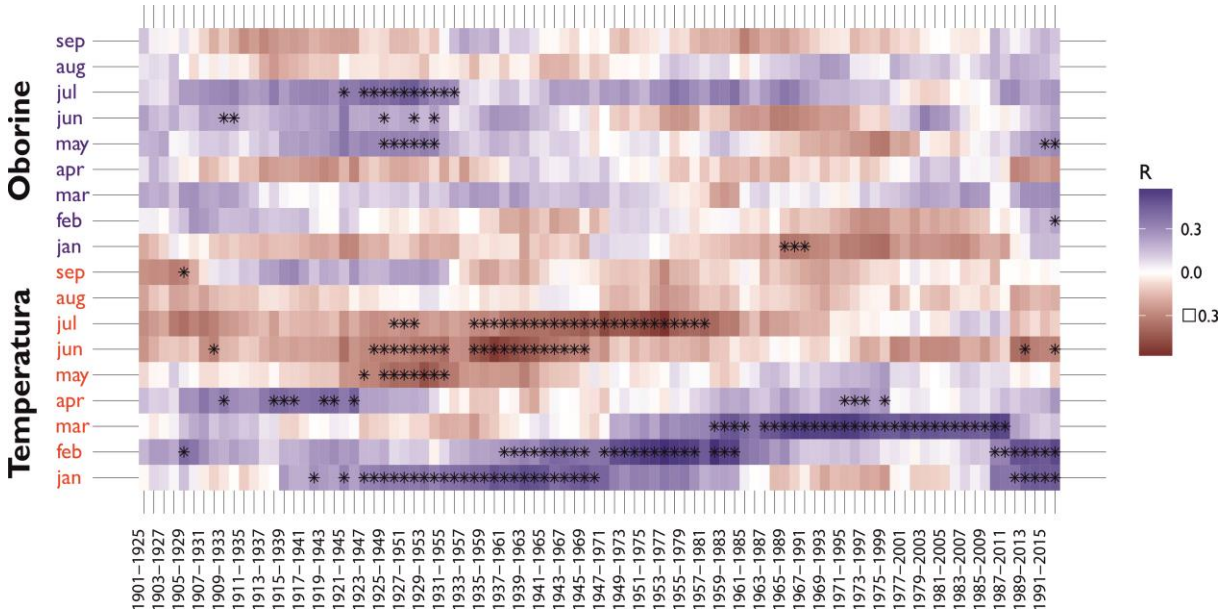
Pri analiziranju utjecaja klimatskih čimbenika (mjesečna količina oborina i mjesečna temperatura zraka) na dinamiku prirasta stabala munike koristili su se klimatski podaci preuzeti sa web stranice KNMI Climate Explorer za razdoblje od 1901. do 2016. godine. Podaci sa web stranice su sastavljeni od rastera podataka *E-OBS* prostorne rezolucije 0.5° x 0.5°, koji informacije o klimi pridobivaju s nekoliko najbližih meteoroloških postaja od lokacije istraživanja. Linearna korelacija između rezidualne kronologije i klimatskih čimbenika temperature (Temp) i oborina (Prec) izračunat je za razdoblje od 1950. do 2016. godine za 16 mjeseci, od lipnja prethodne godine do rujna sljedeće, tj. tekuće godine (Slika 28). Iz rezultata je vidljiv značajano pozitivan utjecaj oborina na munike u ožujku (R=0.20), srpnju (R= 0.24), te u kolovozu (R=0.19) prethodne godine. Nije zabilježen značajan negativan utjecaj količine oborina tog područja na rast i razvoj munika. Što se temperature tiče iznimno pozitivan utjecaj imaju visoke temperature u siječnju (R=0.23) i veljači (R=0.31). Pretpostavka je da više temperature u početku godine uzrokuju brže otapanje snijega i samim time raniji početak vegetacije. S druge strane iznimno negativan utjecaj temperatura zabilježen je u kolovozu prethodne godine (R= -0.21), te u lipnju (R= -0.23) i srpnju (R= -0.22) tekuće godine. Drugim riječima navedene temperature negativno djeluju na prirast stabala munike na ispitanim lokacijama zbog suše kojoj pogoduju.



Slika 28. Korelacijski koeficijenti između rezidualne kronologije oborina (Prec) i temperature zraka (Temp) za razdoblje od 1901. - 2016. godine koristeći CRU TS 4.01 (land) 0.5° podatke.

5.5. Vremenska stabilnost signala

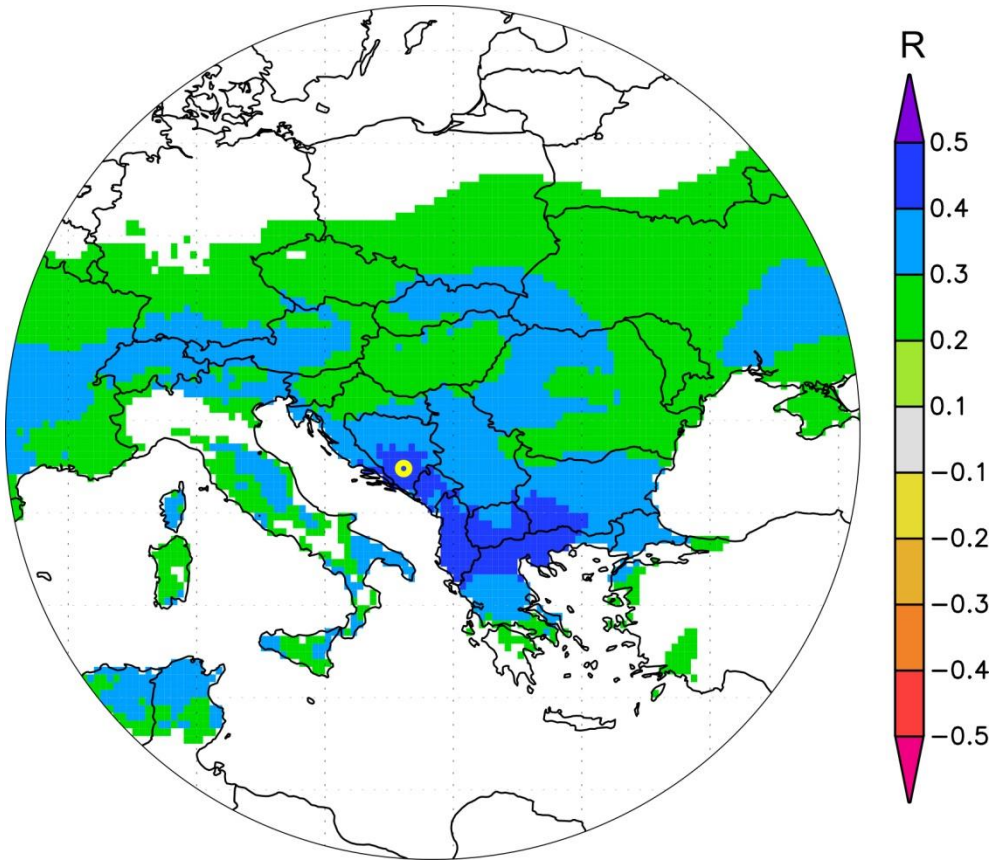
Pozitivan i negativan utjecaj temperature i oborina na rast i razvoj munike prikazan je i kroz period od 1901. godine do 2016. godine, podijeljen na kraća razdoblja od 25 godina s pomakom od jedne godine prema sljedećem periodu (Slika 29). Primjećuje se značajniji pozitivni utjecaj temperature (plava polja) u siječnju (od 1947. do 1971.), u veljači (od 1961.do 1985.), zatim u ožujku (od 1983. do 2011.), te opet u siječnju i veljači u drugom desetljeću 21. stoljeća. Negativno djelovanje visokih temperatura (crvena polja) zabilježeno je u svibnju, lipnju i srpnju u razdoblju od 1948. do 1983. godine. Što se oborina tiče značajnije negativno djelovanje zabilježeno je u siječnju od 1991. do 1995. godine, gdje je riječ o snježnim oborinama. Značajni pozitivan utjecaj imaju oborine u svibnju, lipnju i srpnju u periodu od 1945. do 1957. godine.



Slika 29. Prikaz pomičnih korelacija (duljina sezone 25 godina s pomakom od 1 godine) između rezidualne kronologije, oborina (Prec) i temperature zraka (Temp) za razdoblje od 1901. - 2016. godine koristeći CRU TS 4.01 (land) 0.5° podatke

5.6. Prostorna korelacija

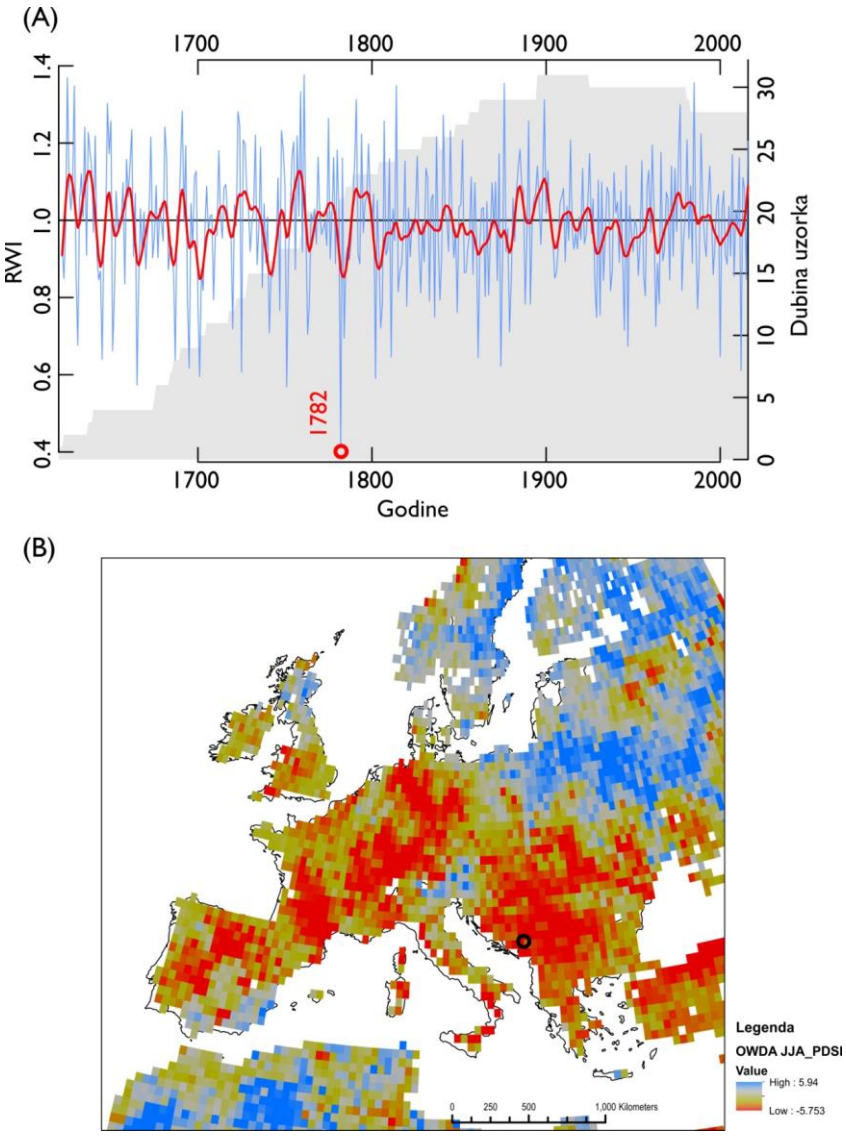
Prostorna korelacija (*spatial correlation*) je napravljena pomoću platforme KNMI koristeći se E-OBS bazom prostorne rezolucije 0.5° x 0.5°, za razdoblje od 1950. do 2015. godine (Oldenborgh and Burgers, 2005). Korelacija je izrađena na način da se u odnos postavila rezidualna kronologija munike i temperature od siječnja do ožujka tekuće godine (Slika 30). Područje PP Blidinje nalazi se na prostoru velike korelacije među navedenim faktorima (R= 0.4 - 0.5). Također, velika korelacija je zabilježena na središnjem i južnom području Bosne i Hercegovine, te na prostoru Crne Gore, Albanije, Makedonije, sjeverne Grčke i manjem djelu Bugarske. Zanimljivo je da veća korelacija okvirno prati područje prirodnog rasprostiranja munike. Nešto manja korelacija zabilježena je na dinarskog prostoru Hrvatske, na ostatku Bosne i Hercegovine, u Srbiji, Rumunjskoj, Bugarskoj, Grčkoj, te parcijalno u ostalim djelovima Europe.



Slika 30. Prostorna korelacija između rezidualne kronologije munike i prosječne temeprature zraka za razdoblje od siječnja do ožujka tekuće godine (JFM) za razdoblje 1950 - 2015 koristeći E-OBS 15.0 podatke

5.7. Individualni klimatski događaji

Ekstremni klimatski događaji također su analizirani u ovome istraživanju. Iz prikaza rezidualne kronologije vidljiva je 1782. godina kao naročito ekstremna. Indeksna vrijednost iznosi svega 40% od prosjeka za cjelokupno razdoblje. Analizom ekstremnih klimatskih događaja utvrđena je podudarnost sa sušom koja je 1782. zahvatila veliki dio jugoistočne Europe (Slika 31).



Slika 31. Ekstremna 1782. godina podudara se sa sušnim ekscesom u jugoistočnoj Europi (Izvor: http://drought.memphis.edu/OWDA/ExtractRecon.aspx *)*

6. Rasprava

Da bi se jasnije predočili rezultati istraživanja, isti će biti uspoređeni sa rezultatima dendrokronološke analize stabala munike rađene na Orjenu sredinom 2017. godine, čiji je autor Ante Dujmić, mag. ing. silv.. Za potrebe istraživanja iskoristio je 34 uzorkovana stabla, čiji raspon kronologije datira od 1411. godine, sa prosječnom starošću uzoraka od 287 godina. Podaci pokazuju vrijednost korelacije izvrtaka od 0.453, što je znatno manje (zbog većeg broja uzoraka) od one koja je izmjerena na području PP Blidinje (0.592). Kada je u pitanju prosječna širina godova, tu se primjećuje razlika između širine na Orjenu od 0.891mm, prema one na Blidinju od 1.071mm, što govori da su životni uvjeti ekstremniji na području Orjena. Tu najviše utjecaja imaju količine oborina, temperatura i podloga na kojoj stabla rastu (Slika 41).

Što se tiče utjecaja prethodne godine na širinu goda tekuće godine (stupanj autokorelacije - Ar1) tu su zabilježeni približni rezultati. Oni iznose 0.77 na Orjenu, 0.794 na Blidinju te se slažu i s rezultatom od 0.778 koje su dobili Panayotov i sur., 2009. godine u Bugarskoj. Iz toga je vidiljiv znatan utjecaj uvjeta prethodne godine na razvoj godišnjeg prirasta (goda) u tekućoj godini.

Dosadašnja istraživanja odnosa klimatskih čimbenika i varijabilnsoti radijalnog prirasta munike su oskudna u odnosu na druge vrste drveća. Razlog tomu je naravno i manje očuvanih populacija na području Dinarida.

Značajno pozitivan utjecaj oborina u ranom proljetnom i ljetnom periodu godine pospješuje radijalni prirast stabala munike na Čvrsnici. Negativan utjecaj visokih temperatura zraka tijekom ljeta (lipanj-srpanj) glavni je limitirajući čimbenika rasta stabala munike na Čvrsnici te je utvrđen i u drugim istraživanjima (Dujmić 2017, Panayotov 2009, Seim i dr. 2010, Seim i dr. 2012). Navedeni rezultati ukazuju da je limitirajući čimbenik za rast munike suha i vruća razdoblja u ljetnim mjesecima prethodne i tekuće godine, što je posljedica sve viših ljetnih temperatura i manjih oborina zimi (Panayotov, 2009).

Upravo u navedenom kontekstu munika na području Čvrsnice je značajno ugrožena od klimatskih promjena koje predviđaju značajno povećanje temperature zraka i smanjenje oborina.

Ekstremni klimatski događaji, posebice suše također pokazuju kratkotrajni negativni utjecaj na rast munike na istraživanom području.

Navedno istraživanje ukazuje na veliki potencijal munike kao dugoživuće vrste za buduća istraživanja utjecaja klimatskih čimbenika na varijabilnost radijalnog prirasta te potencijalne rekonsturkcije klimatskih čimbenika na području parka prirode Blidinje, naročito u kontekstu budućih klimatskih promjena.

Propadanje šuma i odumiranja stabala kao posljedica sušnih događaja su sve više izražena diljem svijeta sa značajnim porastom unazad nekoliko dekada (Allen et al. 2010, Van Mantgem et al. 2010) uz pretpostavku povećanje frekvencije takvih događaja u budućnosti. Kako bismo u potpunosti razumijeli utjecaj klimatskih čimbenika te tako doprinijeli raspravi o mogućim posljedicama potrebna su detaljna istraživanja većeg broja lokaliteta obuhvaćajući sveukupni geografski, ali i lokalni gradijent pridolaska munike.

7. Zaključci

- Ovo istraživanje ukazuje na veliki potencijal munike za buduća dendrokronološka i dendroekološka istraživanja, te potencijalne rekonstrukcije klime
- Zbog manjeg broja uzoraka nije bilo moguće rekonstruirati klimu pri ovom istraživanju
- Zabilježen je velik utjecaj prethodne godine na rast munike u tekućoj godini (autokorelacija)
- Veće količine oborina u proljetnom i ljetnom razdoblju značajno pozitivno utječu na radijalni prirast stabala munike na istraživanom području
- Visoke ljetne temperature zraka limitiraju radijalni prirast stabala munike, te je budući razvoj naročito upitan u kontekstu klimatskih promjena
- Povišene temperature krajem zime i početkom proljeća uzrokuju ranije topljenje snijega te pozitivno utječu na prirast stabala u tekućoj godini
- Ekstremne ljetne suše osim što značajno utječu na radijalni prirast munike također su glavni pokretač klimatskih promjena čije frekvencija je značajno povećana unazad nekoliko godina

8. Literatura

Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell e, N., Vennetier, Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. Forest Ecology and Management.

Baillie, M. G. L., Pilcher, J. R. (1973). A simple cross-dating program for tree-ring research

Cook E., Kairiukstis, A. (1990). Methods of dendrochronology. Kluwer, Dordrecht, p 391

Drinić, P., Prolić, N. (1979). Taxationselemente als Anzeiger von Produktionsmöglichkeiten in Panzerkieferwäldern (*Pinus heldreichii* Christ), Radovi šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, knjiga 23

Dujmić, A. (2017). Dendroekološka analiza stabala munike (*Pinus heldreichii* H. Christ) na Orjenu. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet

Fukarek, P. (1944). Sjemenke i klice munike. Šumarski list, br. 5-6, str. 79

Fukarek, P. (1966). Zajednice endemne munike na planini Prenju u Hercegovini. Acta botanica Croatica XXV, str. 61-83

Fukarek, P., Vidaković M. (1965). Nalaz prelazne ili hibridne svojte borova (*Pinus nigradermis* Fuk. et Vid.) na planini Prenju u Hercegovini. Naučno društvo Bosne i Hercegovine, rad 28, str. 68-87

Goršić, E. (2013). Dinamika debljinskog prirasta stabala hrasta lužnjaka (Quercus robur L.) u Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet

Grissino-Mayer, D. (2001). Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA, Tree ring research, Vol. 57(2), pp. 205-221

Holmes, R. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement, tree ring bull journal. The university of Arizona, Tree-Ring Bulletin, 43, str. 70-78

Lazarević, J. S. (2013). Ektomikoriza četinarskih vrsta drveća u Crnoj Gori sa posebnim osvrtom na mikorizu munike-*Pinus heldreichii* Christ, Doktorska disertacija, Faculty of Forestry, Belgrade

Meštrović A. (2008). Općekorisne funkcije šuma munike (*Pinus heldreichii* Christ) na planini Čvrsnici u Hercegovini, Šumarski list, br. 1-2, 11-23

Meštrović A. (2007). Prirodno širenje munike (*Pinus heldreichii* Christ) i formiranje pionirskih sastojina na planini Čvrsnici u Hercegovini. Šumarski list, br. 9-10, str.435-452

Meštrović A. (1999). Uspijevanje munike *Pinus heldreichii* Christ u Hercegovini. Šumarski list, br. 9-10, str. 431-452

Miličević, A. (2015). Park prirode Blidinje i staze Čvrsnice. Hrvatski planinar, str. 33-36

Milijašević, T. (2004). First report of *Sphaeropsis sapinea* on *Pinus heldreichii* in Yugoslavia. In Proceedings of an international scientific conference marking 75 years of the Forest Research Institute of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, 1-5 October 2003. Volume 2 (pp. 179-182). Forest Research Institute.

Oldenborgh, G. J., Burgers, G. (2005). Searching for decadal variations in ENSO precipitation teleconnections, Geophysical research letters, Volume 32, issue 15

Panayotov, M., Bebi, P., Trouet, V., Yurukov, S. (2009). Climate signal in tree-ring chronologies of Pinus peuce and Pinus heldreichii from the Pirin Mountains in Bulgaria. Trees, 24(3), 479-490.

Prpić B. (1992). Ekološka i gospodarska vrijednost šuma u Hrvatskoj. Šume u Hrvatskoj, str. 237-256

Schweingruber, F. H. (1988). Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology. D. Reidel Publishing Company Dordrecht. 276pp.

Seim, A., Treydte, K., Büntgen, U., Esper, J., Fonti, P., Haska, H., Herzig, F., Tegel, W., Faust, D. (2010). Exploring the potential of Pinus heldreichii CHRIST for long-term climate reconstruction in Albania. TRACE, 8(75), e82.

Seim, A., Büntgen, U., Fonti, P., Haska, H., Herzig, F., Tegel, W., Trouet, V., Treydte, K. (2012). Climate sensitivity of a millennium-long pine chronology from Albania. Climate Research, 51(3), 217-228.

Speer, J. H. (2010). Fundamentals of Tree Ring Research. The University of Arizona Press. Tucson, ISBN 978-0-8165-2684-0

Sveučilište u Mostaru (2015). Međunarodni znanstveni simpozij Blidinje 2015., str. 21-57

Šilić, Č. (2005). Atlas dendroflore (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine, 28-29

Todaro, L., Andreu, L., D'Alessandro, C. M., Gutiérrez, E., Cherubini, P., & Saracino, A. (2007). Response of *Pinus leucodermis* to climate and anthropogenic activity in the National Park of Pollino (Basilicata, Southern Italy). *Biological Conservation*, 137(4), 507-519.

Van Mantgem, P. J., Stephenson, N. L., Byrne, J. C., Daniels, L. D., Franklin, J. F., Fule, P. Z., Veblen, T. T. (2009). Widespread increase of tree mortality rates in the western United States. Science, 323(5913), 521–524.

Vendramin, G. G., Fineschi, S., Fady, B. (2008). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Bosnian pine (*Pinus heldreichii*). Bioversity International. Rome, 6.

Wigley, T. M. L., Briffa, K. R., Jones, P.D. (1984). On the Average Value of Correlated Time Series, With Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology, Journal of climate and Applied Meteorology 23.2

Web izvori:

http://www.sumari.hr/sumlist//194108.pdf#page=16

http://drought.memphis.edu/OWDA/ExtractRecon.aspx

http://www.ekoakcija.org/files/PP%20BLIDINJE%20-%20NACRT%20PLANA%20UPRAVLJANJA.pdf

http://www.fmoit.gov.ba/download/Crvena%20lista%20Flore%20FBiH.pdf