

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Domen GAJŠEK

**NAVADNI BRINJEKAZ (*Arceuthobium oxycedri* (DC.)
M. Bieb.) V SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Domen GAJŠEK

**NAVADNI BRINJEKAZ (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb.) V
SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**JUNIPER DWARF MISTLETOE (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M.
Bieb.) IN SLOVENIA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gojenje gozdov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Meritve so bile opravljene leta 2011 na območju Krajevne enote Koper, Območne enote Sežana ter Krajevne enote Nova Gorica, Območne enote Tolmin ZGS.

Komisija za dodiplomski študij oddelka za gozdarstvo je na 2. dopisni seji, dne 24. 8. 2011, sprejela obravnavano temo in za mentorja imenovala prof. dr. Roberta Brusa, za recenzentko pa prof. dr. Majo Jurc.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Domen Gajšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 442(043.2)=163.6
KG	zajedavske rastline/navadni brinjekaz/razširjenost/Slovenija/razred okuženosti
AV	GAJŠEK, Domen
SA	BRUS, Robert (mentor)
KZ	SI - 1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2011
IN	NAVADNI BRINJEKAZ (<i>Arceuthobium oxycedri</i> (DC.) M. Bieb.) V SLOVENIJI
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	VII, 56 str., 5 pregl., 17 sl., 1 pril., 39 vir.
IJ	sl
JJ	sl/an
AI	Navadni brinjekaz je eden glavnih parazitov na brinih in drugih vrstah iz družine cipresovk. V Sloveniji do sedaj ni bilo še nobenih raziskav o njegovi razširjenosti. Cilji raziskave so bili: ugotoviti razširjenost navadnega brinjekaza v Sloveniji; ugotoviti, katere vrste so njegovi gostitelji; oceniti stopnjo okuženosti gostiteljev in morebitno škodo; ter oceniti potrebo po morebitnem zatiranju. V letu 2011 je bilo popisanih 11 ploskev, od tega so bile na 6 ploskvah prisotne okužbe z navadnim brinjekazom. Vsem gostiteljem na posamezni ploskvi so bile določene GPS koordinate, nadmorska višina, drevesna vrsta (rdečeploдни ali navadni brin), vitalnost, višina ter razred okuženosti z brinjekazom. Kot izhodišče pri ocenjevanju razreda okuženosti je bila uporabljena Hawksworthova metoda šestih razredov (DMR). Za potrebe naše raziskave je bila ta metoda prilagojena in ocena okuženosti razširjena na 12 razredov. Dimenzije grmičkov brinjekaza so bile presenetljivo velike; pogosto so bili večji od 25 cm, največji je meril celo nekaj manj kot 40 cm. Delež okuženosti gostiteljev na ploskvah se je gibal med 29,17 % in 82,93 %. Delež okuženih rdečeploдnih brinov je znašal 76,56 %, pri navadnem brinu pa 54,90 %. Pri navadnem brinu je bilo večkrat mogoče opaziti drugačen vzorec okuženosti kot pri rdečeploдnem. Najdene okužbe so bile velikokrat lokalizirane, kar pomeni, da je bil na posameznem navadnem brinu le po en grmiček navadnega brinjekaza in to večinoma na deblu, največkrat v srednji tretjini krošnje, redkeje pa na vejah. Od skupno 56 okuženih osebkov navadnega brina je bilo takih osebkov 12, od tega 7 z okužbo v srednji tretjini debla. Zatiranje verjetno pri nas zaenkrat še ni potrebno.

KEY WORD DOCUMENTATION

DN Dn

DC FDC 442(043.2)=163.6

CX parasitic plants/juniper dwarf mistletoe/distribution/Slovenia/rate of infection

AU GAJŠEK, Domen

AA BRUS, Robert (supervisor)

PP SI - 1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources

PY 2011

TI JUNIPER DWARF MISTLETOE (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb.) IN SLOVENIA

DT Graduation thesis (University studies)

NO VII, 56 p., 5 tab., 17 fig., 1 ann., 39 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Juniper dwarf mistletoe is one of the major parasites on junipers and other species in the Cupressaceae family. To date, there has been no research conducted on its distribution in Slovenia. Project goals were: to determine its distribution in Slovenia; to determine which species are its hosts; assess the degree of infection and the potential damage to the hosts; and assess the need for potential control. In 2011, 11 plots were inventoried, of which 6 were infected with juniper dwarf mistletoe. All hosts on a given plot were determined their GPS coordinates, altitude, species (Prickly Juniper or Common Juniper), vigor, and the level of infection due to juniper dwarf mistletoe. As a basis in assessing the rate of infection the Hawksworth six-class dwarf mistletoe rating system (DMR) was used. For purposes of our research, we adapted this system and extended it to 12 classes. The dimensions of juniper dwarf mistletoe were surprisingly large, we often encountered specimens greater than 25 cm, the largest measuring even up to slightly less than 40 cm. The proportion of infected hosts per plot ranged between 29,17 % and 82,93 %. The proportion of infected Prickly Juniper specimens was 76,56 %, while this percentage was 54,90 % for Common Juniper. We often observed a different pattern of infection on Common Juniper than on Prickly Juniper. Infections on Common Juniper were more localized, in many cases there was only one single infection present, mostly on the trunk in the middle third of the crown, less often on the branches. Out of a total 56 infected Common Junipers, 12 were such, of which 7 with an infection in the middle third of the trunk. So far, its control in our country is probably not yet necessary.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORD DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PRILOG	VII
1 UVOD	1
2 OPREDELITEV PROBLEMA	3
3 PREDSTAVITEV NAVADNEGA BRINJEKAZA.....	5
4 OPIS GOSTITELJEV V SLOVENIJI	9
5 PREGLED OBJAV	12
6 CILJI NALOGE IN RAZISKOVALNE HIPOTEZE	20
7 METODE	21
7.1 KARTE LOKACIJ RAZISKOVALNIH PLOSKEV	21
7.2 PODATKI O RAZISKOVALNIH PLOSKVAH	22
8 REZULTATI.....	29
8.1 MEDSEBOJNA PRIMERJAVA PLOSKEV	34
8.1.1 Frekvenčna porazdelitev razredov okuženosti po ploskvah	36
8.1.2 Primerjava okuženosti posameznih ploskev	37
8.1.3 Povezanost okuženosti posameznih gostiteljev in njihove medsebojne oddaljenosti.....	38
8.2 PRIMERJAVA RDEČEPLODNEGA IN NAVADNEGA BRINA	41
9 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	42
10 POVZETEK	48
11 VIRI	52
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pregledna tabela ploskev, na katerih so okuženi gostitelji prisotni in ploskev, kjer okužb ni.....	31
Preglednica 2: Okuženost gostiteljev na okuženih ploskvah po drevesni vrsti.....	32
Preglednica 3: Razlike v okuženosti med ploskvami, testirane z Mann-Whitneyevim U-testom	37
Preglednica 4: Povezanost okuženosti in medsebojne oddaljenosti gostiteljev po ploskvah	38
Preglednica 5: Razlike v okuženosti med drevesnima vrstama z in brez neokuženih gostiteljev	41

KAZALO SLIK

Slika 1: Poganjki navadnega brinjekaza (foto D. Gajšek).....	3
Slika 2: Navadni brinjekaz (foto D. Gajšek)	8
Slika 3: Začetna okužba z navadnim brinjekazom (foto D. Gajšek)	13
Slika 4: Močno okužen osebek navadnega brina (foto D. Gajšek)	20
Slika 5: Lokacije raziskovalnih ploskev na območju Krajevne enote Koper.....	21
Slika 6: Lokacija raziskovalne ploskve na območju Krajevne enote Nova Gorica.....	22
Slika 7: Velika okužba na deblu navadnega brina (foto D. Gajšek).....	27
Slika 8: Sušenje veje na okuženem rdečeploдном brinu (foto D. Gajšek)	28
Slika 9: Primer raziskovalne ploskve: Labor (foto D. Gajšek).....	30
Slika 10: Zastopanost rdečeplodnega in navadnega brina po ploskvah	34
Slika 11: Povprečna višina brinov po ploskvah	34
Slika 12: Deleži okuženosti po tretjinah krošnje gostiteljev obeh drevesnih vrst.....	35
Slika 13: Frekvenčna porazdelitev razredov okuženosti	36
Slika 14: Povezanost med okuženostjo in medsebojno oddaljenostjo gostiteljev na ploskvi Krkavče.....	39
Slika 15: Povezanost med okuženostjo in medsebojno oddaljenostjo gostiteljev na ploskvi Puče	39
Slika 16: Povezanost med okuženostjo in medsebojno oddaljenostjo gostiteljev na ploskvi Brič	39
Slika 17: Deleži okuženosti po tretjinah krošnje glede na drevesno vrsto gostitelja	41

KAZALO PRILOG

Priloga A: Popisni list

1 UVOD

Vrste iz rodu *Juniperus* najdemo na zelo obsežnem območju. Navadno rastejo na najbolj sušnih območjih, kjer je rast zelo počasna. Zdravje in obstoj teh gozdov sta ogrožena zaradi prekomernega človeškega izkoriščanja, paše, žuželk in bolezni. Eden izmed glavnih parazitov na brinih in tudi drugih vrstah družine cipresovk je polparazitska cvetnica - navadni brinjekaz (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb.).

V rodu brinjekaz (*Arceuthobium*) je 42 vrst, od tega 38 v novem in 8 v starem svetu. Vrsta *Arceuthobium oxycedri* je bila prva opisana vrsta rodu *Arceuthobium*. Sprva ga je Clusius leta 1576 uvrstil v rod *Viscum*, nato ga je Hoffman leta 1808 uvrstil v rod *Razoumofskyia*, nazadnje pa ga je leta 1819 Marschall von Bieberstein uvrstil v rod *Arceuthobium* (Hawksworth in Wiens, 1996).

Brinjekazi so obligatni paraziti, običajno omejeni zgolj na enega ali pa skupino med sabo sorodnih gostiteljev. So najbolj specializiran rod v družini ohmeljevok. Večinoma so manjši, do 20 cm veliki grmički, najmanjša pa je vrsta *Arceuthobium minutissimum*, katere poganjki so dolgi vsega nekaj mm in je tudi ena izmed najmanjših dvokaličnic. Imajo dolg življenjski cikel, običajno od infekcije do tvorbe semen poteče od 4 do 6 let, lahko tudi dlje. Zaradi tega je rast populacij brinjekazov izjemno počasna. Običajno povzročajo točkaste infekcije. So tudi izjemnega ekonomskega pomena (v negativnem smislu), saj veljajo za najpomembnejšega škodljivca nekaterih tržno pomembnih iglavcev v različnih regijah Mehike, na zahodu Kanade in Združenih držav Amerike ter več delih Azije. Večina brinjekazov nazadnje povzroči sušenje svojih gostiteljev, vendar je čas od infekcije do sušenja gostitelja pri različnih kombinacijah gostitelj – parazit zelo različen (Hawksworth in Wiens, 1996).

V Sloveniji do sedaj ni bila opravljena še nobena raziskava o razširjenosti navadnega brinjekaza. Zelo malo pa je tudi kakršnihkoli drugih domačih objav v zvezi z navadnim brinjekazom. Omenimo lahko zapis o navadnem brinjekazu na portalu Varstvo gozdov Slovenije (Varstvo gozdov Slovenije, 2011). Brus (2012) navaja, da je zaradi izčrpavanja gostitelja potencialno škodljiva rastlina, vendar pri nas zaenkrat ne povzroča večje škode. Ocena pomena omel (*Viscum* sp.) v varstvu gozdov je bila narejena v okviru diplomske naloge Dušana Pogačarja (2004).

2 OPREDELITEV PROBLEMA

Navadni brinjekaz (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb.) je v Sloveniji do sedaj znan le z nekaj nahajališč nad Dragonjo (Brus, 2005). O njegovi razširjenosti pri nas doslej ni bilo narejene še nobene celovite raziskave. Eden izmed vzrokov za slabo raziskanost je njegova redkost in redkost njegovega glavnega gostitelja, rdečeplodnega brina (*Juniperus oxycedrus* L.). Populacije rdečeplodnega brina so pri nas večinoma majhne, marsikje mu je v večjem ali manjšem deležu primešan navadni brin (*Juniperus communis* L.), včasih celo večinsko. Poleg tega se nekatere izmed teh populacij nahajajo na nekoliko odmaknjenih, ponekod tudi težje dostopnih lokacijah.

Včasih je grmičke navadnega brinjekaza težko opaziti, saj so precej majhnih dimenzij, veliki le do 20 cm (Brus, 2005), in se dostikrat nahajajo le na enem delu krošnje gostitelja ali celo v notranjosti krošnje, kjer so povsem skriti očem. Marsikje so veliki le okoli 5 do 10 cm, pri začetnih okužbah pa vidimo zgolj majhne posamične izrastke na vejah in deblu (slika 1).



Slika 1: Pogankji navadnega brinjekaza (foto D. Gajšek)

Na osnovi povedanega je očitno, da je vrsta pri nas premalo znana, nepoznana je celo nekaterim znotraj gozdarske stroke. Zavaljo tega in že samo zaradi njene redkosti pri nas bi bilo dobro, da jo bolje raziščemo.

3 PREDSTAVITEV NAVADNEGA BRINJEKAZA

Poganjki so večinoma dolgi od 5 do 10, izjemoma do 20 cm, zelene barve, pogosto vretenčaste rasti, v premeru pa merijo od 1 do 4 mm. Tretji internodij je dolg od 5 do 9 mm in širok 1 mm. Internodiji so pogosto izrazito širši pri vrhu kot pri dnu. Listi so dolgi največ do 5 mm, enostavni, rumeno-zeleni, luskasti, jajčasti in zelo drobni. Moški cvetovi so veliki od 1,5 do 2,5 mm, medtem ko so ženski cvetovi večji od moških (Rios Insua, 1987). Periant je v 95 % tridelen, v 5 % štiridelen in zelo redko dvodelen. Premer peloda sega od 17 do 19 μ m. Zrel plod je 3 mm dolg ter širok 1,5 do 2 mm. Število kromosomov je $n = 13-17$ (Hawksworth in Wiens, 1996). Pojavov poliplodije in križanja ni zaznati. Brinjekazi nimajo plodnice, zato strogo gledano nimajo pravih semen in plodov (Hawksworth in Wiens, 1996). Sicer so dvodomni, močno razvejani in gosti grmički s kratkimi, členastimi in navidezno viličasto razraščeni poganjki. Nameščeni so navzkrižno in poraščajo poganjek gostitelja zelo na tesno. Vsebujejo le malo klorofila, fotosinteza v njih poteka zelo počasi, zato rastline iz svojega gostitelja črpajo tudi organske asimilate in ne zgolj vode in rudninske snovi (Brus, 2012).

Zrel plod se zaradi visokega hidrostatskega pritiska razpoči in z veliko hitrostjo izstreli seme v okolico (Brus, 2012). Ciesla (1997) za brinjekaze navaja, da se njihovo seme s hitrostjo 27 m/s izstreli tudi do 16 m daleč, najpogosteje pa nekje do 10 m. Prestreženih je okoli 40 % semen, večina jih pristane med 2 do 4 m od mesta izstrelitve. Hawksworth in Dooling (1984) navajata, da se vrsta *Arceuthobium americanum* Nutt. ex Engelm. v enoslojnih sestojih vrste *Pinus contorta* Dougl. širi s hitrostjo od 0,3 do 0,6 m na leto. Hitrost širjenja je v redkih sestojih višja kot v gostih. Hawskworth (1959) je proučeval začetno hitrost in pospešek semena pri vrsti *Arceuthobium vaginatum* f. *cryptopodum* in ugotovil, da znaša začetna hitrost 1370 cm/s, začetni pospešek pa nekaj manj kot 5000 g.

Verjetnost okužbe z brinjekazom je velika, če je veja, na kateri seme pristane, mlajša od 5 let. Le okoli 10 % semen pristane na takšnih vejah, od teh le 5 % tudi razvije okužbo. Rast in razvoj brinjekazov po začetni infekciji poteka počasi. Inkubacijska doba je pri različnih vrstah različna in večinoma traja od 2 do 5 let (Ciesla, 1997).

Čas, potreben za odmrtnje drevesa zaradi brinjekaza, je odvisen od odnosa med gostiteljem in parazitom, stopnje okuženosti gostitelja, vitalnosti gostitelja, klimatskih in ekoloških razmer, v katerih raste gostitelj, ter morebitne prisotnosti škodljivcev in bolezni, kot so žuželke in glive (Rios Insua, 1987).

Brinjekazi cvetijo pretežno med septembrom in oktobrom, medtem ko poteka njihovo semenenje med oktobrom in novembrom; čas zorenja je 13 mesecev (Hawksworth in Wiens, 1996). Različni avtorji navajajo različne podatke za čas cvetenja. Klekovski in sodelavci (1869, cit. po Kuijt, 1955) navajajo čas cvetenja od aprila do maja, povzeto po istem viru Willkomm in Lange (1870) navajata čas od avgusta do septembra, isti čas cvetenja pa navaja tudi Šilić (2005). Brus (2005) navaja čas od avgusta do oktobra. Rešitev za to navidezno neskladje je podal Heinricher (1915c, cit. po Kuijt, 1955). Po njegovem čas cvetenja pri tej vrsti ni dokončno določen, posamezni cvetovi se lahko pojavljajo skozi vse leto, medtem ko je značilen maksimum v avgustu in septembru.

Heinricher prav tako ugotavlja, da semena navadnega brinjekaza na steklu ali anorganskem materialu ne vzkalijo. V svoji raziskavi tako domneva, da dražljaji za kalitev izhajajo iz samega organskega materiala (1915a, cit. po Kuijt, 1955). Istega mnenja je Palhinha, ki, povzeto po istem viru, leta 1942 navaja, da je skoraj zagotovo eden od pogojev za kalitev nek nedoločen kemični dražljaj. V svojem kasnejšem članku pa je Heinricher svojo tezo ovrgel in navedel, da lahko njegovo seme vzkali tako na organskem kot anorganskem substratu, če je le na razpolago dovolj vode (1917, cit. po Kuijt, 1955). Heinricher je leta 1915 analiziral tudi primerke navadnega brinjekaza iz rastlinjaka (1915, cit. po Player 1979). Glede na značilnosti njegovih cvetov je sklepal, da se oprašuje s pomočjo žuželk in vetra. Kasneje (1920), povzeto po istem viru, je opazoval primerke, ki so imeli veliko semen, a jih žuželke vseeno niso obiskovale, zaradi česar je svoje stališče glede entomofilije spremenil. Tubeuf je, povzeto po istem viru, leta 1919 na navadnem brinjekazu opazoval številne vrste žuželk in prav tako sklepal, da se oprašuje s pomočjo žuželk. Heinricher (1915c, cit. po Kuijt, 1955) še navaja, da poganjke navadnega brinjekaza napadajo nekatere vrste resokrilcev (Thysanoptera).

Ultrastrukturne študije različnih vrst rodu *Arceuthobium* so dokazale, da različne vrste tkiv vsebujejo različne vrste plastidov. V mezofilu braktej navadnega brinjekaza so odkrili 4 do 6 µm velike kloroplaste lečaste oblike s kompleksnim lamelnim sistemom, številnimi granumi in različnim številom tilakoid (Dodge in Lawes 1974, cit. po Nickrent in García, 2009). Gre za tip, ki je značilen za mnoge kritosemenke.

Johnson (1888, cit. po Kuijt, 1955) navaja, da vdor parazita pregradi stene traheid gostitelja po srednji lameli. Celice parazita, ki imajo tanke stene, so tako v neposrednem kontaktu s traheidami gostitelja. Dufrenoy je, povzeto po istem viru, leta 1936 opazil ekstremno fragmentacijo celičnih vakuol pri kontaktu med organizmoma in to navedel kot dokaz za aktivno translokacijo hranil med gostiteljem in parazitom.

Navadni brinjekaz je geografsko najbolj razširjena vrsta v rodu *Arceuthobium*. Razteza se na prek 100° zemljepisne dolžine ali na več kot 10.000 km, od Španije in Maroka pa vse do Himalaje in Kitajske. Najdemo ga od višine gladine morja pa vse tja do 3000-3500 m nadmorske višine (jugozahodna Kitajska). Njegov glavni gostitelj je rdečeploдни brin, vendar ga najdemo tudi na številnih drugih avtohtonih in vnesenih vrstah iz rodov brin (*Juniperus*), cipresa (*Cupressus*), pacipresa (*Chamaecyparis*), klek (*Thuja*) in *Platycladus* (Hawksworth in Wiens, 1996).

Stuchlik (1964, cit. po Hawksworth in Wiens, 1996) je proučeval miocenske depozite na Poljskem, kjer je odkril pelod, ki je bil zelo podoben ali skoraj identičen pelodu današnjega navadnega brinjekaza. Severne meje njegovega areala so danes približno 800 km južneje od najdišč omenjenega fosilnega peloda.

Med simptome okužbe z brinjekazi štejemo zadebelitev vej na točki okužbe, osutost vej, odmiranje gostiteljev ter metlasto rast. Intenziteta simptomov je odvisna od posamezne vrste brinjekaza ter reakcije gostitelja. Pojav metlaste rasti je odvisen predvsem od vrste brinjekaza, manj pa od gostitelja (Ciesla, 1997). Metlasta rast, ki jo sprožijo brinjekazi, povzroči večjo porabo hranil in vode kot pa brinjekaz sam po sebi (Hawksworth in Wiens, 1996). Najboljšo razlago pojava metlaste rasti je podal Heinricher (1918, cit. po Kuijt, 1955), ki meni, da je odvisna predvsem od porazdelitve parazita na gostitelju.

Ugotovil je, da se metlasta rast na brinu razvije v primerih, ko je okužba prisotna le na enem mestu, ne razvije pa se, če je na gostitelju prisotnih več okužb. Njegova obrazložitev tega pojava je bila, da lokalizirana okužba povzroči dotok hranil na mesto okužbe, kjer se hranila uskladiščijo do te mere, da to sproži nastanek novih brstov in vej. Ko pa je na gostitelju prisotnih več osebkov brinjekaza, le-ti konkurirajo drug drugemu.

V Enzyklopädie der Holzgewächse (Roloff in sod., 1994) navadni brinjekaz (slika 2), med naštetimi paraziti navadnega brina ni omenjen.



Slika 2: Navadni brinjekaz (foto D. Gajšek)

4 OPIS GOSTITELJEV V SLOVENIJI

Juniperus oxycedrus L. – rdečeploдни brin

Rdečeploдни brin je do 14 m visoko vednozeleno drevo ali grm s kroglasto ali jajčasto krošnjo. Iglice so v vretencih po 3, trde, ostre in bodeče. Dolge so od 12 do 18 mm in užlebljene z zgornje strani; imajo dve vzdolžni beli progi, spodaj po sredini pa vzdolžen greben. Omeseneli storži so rdeči, bleščeči, debeli od 6 do 12 mm in dozoriijo v drugem letu (Brus, 2005). Seme je jajčasto do skoraj okroglo, večinoma najdemo po 3 v vsakem storžu (Šilić, 2005). Je skromna vrsta, prilagojena na sušo, vročino in nekoliko slana tla, manj pa na mraz. Je svetloljubna vrsta, v senci ne raste dobro. Raste po vsem Sredozemlju, na atlantskih obalah do Madeire, na vzhodu pa do Irana in Kavkaza. Marsikje raste tudi globlje na celini, na primer v Makedoniji in na Goču v Srbiji. V Sloveniji je samonikel, a zelo redek. Naravno raste izključno na toplih mestih v mediteranskem svetu, denimo na Steni in Sv. Štefanu pri Dragonji, na pobočjih nad Dragonjo, na Briču, v ostenjih Kraškega roba (npr. pod Velikim Badinom pri Sočergi), njegovo najbolj severno nahajališče pa je v ostenju nad Lijakom v Vipavski dolini (Brus, 2005). Najdemo ga vse tja do 1400 m nadmorske višine (Šilić, 2005).

V Sredozemlju je pomembna pionirska vrsta, saj pogosto prvi preraste degradirana tla. Večkrat tvori čiste sestoje in je ena najpomembnejših vrst v sredozemskih makijah in grmiščih. Značilen je za gozdove kraškega gabra, v notranjosti je včasih primešan toplejšim hrastovim, borovim in bukovim združbam. Omeseneli storži so pomembna prehrana nekaterih vrst ptic. Sadijo ga tudi kot okrasno vrsto (Brus, 2005).

Brus in sod. (2011) so odkrili fenotipske razlike pri različnih morfoloških lastnostih rdečeplodnega brina na Balkanskem polotoku, vendar pa geografske strukture pri teh morfoloških razlikah niso zaznali. Srednje vrednosti primerljivih morfoloških lastnosti iglic in storžev se niso bistveno razlikovale od vrednosti, o katerih so poročali drugod.

Juniperus communis L. – navadni brin

Navadni brin je do 15 m visoko, vednozeleno iglasto drevo, pogosto tudi široko razvejen grm. Raste zelo počasi in doseže visoko starost, po nekaterih ocenah celo do 2000 let. Je dvodomna in vetrocvetna vrsta, cveti aprila in maja. Razmnožuje se s semenom in potaknjenci ter ima koreninski sistem z dobro razvito glavno korenino. Krošnja je lahko široka in nepravilna, pri drevesni obliki večkrat stebrasta in ozka. Veje ne rastejo v vejnih venci, usmerjene so navzgor ali so povešene; skorja na deblu je sivorjava, sprva gladka, pozneje predvsem vzdolžno razpokana in se lušči v obliki trakov. Mladi poganjki so v prečnem prerezu trikotni, brsti pa drobni in zelenkasti. Iglice so 1-2 cm dolge, 1-2 mm široke, koničaste, zašiljene in bodeče; zgoraj imajo vzdolžno belo progo, največkrat pa rastejo po tri skupaj v vretencu in na veji ostanejo do 4 leta (Brus, 2005). Roloff in sod. (1994) pa navajajo dolžino iglic od 5 do 20 mm, medtem ko ocenjujejo njihovo življenjsko dobo na 3 do 4 leta; v prečnem prerezu so trapezaste oblike. Moški cvetovi so eliptični, 4-5 mm dolgi in rumeni ter rastejo v pazduhah lanskoletnih iglic (Brus, 2005). Sestavljeni so iz več vretenc s po tremi prašniki, s tremi ali štirimi pelodnimi vrečkami (Roloff in sod., 1994). Ženski cvetovi so zelenkasti, težko opazni, podobni listnim brstom in sestavljeni iz treh plodnih lusk. Plodne luske po oploditvi omesenijo in tvorijo jagodasti storž; ta je sprva zelen, v drugem ali celo tretjem letu, ko dozori, pa postane temno moder in poprhnjen. Semena so rjavkasta, robata, trikotna in običajno po tri v omesenelem storžu (Brus, 2005). Plod v premeru meri od 6 do 9 mm (Šilić, 2005). Število kromosomov je $2n = 22$ (Roloff in sod., 1994).

Navadni brin je skromna vrsta in raste na vseh vrstah tal, uspešno pa se uveljavlja predvsem na slabih rastiščih, kjer ni izpostavljen konkurenci drugih vrst. Pogosto se nahaja na zelo plitvih, revnih in izčrpanih tleh na različnih matičnih podlagah, zelo uspešen pa je tudi na kislih tleh. Odporen je proti suši in ekstremno nizkim temperaturam, za rast pa potrebuje dovolj svetlobe. Ko ga močno zasenčijo drevesa, začne hitro izgubljati vitalnost. Dobro prenaša onesnažen zrak (Brus, 2005).

Navadni brin je drevesna vrsta z največjim znanim arealom in je ena redkih drevesnih vrst, ki raste na obeh straneh Atlantika. Avtohton je tudi v Sloveniji, od nižin do alpinskega pasu, pogosteje pa se pojavlja na nadmorskih višinah do okrog 1200 m. Raste na vseh vrstah rastišč, največkrat na siromašnih pašnikih, v opustošenih in preveč preredčenih gozdovih ter na nekdanjih kraških goličavah, kjer je še posebej pogost. Je pomembna pionirska vrsta, ki pogosto med prvimi naseli ogolelo, izčrpano ali opuščeno površino. Tako prepreči nadaljnjo erozijo tal, s svojim opadom, široko razpredenim koreninskim sistemom in zavetjem pa pomaga regenerirati rastišče ter tako omogoči vračanje prvotne vegetacije in rastlin z večjimi rastiščnimi potrebami (Brus, 2005). V naši bližini ga najdemo še na Hrvaškem, Srbiji, Črni gori in Makedoniji (Šilić, 2005).

5 PREGLED OBJAV

V Mali flori Slovenije (Martinčič in sod., 2007) je navadni brinjekaz uvrščen v družino ohmeljevke (Loranthaceae), novejša literatura (Judd in sod., 2007) pa ga uvršča med santalovke (Santalaceae). Prav tako ga med ohmeljevke uvrščajo naslednji avtorji: Brus, 2005; Šilić, 2005 ter Tutin in sod. (1964-1980). Zasledimo pa tudi uvrstitev med Viscaceae, na primer na spletni strani *Herbario Virtual del Mediterráneo* (2007) in tudi v nekaterih strokovnih člankih (Hawksworth in Wiens, 1976; Nickrent in García, 2009). Poznanih je tudi nekaj njegovih sinonimov: *Viscum oxycedri* DC., *Razoumofskyia caucasica* Hoffman, *Razoumofskyia oxycedri* (DC.) F.W. Schultz ex Nyman, *Viscum causicum* Steud., *Arceuthobium juniperi* Bubani, *Arceuthobium juniperorum* Reynier in *Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb. var. *cupressii* Zefirov (Hawksworth in Wiens, 1996).

Hawksworth in Wiens (1976) sta izvedla herbarijsko in terensko študijo različnih vrst rodu *Arceuthobium*, ki v Evropi, Afriki in Aziji zajedajo brine. Študija je pokazala, da obstajajo tri različne vrste: *Arceuthobium azoricum* sp. nov. na vrsti *Juniperus brevifolia* na Azorih; *Arceuthobium juniperi-procerae* Chiov. na vrsti *Juniperus procera* iz Etiopije in Kenije; ter *Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb. (*sensu stricto*) na več vrstah brina, od Španije in Maroka, pa vse do zahodne Himalaje. Vrsta *Arceuthobium oxycedri* (slika 3) se razlikuje od drugih dveh po svoji zeleni barvi, pogostejši vretenčasti rasti in podolgovatih poganjkih, ki so približno enake širine od osnove pa do vrha. Od ostalih dveh se loči tudi po zanj značilnem poprhu, ki je prisoten na mlajših delih rastlin ter plodu, vendar pri sušenju rastline ponavadi izgine.



Slika 3: Začetna okužba z navadnim brinjekazom (foto D. Gajšek)

Med prvimi v naši bližini omenja navadni brinjekaz Dragutin Hirc v Šumarskem listu, in sicer že leta 1891. Po tedanjih informacijah je veljalo, da se pojavlja samo na rdečeploдном brinu. Opisoval ga je kot dvodomen, 2-10 cm velik grmiček rumenkasto-zelene barve. Vejice so sploščene, listje pa zelo majhno in s prostim očesom komaj vidno. Videz plodu opisuje kot majhen žir, najprej sedeč, kasneje nasajen na kratkem podstavku. Ker je poln lepljive snovi, ga opisuje kot uporabnega za kuhanje lepila. Navaja pa še, da na področjih, kjer se gosto razraste, ogroža in uničuje rdečeploдни brin.

Isti avtor leta 1902 prav tako v Šumarskem listu poda že podrobnejši opis navadnega brinjekaza. Tako navaja, da so moški cvetovi zelo majhni, rumenkasti, rastoči posamezno, redko v skupinicah po 3, imajo 3 prašnike, nahajajo pa se pri listnem dnu. Ženski cvetovi so beli ali rdeči, rastoči v skupinicah po 3 in imajo po en pestič. Perigon pri moških cvetovih je 3 do 5 delen, pri ženskih pa dvodelen. Plod je majhen, elipsoiden in dozori v drugi jeseni. Ko je zrel, je rumen in elastičen. Navaja tudi, da je nekaj osebkom rdečeplodnega brina uničil vse iglice ter da v Hercegovini raste le po starem drevju. Omeni še, da je bil najden tudi na navadnem brinu in da ga lahko širijo tudi ptice (Hirc, 1902).

Kranjčev (2007) na polotoku Pelješcu omenja veliko populacijo navadnega brinjekaza na vejah navadnega brina, in sicer v obliki majhnih zelenih grmičkov in posameznih poganjkov.

Ciesla in sod. (2004) so izvedli obsežno študijo geografske razširjenosti navadnega brinjekaza in njegovih gostiteljev. Ugotovili so, da se pojavlja na 26 različnih vrstah gostiteljev, in sicer na 17 iz rodu *Juniperus*, 3 iz rodu *Chamaecyparis*, 5 iz rodu *Cupressus* in 1 iz rodu *Platycladus*. Veliko okužb na brinih ter vse okužbe na ostalih vrstah gostiteljev so rezultat vnosa gostiteljev v naravni areal navadnega brinjekaza. Razširjen je v 31 državah, od Severne Afrike, Zahodne Evrope, Balkana, Rusije in bivših sovjetskih republik, Bližnjega Vzhoda ter indijskega subkontinenta, pa vse do Zahodne Kitajske. Ugotovili so, da je njegova razširjenost v Afganistanu vprašljiva, v Butanu in na Madžarskem pa so njegovo razširjenost morali korigirati. Navadni brinjekaz je potencialno pomemben povzročitelj bolezni sušnih gozdov v številnih državah, poznavanje njegove razširjenosti in njegovih gostiteljev pa lahko pripomore k sprejemanju dobrih odločitev pri ohranjanju produkcijske sposobnosti in zdravja teh gozdov. V poročilih o njegovi prisotnosti v Sloveniji, Hrvaški, Bosni in Hercegovini, Srbiji, Črni gori ter na Kosovu navajajo, da se pojavlja na rdečeploдном in navadnem brinu ter vrsti *Juniperus drupacea* Labillard (Boissier, 1879; Bondev in Lybenova, 1984; Hawksworth in Wiens, 1996, cit. po Ciesla in sod., 2004). Na Hrvaškem je bil najden tudi na tujerodni vrsti *Chamaecyparis thyoides* (L.) B.S.P (Spaulding, 1956, cit. po Ciesla in sod., 2004). Študija njegove razširjenosti v Sloveniji navaja rastišča v dolini Dragonje, Kortah pri Izoli in Pučah pri Kopru (Turrill, 1920 in 1926; Hawksworth in Wiens, 1996, cit. po Ciesla in sod., 2004), ni pa jim uspelo locirati najdišča pri Krkavčah.

Po Turrillu (1920) je navadni brinjekaz prisoten v Španiji, Franciji, Istri, Hrvaški, Dalmaciji, Epiru (ozemlje med današnjo Grčijo in Albanijo), Albaniji, Grčiji, Makedoniji, Srbiji, Bolgariji, Azorih, Alžiriji, Mali Aziji, Siriji, Armeniji, Kurdistanu, Kavkazu, na Krimu, v severovzhodni Perziji, Himalaji ter tropski Afriki. Za nas je še posebej zanimiva navedba lokacij v Istri. Avtor navaja, da je sam videl primerke iz populacij med Bračami, Pučami ter Krkavčami. Navaja še populacijo pri Kortah nad Izolo, vendar ta ni potrjena, saj avtor primerkov iz tega območja ni videl.

Kot potrjene gostitelje avtor navaja vrste *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus communis*, *Juniperus rufescens*, *Juniperus drupacea*, *Juniperus sabina*, *Juniperus brevifolia* in *Juniperus procera*.

Heinricher pa navaja tudi uspešno vzgojo navadnega brinjekaza iz semen lastne pridelave na sadikah vrste *Cupressus pendula* (Heinricher, 1930).

V Španiji je njegov glavni gostitelj vrsta *Juniperus oxycedrus*, pojavlja pa se tudi na vrsti *Juniperus communis* in okrasni sorti *Cupressus arizonica* Green (Rios Insua, 1987).

Najbolj detajlna študija gostiteljev je bila izvedena na Krimu (Isikov in Zakharenko, 1988, cit. po Hawksworth in Wiens, 1996). Potrjenih je bilo 18 gostiteljev, in sicer vrste *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus excelsa*, *Juniperus macropoda*, *Juniperus sabina*, *Juniperus virginiana*, *Juniperus thurifera*, *Cupressus macrocarpa*, *Cupressus lusitanica*, *Cupressus arizonica*, *Cupressus macnabiana*, *Cupressus funebris* in *Platycladus orientalis*.

Miehe in sod. (2008) v svojem članku o gozdnih reliktih na pašnikih južnega Tibeta omenjajo močne okužbe z navadnim brinjekazom. Na najbolj sušnih rastiščih sta okuženi vrsti *Juniperus convallium* Kom. in *Juniperus tibetica* Rehd. & E. H. Wilson.

Navadni brinjekaz pa je znan tudi v turški ljudski medicini, kjer velja za čudežno zdravilo za vse vrste bolezni. Kupeli in sod. (2007) so *in vivo* proučevali zdravilne učinke enajstih različnih, v njihovi ljudski medicini uporabljanih rastlinskih vrst, med njimi tudi zdravilne učinke navadnega brinjekaza. Pri etanolnem in vodnem ekstraktu navadnega brinjekaza, poleg etanolnega ekstrakta lovorja in jesenske vrese, so ugotovili veliko protivnetno in analgetično delovanje.

Kasneje so Akkol in sod. (2010) izvedli *in vivo* raziskavo njegovih zdravilnih učinkov, zlasti protivnetnega in analgetičnega delovanja. Uspešen naj bi bil proti različnim infekcijam in vnetjem, predvsem zgornjih dihal, kot so na primer prehlad, bronhitis, gripa in kašelj. Raziskava je torej potrdila njegovo dejansko zdravilnost in uporabo v turški ljudski medicini. Kot glavna zdravilna sestavina rastline je bil ugotovljen flavonoid (+)-katehin, vendar pa natančen mehanizem njegovega protivnetnega in analgetičnega delovanja še ni povsem jasen.

Pri navadnem brinjekazu je vsebnost klorofila v poganjkih relativno visoka za parazitsko rastlino. Toda izmenjava plinov kaže na nizek neto izkoristek dušika, zaradi česar je fotosintetska aktivnost le 1,5 do 2-krat večja od ničelne stopnje intenzitete dihanja. V endofitskem delu, ki prav tako vsebuje klorofil, poteka manjši delež fotosintetske aktivnosti. S proučevanjem asimilacije $^{14}\text{CO}_2$ in aktivnostjo karboksilaz pri endofitskem in epifitskem delu organizma je bilo mogoče ugotoviti sposobnost brinjekaza, da lahko deloma sam zadosti svojim potrebam po dušiku. Po apliciranju $^{14}\text{CO}_2$ je bil radioaktivni ogljik predelan predvsem v ogljikove hidrate, manj pa v organske kisline in aminokisline. To dokazuje, da ima navadni brinjekaz nekaj avtonomije pri fiksaciji in distribuciji dušika v različne spojine. Študija dejavnosti ključnih encimov presnove dušika kaže, da je oskrba z dušikom vezana predvsem na reducirane dušikove spojine (amoniak in amine). Številne označene aminokisline po aplikaciji $^{14}\text{CO}_2$ kažejo, da lahko navadni brinjekaz prerazporeja vnos dušika na različne načine (Rey, 1992).

Kar zadeva zatiranje navadnega brinjekaza, je zanimiv prispevek Rios Insua (1994), ki je raziskoval učinkovitost šestih različnih herbicidov pri različnih odmerkih. Študija je potekala v Španiji, v obdobju od leta 1986 do 1989. Uporabljeni herbicidi so bili: hexazinon; glifosat v obliki izopropil amino soli; 2,4-D v obliki amino soli; 2,4-D (izobutil ester); pikloram v obliki amino soli; parakvat; MCPA v obliki amino soli; ter MCPA v obliki kalijeve soli. Rezultati so pokazali, da sta bila pri zatiranju najbolj učinkovita herbicida 2,4-D v obliki amino soli in MCPA v obliki kalijeve soli. Sledila pa sta jima glifosat in 2,4-D (izobutil ester). Ostali herbicidi so bili neučinkoviti. Pri glifosatu so se pri dvojnem odmerku rezultati izboljšali. Nekateri herbicidi, kot na primer hexazinon, pa so na drevesih povzročili škodo in zato niso primerni za uporabo.

Metodo, po kateri so delali v naslednjih dveh predstavljenih raziskavah in katero smo v nekoliko prilagojeni obliki uporabili tudi mi, so začeli razvijati že v zgodnjih 50. letih prejšnjega stoletja. Pred njo je bilo predlaganih še precej drugih metod (Hawksworth in Wiens, 1996), od takšnih z le štirimi razredi, pa vse do takšnih s celo osemnajst razredi s katerimi so definirali stopnjo okuženost gostiteljev z vrstami rodu *Arceuthobium*. Večina prvotnih metod je uporabljala subjektivne in nedefinirane razrede okuženosti, kot so "lažje", "srednje" in "težje" (Hawksworth in Wiens, 1996). Metoda, ki smo jo adaptirali v namene naše raziskave, se imenuje Hawksworthova metoda šestih razredov, natančneje 6-class dwarf mistletoe rating system (DMR) (Hawksworth, 1977).

V Pakistanu so Ciesla in sod. (1998) z njeno pomočjo izvedli raziskavo razširjenosti in razreda okuženosti gostiteljev z navadnim brinjekazom. Njegov gostitelj na območju raziskave je vrsta *Juniperus excelsa* (DC.) M. Bieb.; le-ta se razrašča na 88000 ha gozda Ziarat, ki se nahaja na severu province Beludžistan. Vrsta *Juniperus excelsa* (DC.) M. Bieb. je dolgoživeče drevo, ki prinaša regionalnim ekosistemom in okoliškim skupnostim velike koristi. Navadni brinjekaz se tam pojavlja na bolj ali manj zaokroženem območju, velikem približno 3500 ha, oziroma na okoli 4 % celotne gozdne površine; omenjeno območje se nahaja v večjem delu zgornjega povirja dolin Chasnak in Sasnamana. Raziskovalci so uporabili metodo vzorčenja, pri čemer so bile vzorčne ploskve sestavljene iz skupinic od 5 do 15 dominantnih ali ko-dominantnih dreves na površini približno 0,5 ha. Na prizadetih delih doline Chasnak so ocenili, da je s povprečnim DMR (dwarf mistletoe rating - metoda za ocenjevanje razreda okuženosti, podrobneje predstavljena v poglavju Metode) 1,53 in ocenjeno letno stopnjo umrljivosti 2,03 % okuženih 31,76 % gostiteljev. Skoraj 50 % okuženih dreves ima DMR 6. Drugače pa je v dolini Sasnamana, kjer je okuženih le 22 % dreves, pri čemer znaša povprečni DMR 0,52. V omenjeni dolini tudi niso odkrili nobene nedavne umrljivosti dreves zaradi navadnega brinjekaza, skoraj 50 % dreves pa je imelo zelo nizek DMR. Odkrili so ga tudi v nekaterih delih štirih sosednjih vodotokov, kjer ocenjujejo, da je prisoten že vsaj 25 do 30 let. Okuženost sestojev z brinjekazom je bila večinoma točkasta, pogosto z vmesnimi območji, kjer okuženosti ni bilo. Mnogokrat so se poleg močno okuženih dreves pojavljala drevesa, ki so bila popolnoma brez okužb. Vmes so bila posamična mrtva drevesa, za katera predvidevajo, da so odmrli zaradi brinjekaza, in sicer v dolgem časovnem obdobju.

Vzorec razvrstitve odmrlih dreves je bil netipičen, saj so bila odmrła drevesa skoncentrirana na relativno majhni površini, navadno pa so razvrščena posamično in na večjem območju (Ciesla in sod., 1998). Lokalni prebivalci poznajo to rastlino že vsaj od leta 1920 dalje, saj redno nabirajo njegove poganjke kot krmo za živino. To prakso omenjata tudi Zakaullah in Badshah (1977, cit. po Ciesla in sod., 1998), ki sta izrazila zaskrbljenost, da bi takšno početje utegnilo pripomoči k nadaljnjemu širjenju brinjekaza. Ista avtorja poročata tudi o opažanju vrste drozga, poimenovanega "mistle thrush", ki se pogosto pojavlja med obdobjem semenenja, zaradi česar domnevata, da bi lahko bili ptice in manjši glodavci vektorji pri njegovem širjenju.

V novejši raziskavi, ki je prav tako potekala na območju gozda Ziarat, pa so Sarangzai in sod. (2010) odkrili navadni brinjekaz še na štirih novih lokacijah. Avtorji so uporabili isto metodo, kot je omenjena že pri prejšnji raziskavi. Kot prvi simptom okužbe z navadnim brinjekazom navajajo odebelitev vej na mestu okužbe. Kot močno okužena so bila opredeljena drevesa z osutimi krošnjami ali gosto in metlasto rastjo vej. Na okuženih območjih doline Salam so bila drevesa močno prizadeta, večina jih je imela DMR 6. Nasprotno pa je bil razred okuženosti v dolini Ziarat majhen, DMR večine dreves je bil 1. Na okuženih delih doline Salik Sakhobi je bila okuženost zmerna. Najbolj prizadeto je bilo območje doline Narai, kjer je bilo prisotnih tudi največ okuženih dreves. Tukaj so imela drevesa visok DMR, in sicer od 4 do 6. Avtorji sklepajo da gre tukaj za nedavno okužbo, saj na vzorčnih ploskvah niso opazili nobenega drevesa, ki bi popolnoma odmrlo zaradi brinjekaza. Prisotnost navadnega brinjekaza na novo okuženih območjih je posledica njegovega širjenja iz glavnega področja okužbe, dolin Chasnak in Sasnamana. Kot potencialni vektorji širitve so bili ugotovljeni ptice in mali sesalci, med ostalimi možnimi pomembnimi dejavniki širitve na daljše razdalje pa avtorji navajajo še hitrost in smer vetra.

Obstaja več metod za zatiranje navadnega brinjekaza, vključno z mehanskimi, kemičnimi in biotskimi. Vendar pa nekateri načini biotskega zatiranja brinjekazov, kot je na primer uporaba glive *Neonectria neomacrospora*, niso bili učinkoviti (Rietman in sod., 2005, cit. po Sarangzai in sod., 2010). Kemično zatiranje z etefonom je sicer učinkovito (Johnson, 1992, cit. po Sarangzai in sod., 2010), vendar pa visoki stroški onemogočajo njegovo praktično uporabo na obravnavanem območju.

Hitrost širjenja navadnega brinjekaza prav tako učinkovito omejujeta posek in obrezovanje okuženih dreves (Johnson, 1998, cit. po Sarangzai in sod., 2010), vendar je ta metoda zelo delovno intenzivna. V Pakistanu, kjer so prav stroški biotskih in kemičnih metod zatiranja glavni omejevalni dejavnik, pa ostaja posek in obrezovanje okuženih dreves edina sprejemljiva možnost (Sarangzai in sod., 2010).

Na zahodu Združenih držav Amerike (ZDA) sorodniki navadnega brinjekaza na iglavcih povzročajo izredno veliko škodo. Ocene ekonomske škode za zahod ZDA so 11,3 milijonov m³ propadlega lesa letno, medtem ko znaša primerljiv podatek za zahod Kanade 3,8 milijonov m³. Denarno škodo je izredno težko izračunati, vendar ocenjujejo, da znaša več milijard dolarjev letno (Hawksworth in Wiens, 1996). Zunaj ZDA in Kanade pa ocen ekonomske škode brinjekazov ni, čeprav je znano, da je ta precejšna tudi v ostalih delih sveta. Za navadni brinjekaz kvantificiranih ocen ekonomske škode nismo zasledili. Pri nas, kjer je njegov gostitelj največkrat rdečeploдни brin, gre pravzaprav za težje rešljivo (in relativno manj pomembno) vprašanje, saj omenjena vrsta ni ekonomsko pomembna.

6 CILJI NALOGE IN RAZISKOVALNE HIPOTEZE

Cilji naloge so bili: ugotoviti razširjenost navadnega brinjakaza v Sloveniji; ugotoviti, katere vrste so njegovi gostitelji; oceniti stopnjo okuženosti gostiteljev in morebitno škodo (slika 4); ter oceniti potrebo po morebitnem zatiranju.

Hipoteze, ki smo si jih postavili, so bile:

1. Navadni brinjakaz je v Sloveniji redek, njegova razširjenost je slabo raziskana.
2. Pri nas je njegov gostitelj najpogostejše rdečeploдни brin (*Juniperus oxycedrus* L.), redkeje tudi navadni brin (*Juniperus communis* L.).
3. Stopnja okuženosti gostiteljev je pri nas razmeroma nizka, zaenkrat ne povzroča večje škode.
4. Zatiranje zaenkrat ni potrebno.



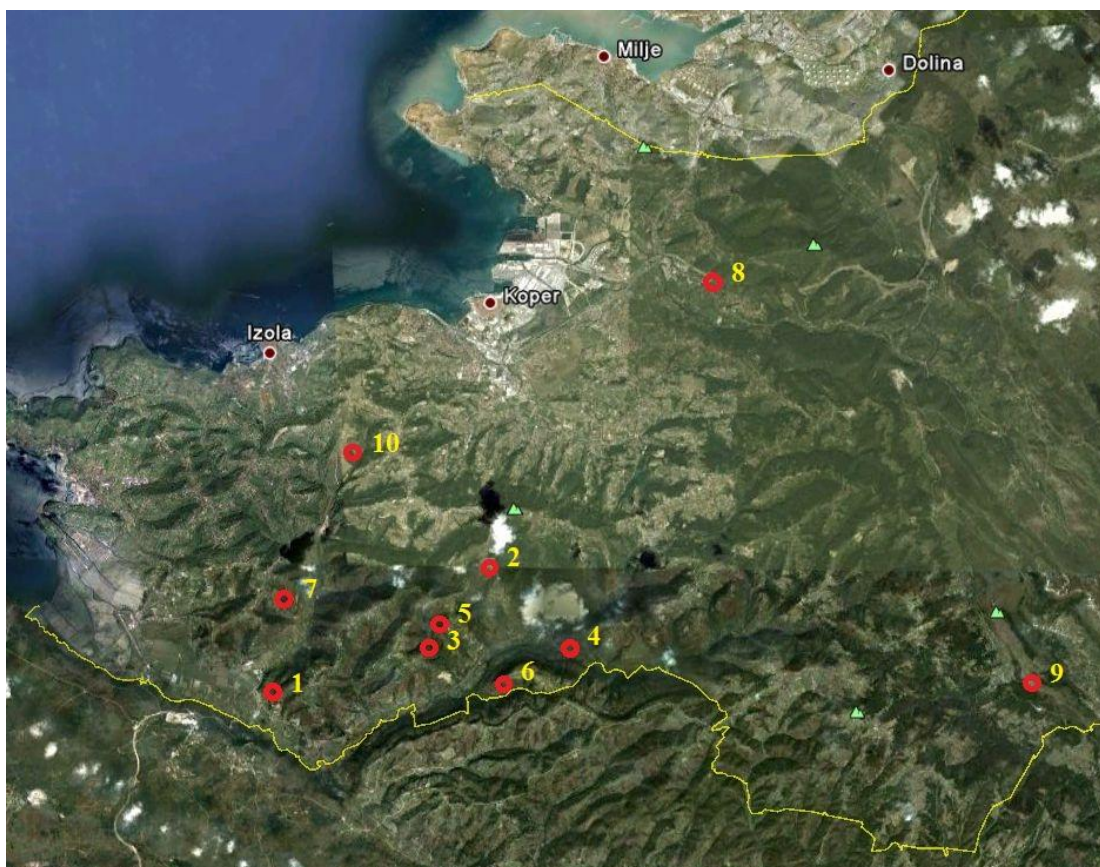
Slika 4: Močno okužen osebek navadnega brina (foto D. Gajšek)

7 METODE

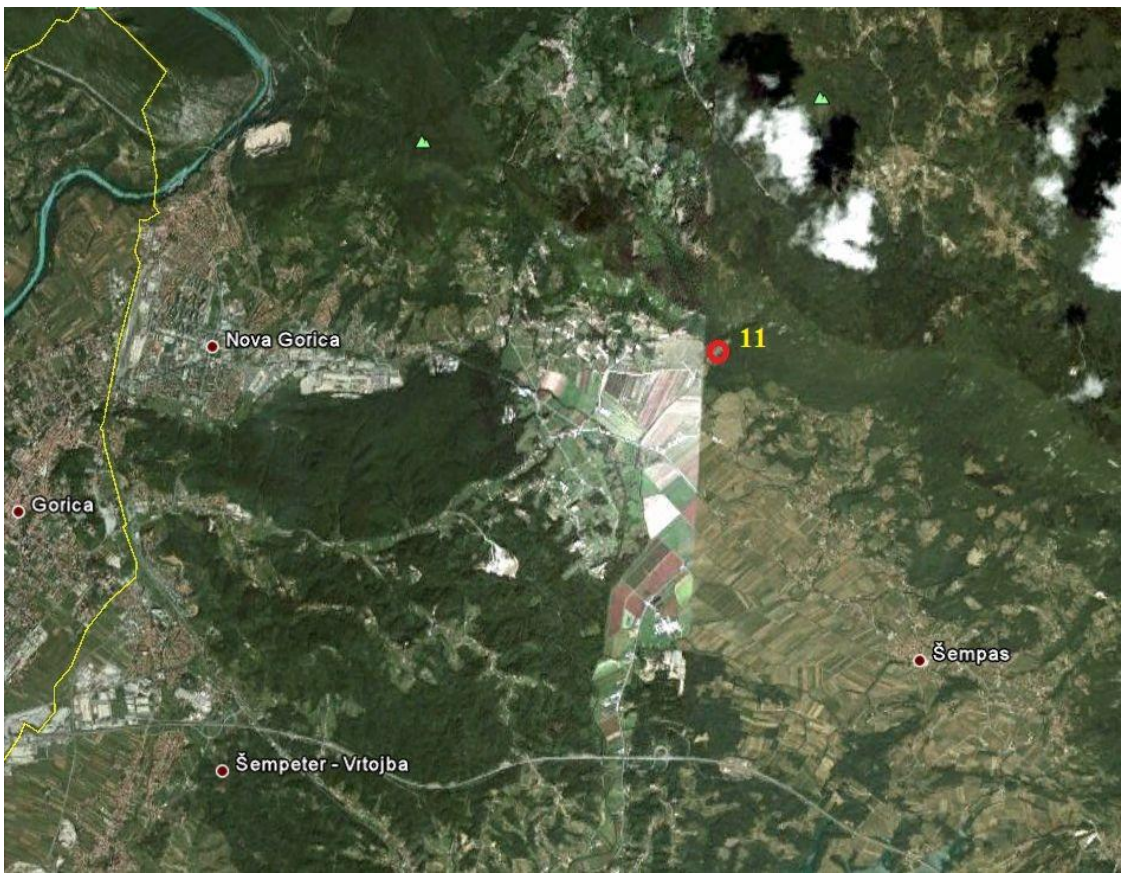
Metodološko je izdelava diplomske naloge obsegala zbiranje in študij literature, delo na terenu, urejanje in obdelavo podatkov ter statistično analizo. Terensko delo je potekalo v letu 2011 v glavnem na območju Krajevne enote Koper, Območne enote Sežana, ena raziskovalna ploskev pa se je nahajala tudi na območju Krajevne enote Nova Gorica, Območne enote Tolmin Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS).

7.1 KARTE LOKACIJ RAZISKOVALNIH PLOSKEV

Skupaj smo popisali 11 raziskovalnih ploskev. Izbrali smo vse večje in pomembnejše populacije rdečeplodnega brina v Sloveniji (po Jogan, 2001), pri čemer smo bili pozorni na pokritost celotnega območja njegove razširjenosti (slika 5, slika 6).



Slika 5: Lokacije raziskovalnih ploskev na območju Krajevne enote Koper



Slika 6: Lokacija raziskovalne ploskve na območju Krajevne enote Nova Gorica

7.2 PODATKI O RAZISKOVALNIH PLOSKVAH

Sledijo podatki o raziskovalnih ploskvah (Pregledovalnik gozdarskih..., 2011):

Ploskev 1: Sv. Peter	
Oddelek, katastrska občina	7b, Sečovlje
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> Puncer et Zupančič 1999
GPS koordinate	5395843 5035809
Nadmorska višina	118 m
Položaj v pokrajini	Pobočje hriba
Naklon	20 %
Relief	Jarkast
Vrsta tal	Plitva karbonatna rendzina na flišu
Geološka podlaga	Fliš

Ploskev 2: Brače	
Oddelek, katastrska občina	45a, Koštabona
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> Puncer et Zupančič 1999
GPS koordinate	5401138 5038733
Nadmorska višina	289 m
Položaj v pokrajini	Pobočje hriba
Naklon	35 %
Relief	Jarkast
Vrsta tal	Plitva karbonatna rendzina na flišu
Geološka podlaga	Fliš
Ploskev 3: Krkavče	
Oddelek, katastrska občina	48a, Krkavče
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> Puncer et Zupančič 1999
GPS koordinate	5399642 5036766
Nadmorska višina	220 m
Položaj v pokrajini	Pobočje hriba
Naklon	30 %
Relief	Jarkast
Vrsta tal	Plitva karbonatna rendzina na flišu
Geološka podlaga	Fliš
Ploskev 4: Labor	
Oddelek, katastrska občina	53a, Boršt
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> Puncer et Zupančič 1999
GPS koordinate	5403868 5036931
Nadmorska višina	182 m
Položaj v pokrajini	Pobočje hriba
Naklon	20 %
Relief	Jarkast
Vrsta tal	Plitva karbonatna rendzina na flišu
Geološka podlaga	Fliš
Ploskev 5: Puče	
Oddelek, katastrska občina	47a, Koštabona
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> Puncer et Zupančič 1999
GPS koordinate	5396256 5037818
Nadmorska višina	239 m
Položaj v pokrajini	Pobočje hriba
Naklon	20 %
Relief	Jarkast
Vrsta tal	Plitva karbonatna rendzina na flišu
Geološka podlaga	Fliš

Ploskev 6: Brič	
Oddelek, katastrska občina	44, Koštabona
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> Puncer et Zupančič 1999
GPS koordinate	5401582 5036135
Nadmorska višina	200 m
Položaj v pokrajini	Pobočje hriba
Naklon	30 %
Relief	Jarkast
Vrsta tal	Plitva karbonatna rendzina na flišu
Geološka podlaga	Fliš
Ploskev 7: Korte	
Oddelek, katastrska občina	16a, Dvori
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> Puncer et Zupančič 1999
GPS koordinate	5396256 5038074
Nadmorska višina	50 m
Položaj v pokrajini	Pobočje hriba
Naklon	15 %
Relief	Jarkast
Vrsta tal	Plitva karbonatna rendzina na flišu
Geološka podlaga	Fliš
Ploskev 8: Dekani	
Oddelek, katastrska občina	83, Dekani
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> Puncer et Zupančič 1999
GPS koordinate	5406908 5046209
Nadmorska višina	88 m
Položaj v pokrajini	Pobočje hriba
Naklon	30 %
Relief	Jarkast
Vrsta tal	Plitva karbonatna rendzina na flišu
Geološka podlaga	Fliš
Ploskev 9: Sočerga	
Oddelek, katastrska občina	127b, Sočerga
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Qstryetum</i> Horvat 1950
GPS koordinate	5414897 5035937
Nadmorska višina	408 m
Položaj v pokrajini	Ravnina - pobočje hriba
Naklon	0-30 %
Relief	Valovit
Vrsta tal	Rendzina na terciarnih apnencih
Geološka podlaga	Apnenec

Ploskev 10: Gažon

Oddelek, katastrska občina	24, Vinica
Gozdna združba	<i>Seslerio autumnalis</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> Puncer et Zupančič 1999
GPS koordinate	5398111 5042270
Nadmorska višina	166 m
Položaj v pokrajini	Pobočje hriba
Naklon	30 %
Relief	Jarkast
Vrsta tal	Plitva karbonatna rendzina na flišu
Geološka podlaga	Fliš

Ploskev 11: Lijak

Oddelek, katastrska občina	52c, Loke
Gozdna združba	<i>Allio globosi-Iberidetum</i> ; <i>Ostryo-Quercetum pubescentis quercetosum ilicis varianta Amelanchier ovalis</i> Dakskobler 1977
GPS koordinate	5401154 5091421
Nadmorska višina	195 m
Položaj v pokrajini	Pečina
Naklon	80-100 %
Relief	Pečina in melišča
Vrsta tal	Rendzina na apnencu in dolomitu
Geološka podlaga	Apnenec in dolomit

Velikost posamezne ploskve smo določili tako, da smo na vsaki posebej v raziskavo zaobjeli čim bolj zaokroženo populacijo brinov. Dela smo se lotili dvofazno; najprej smo na terenu poiskali in popisali populacije rdečeploдного brina, nakar smo na njih popisali okuženost z navadnim brinjakazom. Na vsaki ploskvi smo določili ekspozicijo, nagib, skalovitost, nadmorsko višino ter njene GPS koordinate. Te smo določevali z ročno GPS napravo Garmin GPSmap 60CSx. Z njo smo določili tudi GPS koordinate ter nadmorsko višino vsakega posameznega osebka brina. Za ocenjevanje skalovitosti smo si določili 5 stopenjsko lestvico, ocena 1 je pomenila da skalovitosti ni bilo, ocena 5 pa je pomenila zelo veliko skalovitost. Nadalje smo določili drevesno vrsto (rdečeploдни ali navadni brin - če je bila prisotna tudi ta vrsta), vitalnost, višino osebka ter razred okuženosti z brinjakazom. Pri ocenjevanju vitalnosti brinov smo uporabljali 5 stopenjsko lestvico, ocena 1 je pomenila odlično vitalnost, ocena 5 pa zelo slabo vitalnost. Pri metodi za ocenjevanje razreda okuženosti gostiteljev smo vzeli za izhodišče Hawksworthovo metodo šestih razredov (DMR – dwarf mistletoe rating).

Pri Hawksworthovi metodi živi del krošnje gostitelja vizualno razdelimo na tretjine in ocenimo vsako tretjino posebej, na koncu pa te ocene seštejemo in tako dobimo razred okuženosti. Ta metoda uporablja lestvico šestih razredov, kar pomeni, da ima lahko vsaka posamezna tretjina oceno 0, 1 ali 2. Če okuženosti ni, dobi takšna tretjina oceno 0, če je okužena manj kot polovica, je ocena 1, če pa je okužena več kot polovica tretjine krošnje, pa je ocena 2. Treba je poudariti, da ta metoda ne upošteva okužb na deblu gostiteljev, razen v primeru, če je to edina okužba, potemtakem je ocena okuženosti 1 (Hawksworth, 1977). Zaradi enostavnosti metode in primerljivosti rezultatov pri različnih ocenjevalcih je postala ta metoda standardna pri kvantificiranju stopnje okuženosti z brinjekazi (Dooling, 1978, cit. po Hawksworth in Wiens, 1996).

Za potrebe naše raziskave smo to metodo prilagodili in oceno okuženosti razširili na 12 razredov. Razlog so predvsem relativno majhne dimenzije gostiteljev in predvidene nizke stopnje okuženosti pri nas. Tako je bila ocena v posamezni tretjini krošnje lahko od 0 do 4. Naš kriterij je bil delež okuženih vej v posamezni tretjini žive krošnje. Če brinjekaz ni bil prisoten, je bila ocena 0. Če je bil brinjekaz prisoten na manj kot četrtini vej, je bila ocena 1, če je bil prisoten na eni četrtini do ene polovice vej, je bila ocena 2, od polovice do treh četrtin vej je bila ocena 3, od treh četrtin naprej pa je bila ocena 4. Prav tako smo upoštevali okužbe, prisotne na samem deblu gostitelja, v takšnih primerih je bila ocena 1 (slika 7).



Slika 7: Velika okužba na deblu navadnega brina (foto D. Gajšek)

Nadalje smo iz ocen okuženosti vseh popisanih gostiteljev na posamezni raziskovalni ploskvi izračunali povprečni razred okuženosti (stand DMR), posebej pa smo izračunali tudi povprečen DMR po tretjinah krošnje gostiteljev. Naslednji uporaben podatek pri ugotavljanju stopnje okuženosti pa je tako imenovani dwarf mistletoe index (DMI), ki je povprečje razredov okuženosti le tistih gostiteljev, na katerih je okuženost prisotna (Geils in Mathiasen, 1990). Za vsako ploskev smo izračunali tudi povprečno vitalnost in višino ter razmerje med številčnostjo rdečeplodnega in navadnega brina. Na okuženih ploskvah smo izračunali še delež okuženih gostiteljev (slika 8) ter korelaciji med vitalnostjo in DMR ter med višino in DMR. Vse to pa smo potem ločeno izračunali še upoštevajoč vse osebkke vsake drevesne vrste, na vseh šestih okuženih ploskvah skupaj.



Slika 8: Sušenje veje na okuženem rdečeploдном brinu (foto D. Gajšek)

Nato smo s statistično analizo skušali ugotoviti morebitne razlike ali podobnosti med okuženimi ploskvami. Uporabili smo neparametrične teste, natančneje Kruskal-Wallisov test, pri posteriorni analizi pa Mann-Whitneyev U-test.

Pri ugotavljanju povezanosti okuženosti posameznih gostiteljev in njihove medsebojne oddaljenosti smo izvedli Mantelov test korelacijskega koeficienta. Medsebojne oddaljenosti gostiteljev so med sabo odvisne, saj bi sprememba položaja enega osebka spremenilo $n - 1$ teh oddaljenosti (oddaljenost tega osebka od vseh ostalih). Zaradi omenjene odvisnosti razmerja med matrikama (prva matrika vsebuje razlike v oceni razreda okuženosti za vse možne pare v populaciji, druga pa geografske razdalje med taistimi pari znotraj posamezne populacije), ne moremo oceniti s preprostim korelacijskim koeficientom in statističnim testom. Uporaba Mantelovega testa, ki je neke vrste naključni ali permutacijski test, nam omogoča, da omenjeni problem zaobidemo.

Ker smo to metodo prilagodili in oceno okuženosti s 6 razširili na 12 razredov, smo se v izogib morebitnim nejasnostim odločili kratici DMR in DMI označiti s črtico (DMR', DMI').

8 REZULTATI

Raziskovalne ploskve so se nahajale na toplih, južnih do jugozahodnih legah, pogosto neposredno ob poteh ali pa na strmih erozijskih pobočjih. Nadmorska višina ploskev se je gibala od 88 m pri Dekanih do 408 m pri Sočergi. Naklon ploskev se je gibal od 0 do celo 100 % na ploskvi Lijak, saj so bile na nekaterih delih ploskve navpične stene. Na večini ploskev pa je bil naklon med 15 in 30 %. Od skupno 11 popisanih raziskovalnih ploskev je bil navadni brinjekaz prisoten na 6 ploskvah, večinoma tistih na širšem območju doline Dragonje. Popisali smo 414 osebkov obeh vrst brina, od tega 228 osebkov rdečeplodnega in 186 osebkov navadnega brina. Na tistih ploskvah, kjer je bil navadni brinjekaz prisoten, smo popisali 230 osebkov obeh vrst, 128 osebkov rdečeplodnega in 102 osebkov navadnega brina. Delež navadnega brina na ploskvah se je gibal od 7,69 % pri Svetem Petru, pa do 73,33 % pri Kortah, kjer je močno prevladoval. Najbolj vitalni so bili osebki brina na Gažonu, najmanj pa na Briču. V preglednici 1 vidimo, da je bila vitalnost brinov obeh vrst brez izjeme boljša na ploskvah, kjer navadni brinjekaz ni bil prisoten, tako je bila ocena vitalnosti na neokuženih ploskvah vedno manjša od 2, torej med odlično in prav dobro. Povprečna višina brinov se je gibala med 1,12 m na Gažonu in 3,16 m na Briču. Delež okuženih osebkov brina je bil najmanjši na Briču (29,17 %), največji pa pri Krkavčah (82,93 %).

Pogosto se je navadni brinjekaz pojavljal v obliki poganjkov, bodisi posamičnih bodisi združenih v večjih ali manjših gručah, ponekod pa je tudi formiral grmičke. Tam kjer jih je, se je njihova velikost večinoma gibala med 5 in 25 cm, našli pa smo tudi grmičke, ki so bili večji od 25 cm. Največjega smo našli na navadnem brinu na ploskvi Labor (slika 9); velik je bil skoraj 40 cm.



Slika 9: Primer raziskovalne ploskve: Labor (foto D. Gajšek)

Preglednica 1: Pregledna tabela ploskev, na katerih so okuženi gostitelji prisotni in ploskev, kjer okužb ni

	n	Površina ploskve (m ²)	Ekspozicija ploskve	Povprečna vitalnost	Povprečna višina (m)	Delež okuženih osebkov (%)	DMR' po tretjinah krošnje			DMR' ploskve	DMI'	Korelacija 1	Korelacija 2
							Zgornja	Srednja	Spodnja				
Sv.Peter	26	1243	JZ	2,54	1,52	76,92	1,04	1,35	0,62	3,00	3,82	0,37	0,21
Brače	48	1109	J	2,23	1,42	72,92	1,65	2,00	1,54	5,19	7,11	0,54	0,17
Krkavče	41	778	J	2,37	1,30	82,93	0,93	1,76	1,32	4,00	4,82	0,71	-0,01
Labor	37	1023	J	2,41	2,19	59,46	0,51	0,89	0,73	2,14	3,59	0,70	0,50
Puče	54	1878	J - JZ	2,33	1,82	66,67	0,93	1,65	1,13	3,70	5,56	0,36	0,26
Brič	24	1078	J	2,71	3,16	29,17	0,38	0,75	0,63	1,75	6,00	0,31	0,29
Korte	45	1649	J	1,87	1,24								
Dekani	43	596	JZ	1,67	1,24								
Sočerga	26	1655	J	1,96	1,46								
Gažon	52	1858	J	1,44	1,12								
Lijak	18	1967	J	1,83	3,15								

DMR'....razred okuženosti gostiteljev v vseh treh tretjinah krošnje skupaj

DMI'....povprečje razredov okuženosti zgolj okuženih gostiteljev

Korelacija 1....korelacija med vitalnostjo gostiteljev in DMR'

Korelacija 2....korelacija med višino gostiteljev in DMR'

Preglednica 2: Okuženost gostiteljev na okuženih ploskvah po drevesni vrsti

	n	Povprečna vitalnost	Povprečna višina (m)	Delež okuženih osebkov (%)	DMR' po tretjinah krošnje			DMR'	DMI'	Korelacija 1	Korelacija 2
					Zgornja	Srednja	Spodnja				
Rdečeploдни brin	128	2,37	1,68	76,56	1,38	1,85	1,35	4,58	5,98	0,41	0,12
Navadni brin	102	2,42	1,98	54,90	0,45	1,04	0,73	2,22	4,04	0,44	0,10

DMR'....razred okuženosti gostiteljev v vseh treh tretjinah krošnje skupaj

DMI'....povprečje razredov okuženosti zgolj okuženih gostiteljev

Korelacija 1....korelacija med vitalnostjo gostiteljev in DMR'

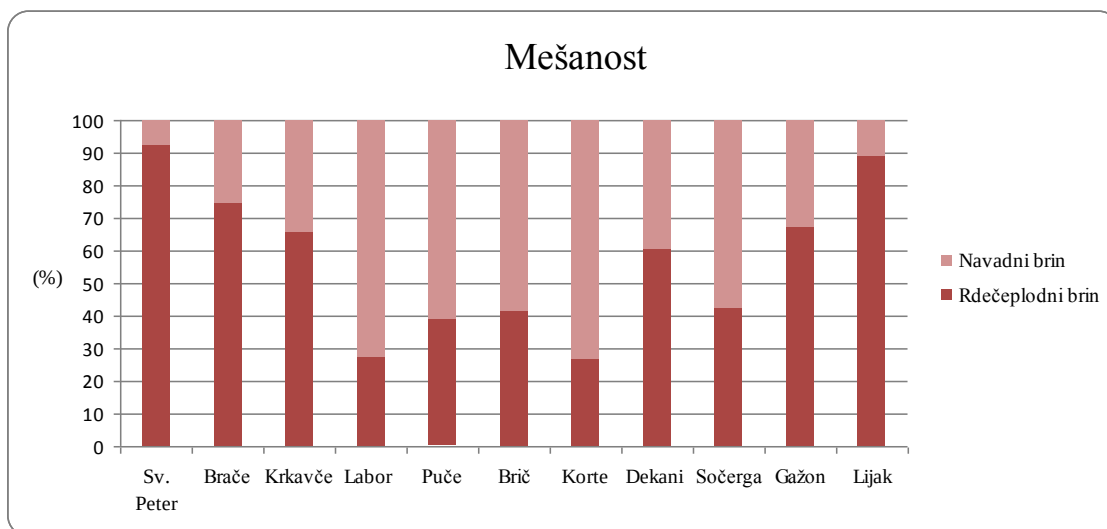
Korelacija 2....korelacija med višino gostiteljev in DMR'

Iz preglednice 1 je razvidno, da je povprečni razred okuženosti najvišji na ploskvi Brače (ima najvišji DMR' ter DMI'), po deležu okuženih gostiteljev pa je šele na tretjem mestu, kar pomeni, da je sicer okuženo manjše število gostiteljev, a so okuženi močnejše. Glede na DMR' ji sledita ploskvi Krkavče in Puče. Največja razlika med DMR' in DMI' je na ploskvi na Briču, ki ima najnižji DMR', saj je tam okuženih brinov zelo malo, se pa na ploskvi nahajata dva izredno močno okužena osebka rdečeploдного brina. Pri ostalih ploskvah je ta razlika precej manjša. Korelacija 1 je korelacija med vitalnostjo gostiteljev in DMR', medtem ko je korelacija 2 korelacija med višino gostiteljev in DMR'. Korelacija 1 odstopa pri ploskvah Krkavče in Labor, kjer je precej visoka (0,7 in 0,71). Korelacija 2 pa je občutno manjša pri vseh ploskvah razen pri ploskvi Labor, kjer je že kar pomembna. Pri Krkavčah pa je celo negativna.

Preglednica 2 prikazuje okuženost glede na drevesno vrsto gostiteljev, ki so se nahajali na vseh šestih okuženih ploskvah skupaj. Številčno je nekoliko prevladoval rdečeploдни brin, ki je bil tudi malenkost boljše vitalnosti in v povprečju nekoliko nižji od navadnega. Ker je ta vrsta pri nas glavni gostitelj navadnega brinjakaza, je bilo za pričakovati, da bo delež okuženih osebkov večji, kot pri navadnem brinu, kar se je kasneje na terenu tudi pokazalo. Vseeno pa je bil delež okuženih osebkov navadnega brina v nasprotju s pričakovanji precej visok; brinjakaz je bil prisoten na več kot polovici osebkov navadnega brina. Tako je bil pri navadnem brinu ta delež le za dobro petino manjši od tistega pri rdečeploдным brinu. Razred okuženosti (DMR') pri rdečeploдным brinu pa je bil več kot dvakrat višji kot pri navadnem. Manjša je razlika med vrstama glede na DMI', še vedno pa je ta pri rdečeploдным brinu občutno višji. Kot je omenjeno že v prejšnjem odstavku, je korelacija 1 korelacija med vitalnostjo gostiteljev in DMR', korelacija 2 pa korelacija med višino gostiteljev in DMR'. Pri obeh korelacijah med drevesnima vrstama ni velikih razlik, je pa korelacija 1 malenkost višja pri navadnem brinu, korelacija 2 pa pri rdečeploдным brinu. Pri obeh vrstah je korelacija 2 znatno nižja od korelacije 1. Glede na to lahko sklepamo, da sta vitalnost in razred okuženosti gostiteljev medsebojno precej bolj povezana kot pa njihova višina in razred okuženosti.

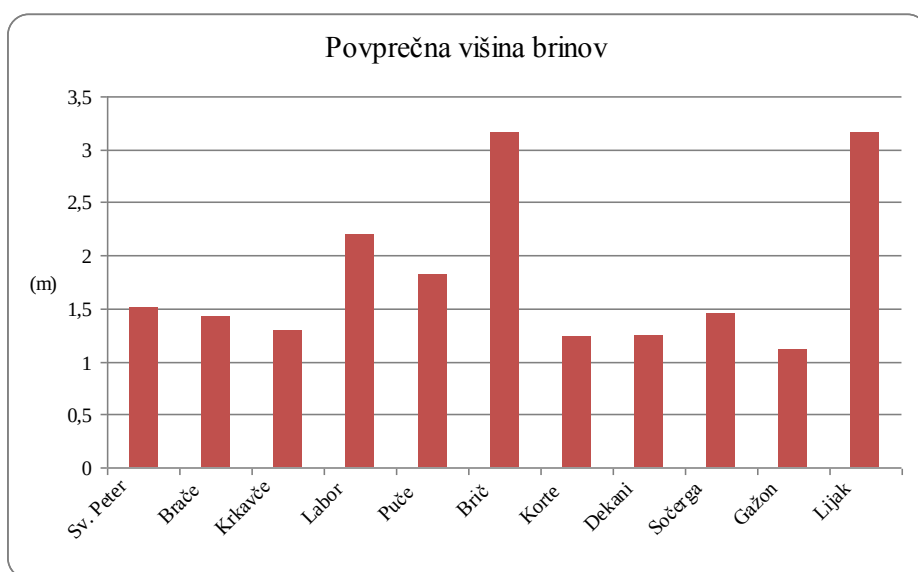
8.1 MEDSEBOJNA PRIMERJAVA PLOSKEV

Rdečeploдни brin je prevladoval na ploskvah: Sveti Peter, Brače, Krkavče, Dekani, Gažon in Lijak. Na ostalih ploskvah pa je prevladoval navadni brin, s posamično ali v skupinica primešanim rdečeploдным brinom (slika 10).



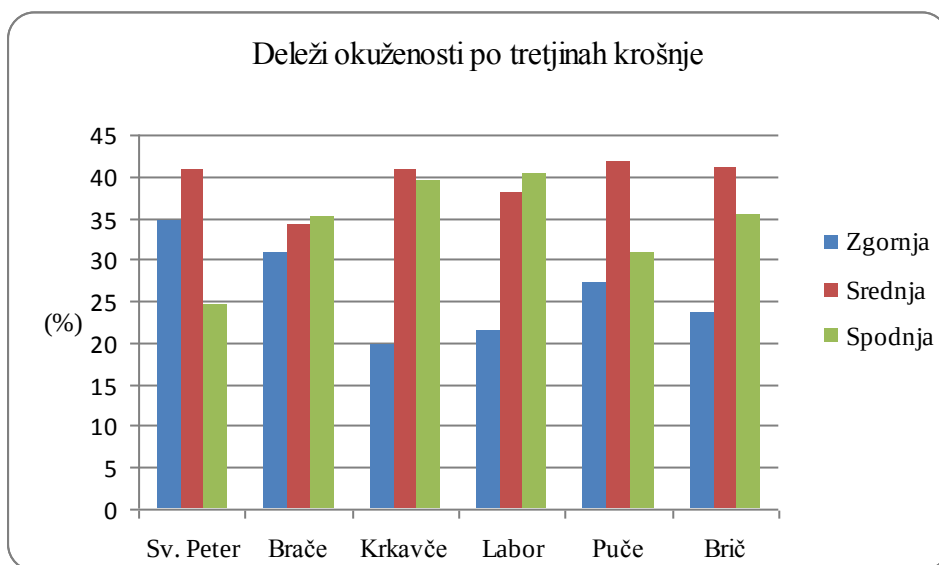
Slika 10: Zastopnost rdečeploдного in navadnega brina po ploskvah

Pri povprečni višini z najvišjimi gostitelji izstopata ploskvi Brič in Lijak, sledi jima ploskev Labor, ostale pa so si med seboj precej podobne (slika 11).



Slika 11: Povprečna višina brinov po ploskvah

Razen na ploskvah Brače in Labor je bila najmočnejše okužena srednja tretjina krošnje gostiteljev (slika 12).

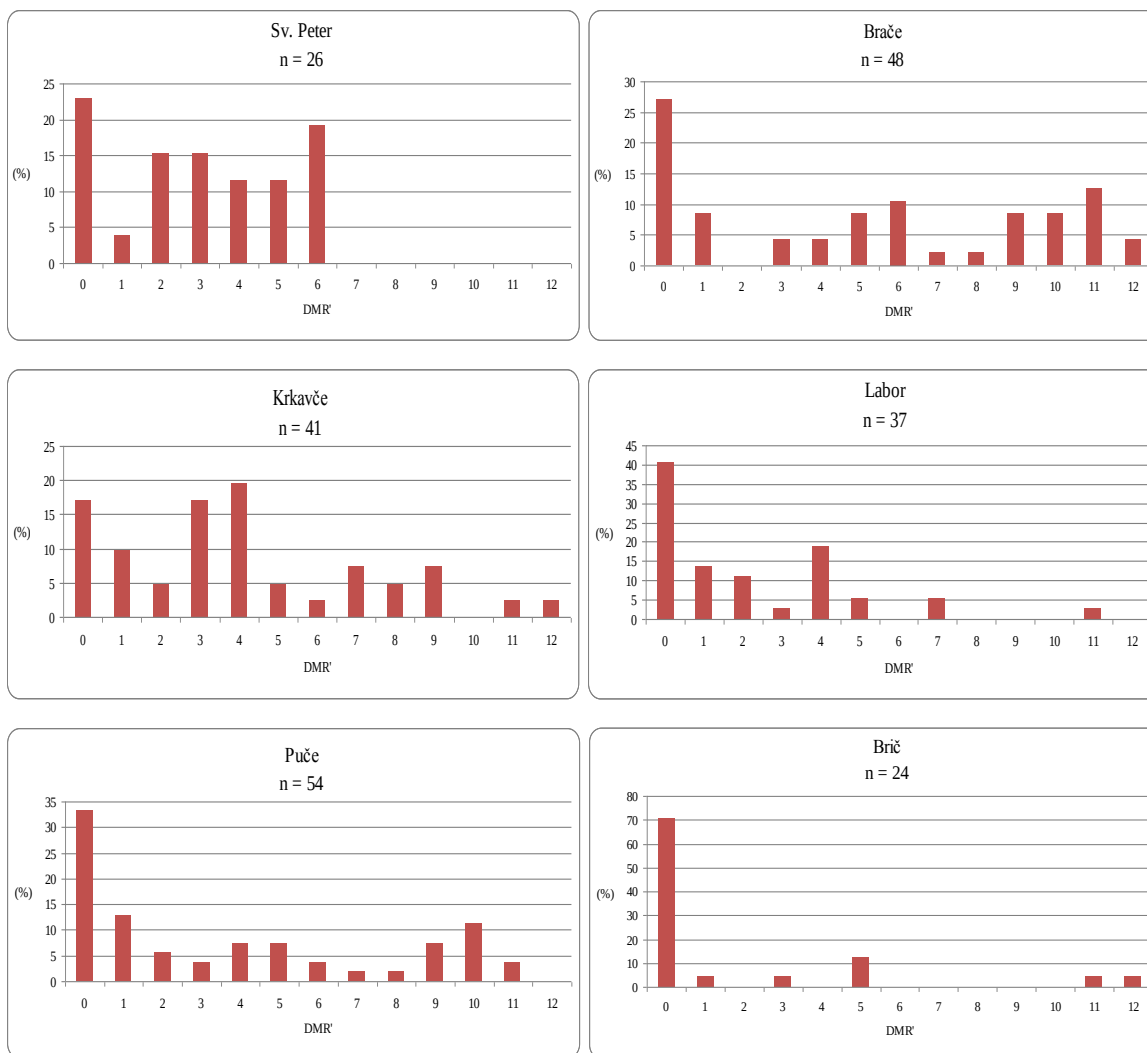


Slika 12: Deleži okuženosti po tretjinah krošnje gostiteljev obeh drevesnih vrst

Na ploskvah Krkavče, Puče in Brič je vzorec razvrstitve okuženosti tretjin krošenj podoben. Najbolj je okužena srednja, nato spodnja in najmanj zgornja tretjina krošnje.

8.1.1 Frekvenčna porazdelitev razredov okuženosti po ploskvah

Ploskev Sveti Peter se razlikuje od ostalih po tem, da na njej ni nobenega močnejše okuženega gostitelja, najmočnejše okuženi osebki imajo tako DMR' 6 (slika 13).



Slika 13: Frekvenčna porazdelitev razredov okuženosti

Na ploskvi Brače največji delež zavzemajo neokuženi osebki, razredi okuženosti pa so enakomerneje porazdeljeni, z manjšima vrhovoma pri DMR' 5 in 6, ter 9, 10 in 11. Naslednja ploskev, Krkavče, je edina, na kateri neokuženi osebki nimajo največjega deleža; tako je delež DMR' 3 izenačen z deležem neokuženih osebkov, delež DMR' 4 pa je celo nekoliko večji. Na ploskvi Labor močno prevladuje delež neokuženih osebkov, razen enega osebka z DMR' 11 pa na njej sploh ne najdemo močnejše okuženih osebkov.

Na ploskvi Puče prav tako prevladujejo neokuženi osebki, vendar ne tako močno kot pri prejšnji ploskvi. Razredi okuženosti so tukaj precej enakomerno porazdeljeni, manjkajo le osebki z najvišjo stopnjo DMR' (12). Ploskev Brič ima izrazito največji delež neokuženih gostiteljev; na njej smo našli le 7 okuženih osebkov, pri čemer pa sta bila dva izmed njih močno okužena (enemu smo določili DMR' 11, drugemu pa DMR' 12).

8.1.2 Primerjava okuženosti posameznih ploskev

S Kruskal-Wallisovim testom (rezultat 0,001), smo na nivoju 1 % najprej dokazali statistično značilne razlike med okuženimi ploskvami. Primerjali smo jih po razredih okuženosti vsakega posameznega gostitelja na določeni ploskvi.

Preglednica 3: Razlike v okuženosti med ploskvami, testirane z Mann-Whitneyevim U-testom

	Sv. Peter	Brače	Krkavče	Labor	Puče	Brič
Sv.Peter						
Brače	0,061n.s.					
Krkavče	0,314n.s.	0,25n.s.				
Labor	0,081n.s.	0,002	0,007			
Puče	0,954n.s.	0,091n.s.	0,409n.s.	0,112n.s.		
Brič	0,007	0,001	0,001	0,103n.s.	0,009	

Nato smo v posteriorni analizi s pomočjo Mann-Whitneyevega U-testa določili, katera ploskev se v okuženosti od katere značilno razlikuje. Iz preglednice 3 je razvidno, da se ploskev Brič na nivoju 1 % statistično značilno razlikuje od vseh drugih ploskev, razen od ploskve Labor. Ploskev Labor pa se statistično značilno razlikuje od ploskev Brače ter Krkavče, prav tako na nivoju 1 %.

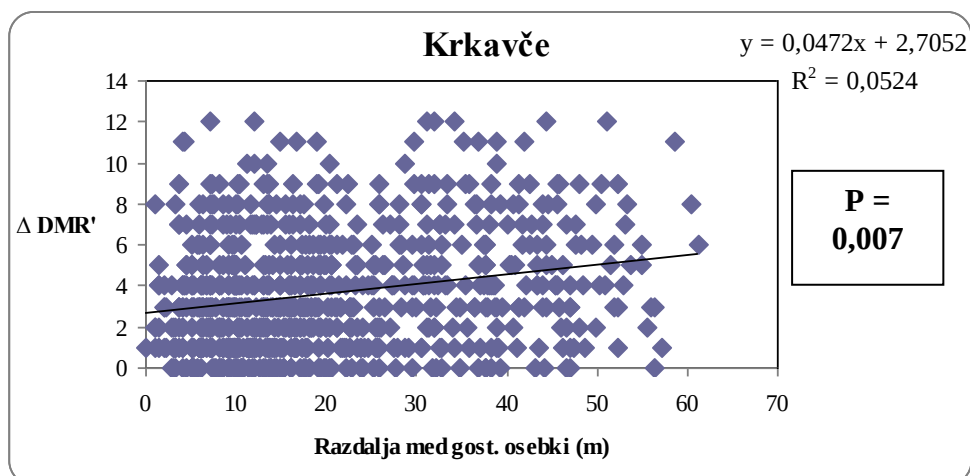
8.1.3 Povezanost okuženosti posameznih gostiteljev in njihove medsebojne oddaljenosti

Metoda, ki smo jo uporabili za ugotavljanje okuženosti posameznih gostiteljev v odvisnosti od njihove medsebojne oddaljenosti, se uporablja v populacijski genetiki, in sicer za ugotavljanje genetske izoliranosti z distanco (ang. Isolation by distance). Gre za fenomen, pri katerem se z večanjem geografske razdalje med posameznimi osebki zmanjšuje verjetnost njihovega medsebojnega parjenja. V našem primeru smo primerjali razred okuženosti posameznih osebkov brina z njihovo medsebojno oddaljenostjo. Gre za korelacijo med dvema matrikama, kjer prva vsebuje razlike v oceni razreda okuženosti za vse možne pare v populaciji in druga geografske razdalje med taistimi pari znotraj posamezne populacije. Analizo smo izvedli s pomočjo programa GenAlEx (Peakall in Smouse 2006), kjer smo test korelacijskega koeficienta izvedli s pomočjo Mantelovega testa z 10.000 ponovitvami (preglednica 4).

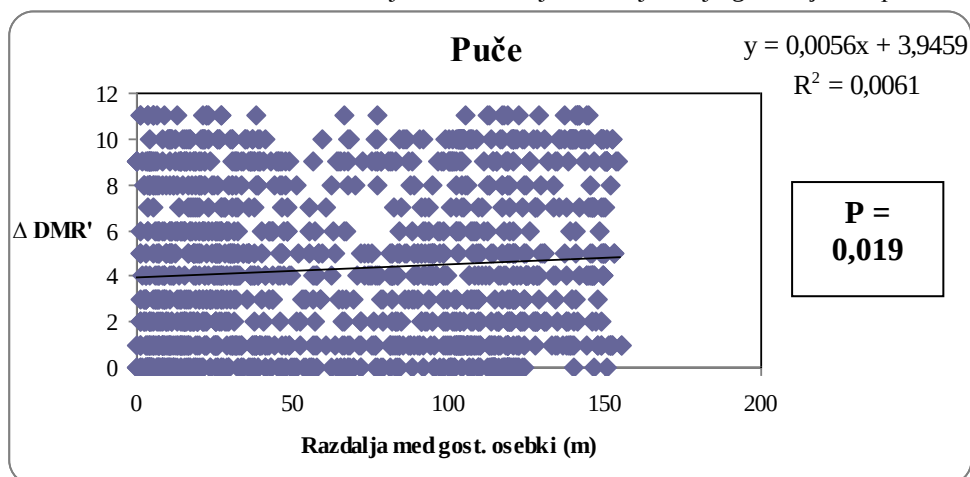
Preglednica 4: Povezanost okuženosti in medsebojne oddaljenosti gostiteljev po ploskvah

	Funkcijska odvisnost	Prispevek k R ²	Mantelov test
Sv. Peter	y = 0,0053x + 2,4188	R ² = 0,0022	0,181
Brače	y = 0,0033x + 4,8783	R ² = 0,0004	0,245
Krkavče	y = 0,0472x + 2,7052	R ² = 0,0524	0,007
Labor	y = -0,0045x + 2,8132	R ² = 0,0012	0,400
Puče	y = 0,0056x + 3,9459	R ² = 0,0061	0,019
Brič	y = 0,0162x + 1,5231	R ² = 0,3576	0,009

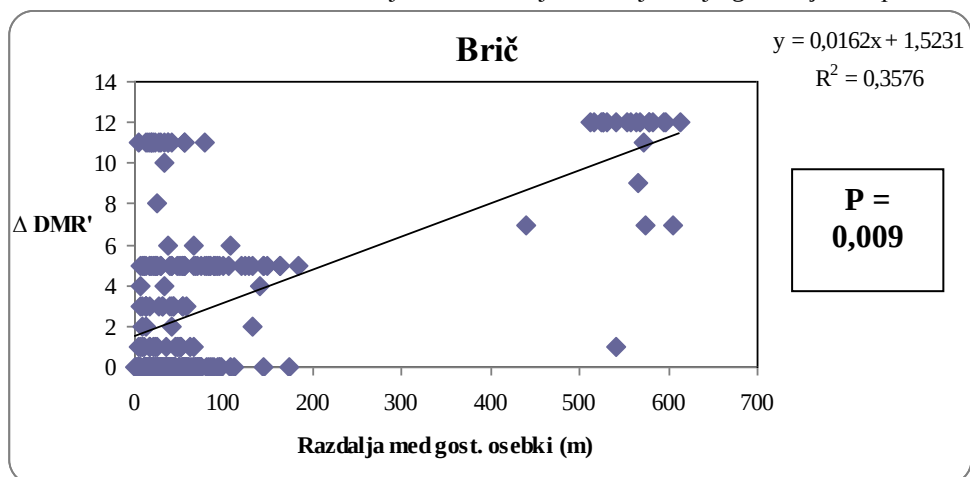
Dela smo se lotili tako, da smo na osnovi koordinat posameznega gostitelja izračunali medsebojno razdaljo vseh možnih parov v populaciji, prav tako pa tudi razlike v okuženosti vseh parov v populaciji. Tako smo dobili dve matriki podatkov, za kateri smo izračunali korelacijski koeficient; le-tega smo tudi testirali.



Slika 14: Povezanost med okuženostjo in medsebojno oddaljenostjo gostiteljev na ploskvi Krkavče



Slika 15: Povezanost med okuženostjo in medsebojno oddaljenostjo gostiteljev na ploskvi Puče

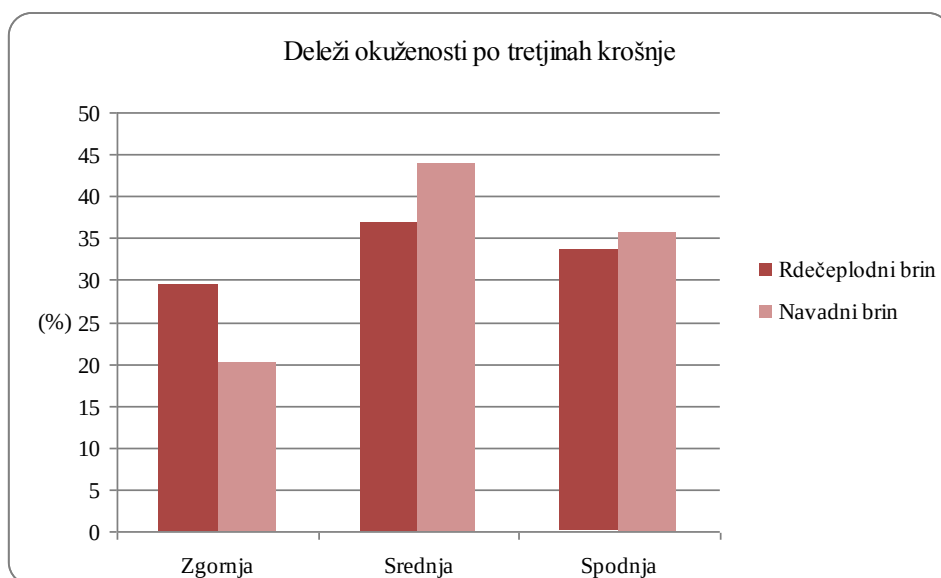


Slika 16: Povezanost med okuženostjo in medsebojno oddaljenostjo gostiteljev na ploskvi Brič

Če obstaja značilna korelacija med razlikami v okuženosti in prostorsko oddaljenostjo med osebki, to pomeni, da se okuženi gostitelji znotraj populacije prostorsko grupirajo. To prostorsko strukturiranje si je v našem primeru možno razložiti s tem, da v bližini že okuženih gostiteljev obstaja večja verjetnost okužbe neokuženih osebkov. Kjer je bila ta povezanost statistično značilna, sklepamo, da je to posledica samega načina širjenja vrste, torej, da se je na teh ploskvah brinjekaz na ostale gostitelje dejansko širil iz inicialnih jeder. Kjer medsebojne odvisnosti nismo potrdili, pa je možen vzrok prostorska razporeditev gostiteljev na ploskvah, ki so bile večinoma linijske (podolgovate oblike, zaradi večinske lege ob poteh). Takšna razporeditev že sama po sebi zmanjšuje možnost uspešnega širjenja okužb, saj imajo gostitelji manj sosedov, na katere bi se brinjekaz lahko potencialno širil. Iz preglednice 4 je razvidno, da je povezanost razlik v okuženosti in medsebojne razdalje gostiteljev statistično značilna na ploskvah Krkavče, Puče in Brič (slika 14, slika 15, slika 16). Na ploskvah Krkavče in Brič na nivoju 1 %, na ploskvi Puče pa na nivoju 5 %. Na teh ploskvah so bile pri medsebojno bolj oddaljenih osebkih brina razlike v razredih okuženosti večje. Najbolj izstopa ploskev Brič, pri kateri razlike v okuženosti z medsebojno razdaljo najbolj izrazito naraščajo; možni vzrok za to se najbrž skriva v dejstvu, da se je en močno okužen gostitelj nahajal daleč stran od preostalih, kar je značilno vplivalo na prostorsko strukturiranost okuženih osebkov oziroma na izvedbo samega testa. Z odstranitvijo omenjenega osebka iz analize (rezultati niso prikazani) s testom nismo potrdili odvisnosti med okuženostjo in prostorsko oddaljenostjo v proučevani populaciji. Pri ostalih ploskvah statistično značilnih razlik nismo odkrili.

8.2 PRIMERJAVA RDEČEPLODNEGA IN NAVADNEGA BRINA

Pri obeh drevesnih vrstah je najbolj okužena srednja tretjina krošnje, najmanj pa zgornja (slika 17).



Slika 17: Deleži okuženosti po tretjinah krošnje glede na drevesno vrsto gostitelja

Preglednica 5: Razlike v okuženosti med drevesnima vrstama z in brez neokuženih gostiteljev

	Rezultat Mann-Whitneyevega U-testa razlik v okuženosti med drevesnima vrstama
Vsi popisani gostitelji na ploskvah, kjer je okuženost prisotna	0,000
Zgolj okuženi gostitelji na ploskvah, kjer je okuženost prisotna	0,001

Mann-Whitneyev U-test smo uporabili tudi pri primerjanju razlik med samima drevesnima vrstama; najprej smo upoštevali vse popisane osebkke, nato le okužene. Kot je razvidno iz preglednice 5, je test med drevesnima vrstama pokazal statistično značilne razlike v okuženosti; ob upoštevanju vseh popisanih osebkov so bile te na nivoju 1 %, ob izključnem upoštevanju okuženih pa na nivoju 1 %.

9 RAZPRAVA IN SKLEPI

Naša prilagoditev oziroma razširitev Hawksworthove metode šestih razredov se je nedvomno izkazala za smiselno, saj smo lahko na ta način bolje prikazali in opisali dejansko stanje okuženosti brinov. Ta metoda je v svoji izvirni obliki povsem primerna za uporabo v Severni Ameriki, kjer je bila razvita, in tudi drugje, v kolikor so okužbe z brinjekazi močnejše ali pa so večji sami osebki posamezne vrste brinjekaza. V slovenskih razmerah pa bi bila po našem mnenju omenjena metoda zaradi zgolj šestih razredov premalo natančna, saj je bil navadni brinjekaz pri nas marsikje komajda prisoten in pogosto niti ni tvoril grmičkov. Uporaba izvirne metode nam tako ne bi dovoljevala dovolj korektnega prikaza stanja na terenu.

Prav vse raziskovalne ploskve so imele južno ali jugozahodno ekspozicijo, kar je bila poleg večinske lege ob poteh njihova največja medsebojna podobnost. Mnogo bolj raznolika sta bila naklon terena ter nadmorska višina, na kateri so se nahajale. Okuženi gostitelji so bili opazno manj vitalni od neokuženih, kar se je posledično odražalo na slabši oceni vitalnosti. Povprečna vitalnost brinov je tako brez izjeme boljša na tistih ploskvah, kjer brinjekaz ni bil prisoten in ni imel vpliva na zmanjševanje njihove vitalnosti. Višina gostiteljev je bila ponekod večja od pričakovane, pri čemer so bili nekateri osebki celo višji od petih metrov.

Kjer so se raziskovalne ploskve nahajale ob poteh, so gostitelji vselej rasli na obeh straneh poti; prav tako se je na okuženih ploskvah na obeh straneh poti brez izjeme pojavljal tudi navadni brinjekaz. Z oddaljenostjo od poti se je navadno večal delež vegetacije višjih sukcesijskih stopenj, ki ji brini niso bili zmožni konkurirati. Tako je bilo pogosto mogoče videti sušeče se okužene gostitelje, za katere ni bilo povsem jasno, ali je sušenje posledica okužbe z navadnim brinjekazom ali zastrtosti. Rdečeploдни brin je prevladoval na petih raziskovalnih ploskvah, na ostalih pa je bil prevladujoč navadni brin. Na ploskvi Sv. Peter sklepamo, da gre za relativno novo okužbo z navadnim brinjekazom, saj na njej ni prav nobenega gostitelja višjih razredov okuženosti, okužb pa nismo našli tudi na nobenem izmed mlajših gostiteljih. Zaradi manjše rastne površine, ki jo mlajši osebki zavzemajo, je možnost njihove okužbe manjša, saj je verjetnost, da bo izstreljeno seme brinjekaza na njih pristalo, manjša.

Nahajališča navadnega brinjakaza na Slovenskem, ki jih navaja že v pregledu objav omenjena študija Ciesle in sod. (2002), lahko delno potrdimo tudi mi. V dolini Dragonje se je nahajalo največ naših raziskovalnih ploskev (Sveti Peter, Brič, Labor), prav tako smo navadni brinjakaz našli pri Pučah; v nasprotju z navedbami te študije prisotnosti navadnega brinjakaza pri Kortah nismo potrdili. Našli pa smo nahajališče pri Krkavčah, ki so ga avtorji omenjene študije sicer iskali, vendar jim ga ni uspelo locirati. Med Pučami in Krkavčami sta o njem poročala že Marchesetti (1896-1897) in Pospichal (1897-1899), zadnji ga navaja tudi pri Kortah nad Izolo in pri Borutu v hrvaški Istri. Ciesla in sod. (2004) navajajo še nahajališče pri Ankaranu, o katerem pa nismo uspeli pridobiti nobenih informacij. Preverili smo tudi navedbe Jogana (2001) o nahajališčih brinjakaza, ki naj bi bila locirana v naslednjih kvadrantih: 0447/3, 0548/1, 0548/2 in 0549/2. Naše ploskve, na katerih je bil navadni brinjakaz prisoten, so se nahajale znotraj kvadrantov 0548/1 in 0548/2, medtem ko v kvadrantih 0447/3 in 0549/2 ploskev nismo imeli.

Dimenzije grmičkov navadnega brinjakaza so bile presenetljivo kar velike. V domači literaturi je navadni brinjakaz opisan kot maksimalno 20 cm velik grmiček, mi pa smo na terenu pogosto naleteli na grmičke, ki so bili večji od 25 cm (največji je meril celo nekaj manj kot 40 cm).

Pojav metlaste rasti smo edinkrat opazili na ploskvi Brič, in sicer na dveh okuženih rdečeplojnih brinih. Tuja literatura večkrat omenja pojav metlaste rasti pri gostiteljih kot eno izmed možnih posledic okužbe z brinjakazom. Vendar mi na Briču navadnega brinjakaza v neposredni bližini metlastih izrastkov nismo opazili, kar nas navaja k sklepu, da je pojav metlaste rasti v tem primeru verjetno sprožil kakšen drug dejavnik.

Pri nekaterih osebkih navadnega brina smo na več ploskvah opazili drugačen vzorec okuženosti kot pri rdečeplojnim. Najdene okužbe so bile velikokrat lokalizirane, kar pomeni, da je bil na posameznem navadnem brinu le po en grmiček navadnega brinjakaza, in to večinoma na deblu, največkrat v srednji tretjini krošnje, redkeje pa na vejah. Od skupno 56 okuženih osebkov navadnega brina je bilo takih osebkov 12, od tega 7 z okužbo v srednji tretjini debla. Omembe tega pojava sicer nismo zasledili nikjer v literaturi. Ker je imelo veliko navadnih brinov zaradi tega pojava zelo nizek razred okuženosti (DMR' 1), je

bil pri rdečeploдном DMR' toliko višji kot pa pri navadnem brinu. Na rdečeploдном brinu so si bile okužbe med sabo manj podobne; največkrat je bil navadni brinjekaz na posameznem gostitelju prisoten hkrati na več vejah v obliki grmičkov ali pa posameznih poganjkov. Na nekaterih rdečeploдных brinih so bile okužbe prisotne na čisto vsaki veji. Razlike med drevesnima vrstama v okuženosti je potrdil tudi Mann-Whitneyev U-test.

Dejstvo, da je bila na vseh okuženih ploskvah najbolj okužena srednja tretjina krošnje gostiteljev, je verjetno posledica tega, da so bile krošnje v srednji tretjini večinoma najširše. To pomeni, da je bila v sredini krošenj površina vej, ki prestrezajo brinjekazova semena, največja. V zgornji in spodnji tretjini je bila površina vej manjša, zaradi česar so imela semena za okužbo gostitelja precej manj možnosti.

Našo prvo hipotezo lahko potrdimo, saj se je na terenu pokazalo, da je navadni brinjekaz pri nas še vedno precej redek. Naša raziskava je prvi poskus sistematičnega popisa njegove razširjenosti. Hipotezo, da je njegov gostitelj najpogostejše rdečeploдни brin, le redko pa tudi navadni, lahko zavrnamo; stanje na terenu je bilo namreč drugačno. Brinjekaz je bil na vseh okuženih ploskvah prisoten na obeh vrstah in kot je razvidno iz rezultatov, razlike v deležu okuženosti glede na vrsto gostitelja niso pretirano velike, a kljub temu zaznavne. Delež okuženih rdečeploдных brinov je znašal 76,56 %, medtem ko je pri navadnem brinu ta delež znašal 54,90 % (preglednica 2). Videti je, kot da brinjekaz ne izbira in je sposoben okužiti gostitelje ne glede na drevesno vrsto. Je pa mestoma izgledalo, kot da navadnemu brinu bolje uspeva omejevati njegovo širjenje znotraj krošenj.

Hipotezo o stopnji okuženosti smo potrdili le deloma, saj je bilo na več raziskovalnih ploskvah kar nekaj zelo močno okuženih gostiteljev. Je pa med ploskvami delež okuženih gostiteljev, kot je razvidno iz rezultatov, močno nihal. Na ploskvah, kot so Brače, Krkavče in Puče, pa navadni brinjekaz povzroča že nezanemarljivo škodo.

Po drugi strani sta obe vrsti brina pri nas ekonomsko nepomembni, zaradi česar je škodo praktično nemogoče kvantificirati. Velik je predvsem njun ekološki pomen in varovalna vloga, saj sta marsikje pionirski vrsti. Rdečeploдни brin je pri nas redka, potencialno ogrožena vrsta na robu naravnega areala, populacije so marginalne in zato potrebne

varovanja. Redka in ogrožena vrsta naše flore pa je tudi navadni brinjakaz, zato njegovo zatiranje pri nas zaenkrat verjetno res še ni potrebno, smiselno pa bi bilo spremljati njegovo širjenje vsaj na najbolj okuženih ploskvah. Glede morebitnega zatiranja se postavlja dodatno vprašanje, kakšen način bi bil pri nas ekološko in ekonomsko sploh sprejemljiv. Najverjetneje bi bila edina primerna metoda zatiranja obrezovanje in posek okuženih gostiteljev.

Na ploskvah Krkavče in Labor sta vitalnost in razred okuženosti gostiteljev medsebojno očitno precej povezana, saj je njuna korelacija sorazmerno visoka (0,71 in 0,70). Pričakovano majhna pa je povezanost med višino in razredom okuženosti gostiteljev, čeprav pri ploskvi Labor le-ta ni bila tako zanemarljiva (preglednica 1). Vzrok, da je na tej ploskvi ta povezanost večja kot na ostalih, je smiselno iskati v velikem deležu močno okuženih navadnih brinov, ki so bili tukaj precej višji kot rdečeploдни brini. Korelacija vitalnosti in razreda okuženosti gostiteljev je pri rezultatih, razvrščenih glede na drevesni vrsti, dokaj nizka, nekoliko višja pa je pri navadnem brinu. Glede na to, da je dostikrat sposoben okužbe lokalizirati zgolj na deblo, pa lahko po drugi strani rečemo, da je na njegove okužbe bolj prilagojen. Morda se je sposoben bolje braniti, ali pa je to nemara na nek način povezano z njegovo fiziologijo; literatura ustrezne razlage za to nejasnost ne ponuja. V vsakem primeru gre za vprašanje, ki bi ga bilo zelo zanimivo podrobneje raziskati. Kar zadeva korelacijo med višino in razredom okuženosti gostiteljev, pa je ta pri istih rezultatih zanemarljivo nizka.

Ker smo ugotovili statistično značilne razlike pri primerjanju razredov okuženosti gostiteljev med ploskvami, smo nadalje za vsako posebej ugotavljali, katera se v okuženosti od katere razlikuje (preglednica 3). Daleč najbolj je izstopal Brič, ki se je razen Laborja razlikoval prav od vseh ostalih ploskev. Eden izmed možnih vzrokov za to se najbrž skriva v tem, da je bilo na omenjeni ploskvi zelo malo okuženih gostiteljev, razredi okuženosti pa so bili zelo neenakomerno porazdeljeni; več kot polovica razredov okuženosti tukaj denimo sploh ni bila zastopana. Poleg tega so na tej ploskvi gostitelji rasli bolj posamično. Tudi na ploskvi Labor, ki se je razlikovala od ploskev Brače ter Krkavče, so razredi okuženosti dokaj neenakomerno porazdeljeni, pet razredov pa sploh ni zastopanih, kar že samo po sebi doprinese k večjim razlikam pri statistični primerjavi.

Pri primerjanju okuženosti glede na drevesni vrsti (preglednica 5) so rezultati pričakovano pokazali, da so ob upoštevanju zgolj okuženih gostiteljev razlike nekoliko manjše kot pri upoštevanju vseh, okuženih in neokuženih gostiteljev, saj je v tem primeru zaradi večjega števila osebkov njihova variabilnost večja že sama po sebi.

V nasprotju s prej omenjenima podobnima raziskavama v Pakistanu (Ciesla in sod., 1998; Sarangzai in sod., 2010) mi pri popisu na raziskovalnih ploskvah nismo vzorčili, temveč smo popisali celotne populacije gostiteljev na posamezni lokaciji. Za takšen pristop smo se odločili, ker so bile naše populacije precej majhne, lokacije teh populacij pa razpršene. Drugače je v Pakistanu, kjer gostitelji tvorijo veliko strnjeno gozdno površino, navadni brinjekaz pa se pojavlja na zaokroženem in prav tako velikem območju, ki onemogoča sistematičen popis vseh gostiteljev. Rezultati teh študij ravno zaradi tega niso povsem primerljivi z našimi, je pa mogoče opaziti, da je delež okuženih gostiteljev tam občutno manjši, saj se giblje zgolj od slabih 20 % pa do dobrih 30 %, medtem ko se pri nas ta delež giblje med 29,17 % in 82,93 % (preglednica 1). Ti rezultati se pri vseh treh raziskavah nanašajo le na okužene populacije. Same okužbe so v Pakistanu tudi šibkejške kot pri nas, pri čemer je vendarle potrebno upoštevati tudi to, da so gostitelji tam bolj dolgoživi in neprimerno večji od naših, saj lahko dosežejo celo do 15 m višine; povsem drugačne so tudi same rastne in sestojne razmere.

Analizo povezanosti med razlikami v okuženosti posameznih gostiteljev in njihovo medsebojno oddaljenostjo smo po našem vedenju za navadni brinjekaz izvedli prvi. Na ploskvah Krkavče, Puče in Brič je bila tovrstna povezanost statistično značilna. Sklepamo, da je to posledica samega načina širjenja vrste, torej da se je na teh ploskvah brinjekaz na ostale gostitelje dejansko širil iz inicialnih jeder. Kjer medsebojne odvisnosti nismo potrdili, pa je možen vzrok prostorska razporeditev gostiteljev na ploskvah, ki so bile večinoma linijske (tukaj mislimo podolgovato obliko, saj so se ploskve večinoma nahajale ob poteh); to že samo po sebi zmanjšuje možnost uspešnega širjenja okužb, saj imajo gostitelji manj sosedov, na katere bi se brinjekaz potencialno lahko širil. Če obstaja značilna korelacija med razlikami v okuženosti in prostorsko oddaljenostjo med osebki, to pomeni, da se okuženi gostitelji znotraj populacije prostorsko grupirajo.

To prostorsko strukturiranje si je v našem primeru možno razložiti s tem, da v bližini že okuženih gostiteljev obstaja večja verjetnost okužbe neokuženih osebkov.

Navadni brinjekaz je pri nas zelo redka vrsta, vendar bi težko rekli, da je ogrožen. Predvidevamo, da se bo v prihodnosti pri nas še naprej počasi širil, najprej tam, kjer je že prisoten, kasneje pa se bo zelo verjetno razširil tudi na bližnje, do sedaj še neokužene populacije rdečeplodnega brina. Manjša pa je verjetnost, da se bo razširil na bolj oddaljene populacije, saj se je na terenu pokazalo, da so okužene predvsem tiste, ki ležijo bližje skupaj na manjšem območju, medtem ko ga na bolj oddaljenih ni bilo. V prihodnjih raziskavah bi se bilo smiselno bolj podrobno posvetiti predvsem načinu in hitrosti njegovega širjenja, ki še vedno nista povsem pojasnjena. Poleg tega bi bilo smiselno proučiti, zakaj navadnemu brinu uspeva bolje lokalizirati okužbe z brinjekazom.

V prihodnosti bi bilo zelo zanimivo raziskati tudi, ali se pri nas navadni brinjekaz pojavlja tudi na čistih populacijah navadnega brina, brez primešanega rdečeplodnega brina, bodisi na kakšni populaciji v Primorju, bodisi bolj v notranjosti države, denimo na Krasu. Zaenkrat se zdi, kot da je vsaj majhna prisotnost rdečeplodnega brina v določeni populaciji pogoj za prisotnost navadnega brinjekaza.

10 POVZETEK

Navadni brinjakaz je eden glavnih parazitov na brinih in tudi drugih vrstah družine cipresovk. Med vrstami iz rodu *Arceuthobium* ima največjo geografsko razširjenost in je bil prva opisana vrsta tega rodu. Brinjakazi so obligatni paraziti, običajno omejeni zgolj na enega ali pa skupino med sabo sorodnih gostiteljev. So najbolj specializiran rod v družini ohmeljev.

Pri nas do sedaj ni bilo raziskav o njegovi razširjenosti. Eden izmed vzrokov za njegovo slabo raziskanost v Sloveniji je njegova redkost in pa redkost njegovega glavnega gostitelja, rdečeplodnega brina. Populacije rdečeplodnega brina so pri nas večinoma majhne, marsikje mu je v večjem ali manjšem deležu primešan navadni brin, včasih celo večinsko. Nekatere izmed teh populacij se nahajajo na nekoliko odmaknjenih lokacijah, ki so ponekod tudi težje dostopne. Glavni simptomi okužbe z brinjakazi so zadebelitev vej na točki okužbe, osutost vej, odmiranje gostiteljev ter metlasta rast.

Cilji naloge so bili: ugotoviti razširjenost navadnega brinjakaza v Sloveniji; ugotoviti, katere vrste so njegovi gostitelji; oceniti stopnjo okuženosti gostiteljev in morebitno škodo; ter oceniti potrebo po morebitnem zatiranju.

Terensko delo je potekalo med junijem in julijem 2011. Popisali smo populacije brinov na 11 raziskovalnih ploskvah. Na vsaki ploskvi smo določili ekspozicijo, nagib, skalovitost, nadmorsko višino, njene GPS koordinate ter GPS koordinate in nadmorsko višino popisanih gostiteljev. Nato smo vsem osebkom na ploskvi določili drevesno vrsto, vitalnost, višino osebka ter razred okuženosti z brinjakazom. Pri metodi za ocenjevanje razreda okuženosti gostiteljev smo vzeli za izhodišče Hawksworthovo metodo šestih razredov, natančneje 6-class dwarf mistletoe rating system (DMR) (Hawksworth, 1977). Nato smo za potrebe naše raziskave to metodo nekoliko prilagodili in oceno razširili na 12 razredov, predvsem zaradi relativno majhnih dimenzij gostiteljev in predvideno nizkih stopenj okuženosti pri nas. Naš kriterij je bil delež okuženih vej v posamezni tretjini žive krošnje. Iz ocen okuženosti vseh popisanih gostiteljev na posamezni raziskovalni ploskvi smo izračunali povprečni razred okuženosti (stand DMR), posebej pa smo izračunali tudi

povprečen DMR po tretjinah krošnje gostiteljev. Nato smo izračunali še DMI (dwarf mistletoe index), ki je povprečje razredov okuženosti le tistih gostiteljev, na katerih je okuženost prisotna.

Od enajstih popisanih raziskovalnih ploskev je bil navadni brinjekaz prisoten na šestih. Popisali smo 414 osebkov obeh vrst brina, od tega 228 osebkov rdečeplodnega in 186 osebkov navadnega brina. Delež okuženih osebkov brina je bil najmanjši na Briču (29,17 %), največji pa pri Krkavčah (82,93 %). Povprečni razred okuženosti je bil najvišji na ploskvi Brače, po deležu okuženih gostiteljev pa je ta ploskev šele na tretjem mestu, kar pomeni, da je sicer okuženo manjše število gostiteljev, a so okuženi močnejše. Glede na razred okuženosti (DMR') ji sledita ploskvi Krkavče in Puče. Največjo razliko med DMR' in DMI' smo zasledili na Briču, ki ima najnižji DMR', in to zato, ker je tam okuženih brinov zelo malo, se pa na ploskvi nahajata dva izredno močno okužena rdečeplodna brina. Na skoraj vseh okuženih ploskvah predvidevamo, da je navadni brinjekaz prisoten približno enako dolgo. Izjema je ploskev Sv. Peter, kjer sklepamo, da je okužba relativno nova.

Navadni brinjekaz je pri nas še vedno zelo redek; hipotezo, da je njegov gostitelj najpogostejše rdečeplodni brin, redkeje pa tudi navadni, lahko zavrnamo. Stanje na terenu je bilo namreč drugačno; kot je razvidno iz rezultatov, smo na vseh ploskvah našli obe vrsti brina, pri čemer se je brinjekaz na okuženih ploskvah prav tako pojavljal na obeh vrstah. Delež okuženih rdečeplodnih brinov je znašal 76,56 %, medtem ko je pri navadnem brinu ta delež znašal 54,90 %. Hipoteza o stopnji okuženosti drži le deloma, saj je bilo na več raziskovalnih ploskvah kar nekaj zelo močno okuženih gostiteljev.

Pričakovali smo, da bo delež okuženih osebkov pri rdečeplodnem brinu večji, kot pri navadnem, kar se je kasneje na terenu tudi pokazalo. Vseeno pa je bil delež okuženih osebkov navadnega brina v nasprotju s pričakovanji precej visok. Na vseh okuženih ploskvah se je najvišji razred okuženosti pojavljal v srednji tretjini krošnje gostiteljev, enako je bilo pri primerjanju glede na drevesno vrsto.

Ker smo ugotovili statistično značilne razlike pri primerjanju razredov okuženosti gostiteljev med ploskvami, smo nadalje za vsako posebej ugotavljali, katera se v okuženosti od katere razlikuje. Daleč najbolj je izstopal Brič, ki se je razen Laborja razlikoval prav od vseh ostalih ploskev. Eden izmed možnih vzrokov za to se najbrž skriva v tem, da je bilo na omenjeni ploskvi zelo malo okuženih gostiteljev, razredi okuženosti pa so bili zelo neenakomerno porazdeljeni; več kot polovica razredov okuženosti tukaj denimo sploh ni bila zastopana. Poleg tega so na tej ploskvi gostitelji rasli bolj posamično. Pri primerjanju okuženosti glede na drevesni vrsti so rezultati pričakovano pokazali, da so ob upoštevanju le okuženih gostiteljev razlike nekoliko manjše kot pa ob upoštevanju vseh, okuženih in neokuženih, saj je v tem primeru zaradi večjega števila osebkov njihova variabilnost večja že sama po sebi.

Naša prilagoditev oziroma razširitev Hawksworthove metode šestih razredov se je nedvomno izkazala za smiselno, saj smo lahko na ta način dosti bolje prikazali in opisali dejansko stanje na terenu. Dimenzije grmičkov navadnega brinjekaza so bile v nasprotju s pričakovanji kar velike; pogosto so bili večji od 25 cm, največji pa je meril skoraj 40 cm.

Okužbe na navadnem brinu so bile velikokrat lokalizirane, kar pomeni, da je bil na posameznem navadnem brinu le po en grmiček navadnega brinjekaza in to večinoma na deblu, največkrat v srednji tretjini krošnje, redkeje na vejah. Od skupno 56 okuženih osebkov navadnega brina je bilo takih osebkov 12, od tega 7 z okužbo v srednji tretjini debla. Vzroki za ta pojav nam niso znani, vendar sklepamo, da je to posledica samih razlik v fiziologiji med vrstama. Nasprotno pa so si bile na rdečeploдном brinu okužbe med sabo manj podobne; največkrat je bil navadni brinjakaz na posameznem gostitelju prisoten hkrati na več vejah, v obliki grmičkov ali pa posameznih poganjkov. Na nekaterih rdečeplodnih brinih so bile okužbe prisotne na čisto vsaki veji. Omenjene razlike v okuženosti med drevesnima vrstama je potrdil tudi Mann-Whitneyev U-test.

Na ploskvah Brače, Krkavče in Puče navadni brinjekaz povzroča že nezanemarljivo škodo. Ker sta obe vrsti brina pri nas ekonomsko nepomembni, je to škodo sicer praktično nemogoče kvantificirati. Velik je predvsem njun ekološki pomen in varovalna vloga, saj sta marsikje pionirski vrsti. Rdečeploдни brin je pri nas redka, potencialno ogrožena vrsta; redka in ogrožena vrsta naše flore pa je tudi navadni brinjekaz, zato njegovo zatiranje verjetno pri nas zaenkrat še ni potrebno, smiselno pa bi bilo spremljati njegovo širjenje. Za morebitno zatiranje bi bila pri nas najverjetneje edina primerna metoda obrezovanje in posek okuženih gostiteljev.

Kjer je bila povezanost okuženosti posameznih gostiteljev in njihove medsebojne oddaljenosti statistično značilna, sklepamo, da je to posledica samega načina širjenja vrste, torej da se je na teh ploskvah brinjekaz na ostale gostitelje širil iz inicialnih jeder. Kjer statistično značilne povezanosti ni bilo, je možen vzrok prostorska razporeditev gostiteljev na ploskvah, ki so bile večinoma linijske, kar že samo po sebi zmanjšuje možnost uspešnega širjenja okužb, saj so si gostitelji bolj narazen. Če obstaja značilna korelacija med razlikami v okuženosti in prostorsko oddaljenostjo med osebki, to pomeni, da se okuženi gostitelji znotraj populacije prostorsko grupirajo. V našem primeru si je to možno razložiti s tem, da v bližini že okuženih gostiteljev obstaja večja verjetnost okužbe neokuženih osebkov.

Način, na katerega je navadni brinjekaz sploh prišel na določeno lokacijo, je nejasen; zgolj ugibamo lahko, ali so poleg razširjanja z vetrom in s semeni možen vektor razširjanja tudi ptice. Kjer pa je že prisoten, je videti, kot da njegov način širjenja po ploskvi ni preveč uspešen. Tudi na ploskvah, kjer je prisoten že dlje časa, najdemo precejšnje število neokuženih brinov, pa četudi ležijo v neposredni bližini že okuženih dreves.

11 VIRI

- Akkol E. K., Orhan I., Kartal M., Yeşilada E. 2010. Bioactivity guided evaluation of anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb. *Journal of Ethnopharmacology*, 128, 1: 79-84
- Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.
- Brus R., Ballian D., Zhelev P., Pandža M., Bobinac M., Acevski J., Raftoyannis Y., Jarni K. 2011. Absence of geographical structure of morphological variation in *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* in the Balkan Peninsula. *European Journal of Forest Research*, 130, 4: 657-670
- Brus R. 2012. Drevesa in grmi Jadrana. Modrijan, Ljubljana (v tisku)
- Ciesla W. M. 1997. Dwarf mistletoe in Balochistan: A literature review. *Forest Health Management International*. Report for Balochistan Natural Resources and Conservation Project. Fort Collins, Colorado: 48 str.
- Ciesla W. M., Mohammed G., Buzdar A. H. 1998. Juniper dwarf mistletoe, *Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb. in Balochistan Province, Pakistan. *Forestry Chronicle*, 74, 4: 549-553
- Ciesla W. M., Geils B. W., Adams R. P. 2004. Hosts and geographic distribution of *Arceuthobium oxycedri*. Fort Collins, Colorado, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 60 str.
- Geils B. W., Mathiasen R. L. 1990. Intensification of Dwarf Mistletoe on Southwestern Douglas-fir. *Forest Science*, 36, 4: 955-969

Hawksworth F. G. 1959. Ballistics of dwarf mistletoe seeds. *Science*, New Series, 130, 3374: 504

Hawksworth F. G., Wiens D. 1976. *Arceuthobium oxycedri* and its segregates *A. juniperi-procerae* and *A. azoricum* (Viscaceae). *Kew Bulletin*, 31, 1: 71-80

Hawksworth F. G. 1977. The 6-class dwarf mistletoe rating system. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report, RM-48: 7 str.

Hawksworth F. G., Dooling O. J. 1984. Lodgepole Pine Dwarf Mistletoe. USDA Forest Service. Forest Insect & Disease Leaflet, 18: 11 str.

Hawksworth F. G., Wiens D. 1996. Dwarf Mistletoes: Biology, Pathology and Systematics. (USDA Forest Service, Agriculture Handbook, 709). Washington, D.C.: 410 str.

Heinricher E. 1930. Über *Arceuthobium Oxycedri* (D.C.) M. Bieb. auf *Chamaecyparis sphaeroidea* Spach., *pendula* hort. und einen Hexenbesen, der durch den Einfluss des *Arceuthobiums* auf dieser Cupressinee entstand. *Planta*, 10: 374-380

Herbario Virtual del Mediterráneo Occidental. 2007. Àrea de Botànica, Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears (24. 10. 2007)
<http://herbarivirtual.uib.es/cas-med/> (17. 7. 2011)

Hirc D. 1891. Pogled u floru hrvatskoga Primorja s osobitim obzirom na šumsko drveće i grmlje. *Šumarski list*, 15, 5: 195-208

Hirc D. 1902. Iz hrvatske flore. *Šumarski list*, 26, 7: 412-432

Jogan N. (ur.) 2001. Gradivo za Atlas flore Slovenije. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 443 str.

Judd W. S., Campbell C. S., Kellog E. A., Stevens P. F., Donoghue M. J. 2007. Plant Systematics: A Phylogenetic Approach. 3rd ed. Sinauer Associates: 620 str.

Kranjčev R. 2007. Šuma Primorskega bora. Šumarski list, 10, 9: 481-482

Kuijt J. 1955. Dwarf Mistletoes. The Botanical Review, 21, 10: 569-627

Kupeli E., Orhan I., Yesilada E. 2007. Evaluation of some plants used in Turkish folk medicine for their anti-inflammatory and antinociceptive activities. Pharmaceutical Biology, 45, 7: 547-555

Marchesetti C. 1896-1897. Flora di Trieste e de' suoi dintorni. Trieste: 727 str.

Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B., Ravnik V., Frajman B., Strgulc Krajšek S., Trčak B., Bačič T., Fischer A. M., Eler K., Surina B. 2007. Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk. Četrta, dopolnjena in spremenjena izd. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.

Miehe G., Miehe S., Will M., Opgenoorth L., Duo L., Dorgeh T., Liu J. 2008. An inventory of forest relicts in the pastures of Southern Tibet (Xizang A.R., China). Plant Ecology, 194, 2: 157-177

Nickrent D. L., García M. A. 2009. On the Brink of Holoparasitism: Plastome evolution in dwarf mistletoes (*Arceuthobium*, Viscaceae). Journal of Molecular Evolution, 68, 6: 603-615

Player G. 1979. Pollination and wind dispersal of pollen in *Arceuthobium*. Ecological Monographs, 49, 1: 73-87

Pospichal E. 1897-1899. Flora des Oesterreichischen Küstenlandes. Band 1 & 2. Leipzig, Wien, Franz Deuticke: 946 str.

Pogačar D. 2004. Pomen omel (*Viscum* sp.) v varstvu gozdov: diplomsko delo - univerzitetni študij. (Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani). Ljubljana, samozal.: 66 str.

Pregledovalnik gozdarskih in lovskih načrtov. Zavod za gozdove Slovenije
<http://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/> (9. 11. 2011)

Rey L., Sadik A., Fer A., Renaudin S. 1992. Aspects of carbon and nitrogen-metabolism in the juniper dwarf mistletoe (*Arceuthobium oxycedri*). Canadian Journal of Botany, 70, 8: 1709-1716

Rios Insua M. V. 1987. Contribución al estudio de la biología de *Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb. (1819). Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas, 13: 53-62

Rios Insua M. V. 1994. Control químico del muérdago enano [*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb. (1819)]. Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas, 20, 4: 847-856

Roloff A., Weisberger H., Lang U. M., Stimm B. 1994. Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch Und Atlas Der Dendrologie. Weinheim: Wiley-VCH: 4300 str.

Sarangzai A. M., Khan N., Wahab M., Kakar A. 2010. New spread of dwarf mistletoe (*Arceuthobium oxycedri*) in juniper forests, Ziarat, Balochistan, Pakistan. Pakistan Journal of Botany, 42, 6: 3709-3714

Šilić Č. 2005. Atlas dendroflora (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine. Čitluk, Franjevačka kuća, Masna Luka, Matica Hrvatska: 575 str.

Turrill W. B. 1920. *Arceuthobium oxycedri* and its distribution. Bulletin of Miscellaneous Information, Royal Gardens, Kew, 1920, 8: 264-268

Tutin T. G. in sod. (ur.) 1964-1980. Flora Europaea 1-5. Ed. 1. Cambridge

Varstvo gozdov Slovenije – portal

<http://www.zdravgozd.si/prirocnik/zapis.aspx?idso=314> (17. 10. 2011)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Robertu Brusu za vse nasvete, predloge in usmerjanje pri izdelavi diplomske naloge ter recenzentki prof. dr. Maji Jurc, za zelo hitro recenzijo. Veliiiiiki zahvali pa gresta gospodoma Zvonetu Sadarju za pomoč in vodenje na terenu; ter mag. Kristjanu Jarniju za izdatno pomoč tekom celotnega procesa izdelave diplomske naloge. Brez vaju ne bi šlo.

Hvala staršem za podporo in razumevanje med celotnim študijem.

Hvala Evi in Mimi za streho nad glavo, potrpljenje, družbo in vse zajtrke med terenskim delom v Kopru. Prav tako hvala Aljoši za prevoz ter Svitu za družbo na terenu. Bojanu in Andreju hvala za pomoč pri oblikovanju naloge ter Aljažu za lektoriranje, izvedeno popolnoma na juriš. Vsem sošolcem pa za druženje med študijem, ki ga vsekakor ni bilo malo. To bi bilo v glavnem to, če sem koga izpustil pa naj se ne huduje preveč, ker to ne bo itak nič pomagalo. Tako, gótovo.

PRILOGE

PRILOGA A

POPISNI LIST Št.: _____

Datum: _____

Ploskev: _____

GPS koordinate ploskve: _____

[illegible]

Vitalnost: 1 – odlična; 2 – prav dobra; 3 – dobra; 4 – zadovoljiva; 5 – slaba

Skalovitost: 1 – ni skalovitosti; 2 – majhna skalovitost; 3 – srednja skalovitost; 4 – velika skalovitost; 5 - zelo velika skalovitost