

Ekološko-biološke značajke hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na otoku Rabu

Milan Oršanić, Damir Drvodelić, Damir Ugarković

Nacrtak – Abstract

Na otoku Rabu, u šumama hrasta crnike, u proljeće 2006. godine osnovane su četiri pokusne plohe (2×2 m) od čega jedna u šumi srednjega uzgojnoga oblika, a tri u panjačama različite dobi i strukture. U šumskim su ekosustavima praćene mikroklimatske prilike. Obavljene su morfološke analize korijenskoga sustava ponika i pomlatka hrasta crnike. Tijekom 2006, 2007. i 2008. godine brojen je ponik i pomladak hrasta crnike na pokusnim plohama radi utvrđivanja prirodnoga mortaliteta.

Mikroklimatske su prilike u panjačama nepovoljnije za rast i razvoj vegetacije u odnosu na mikroklimatske prilike u sastojini srednjega uzgojnoga oblika. U panjači je temperatura zraka viša, a relativna vlaga zraka niža u odnosu na mikroklimu sastojine srednjega uzgojnoga oblika. Na svim četirima pokusnim plohama zabilježen je izuzetno velik broj prirodnoga ponika i pomlatka hrasta crnike. Veća brojnost ponika dobivena je u panjačama (480 000 – 1 190 000 kom./ha) za razliku od sastojine srednjega uzgojnoga oblika (465 000 kom./ha). Utvrđena je velika varijabilnost u završetku klijanja ponika hrasta crnike. Klijavost ponika u sastojini srednjega uzgojnoga oblika kulminirala je ranije nego u panjačama, što razumljivo i postojanje boljih mikroklimatskih uvjeta na staništu. Dobivene su statistički značajno veće visine ponika hrasta crnike u sastojini srednjega uzgojnoga oblika u odnosu na sastojine panjača. Mortalitet je mladih biljaka hrasta crnike za 8,98 % također veći u sastojini srednjega uzgojnoga oblika u odnosu na sastojine panjača. Prosječan mortalitet ponika i pomlatka hrasta crnike iznosio je 52,35 %. Dokazano je podjednako odumiranje ponika i pomlatka s obzirom na pokusne plohe.

Dobivena je negativna i visoka korelacija između duljine korijena i prosječnoga promjera korijena ponika i pomlatka hrasta crnike. Kod volumena korijena nije dokazana statistički značajna razlika između datuma mjerenja.

Ključne riječi: hrast crnika, mikroklima, uzgojni oblik, ponik, pomladak, korijen

1. Uvod – Introduction

Prema Meštroviciu (1987), Meštroviciu i Laginji (1990) i Topiću i dr. (2000) hrast crnika (*Quercus ilex* L.) temeljna je autohtona šumska vrsta eumediteranskoga područja Hrvatske čije se ukupne površine procjenjuju na 35 000 ha. Topić i dr. (2006) pišu kako crnika pridolazi u svim uzgojnim oblicima i degradacijskim stadijima, a panjače i makije navodi kao najčešće degradacijske stadije crnikovih šuma. Crnikove su se sjemenjače zadržale na manjim površinama u zaštićenim objektima prirode i privatnim ogradama, uglavnom na otocima (Brijuni, Rab, Krk, Brač, Lastovo, Mljet).

Šumski su ekosustavi pod utjecajem mnogobrojnih lokalnih meteoroloških i klimatoloških prilika.

Mnogi ekološki procesi usko su vezani uz meteorološke prilike. Meteorološki stresni čimbenici (kao što su suša, visoke i niske temperature, hladnoća i dr.) smatraju se kao mogući uzroci šumskih oštećenja. Za proučavanje tih procesa i otkrivanje mogućih uzroka potrebni su točni podaci o šumskoj klimi, za naše područje interesa i istraživanja (Xia i dr. 2001). Ljetno razdoblje bez oborine ili s vrlo malo kiše popraćeno je visokom temperaturom zraka, tla i geološke podloge te čestim vjetrovima manjega intenziteta, što izaziva povećanu evapotranspiraciju i konačno ekološku sušu (Prpić 1986). O mikroklimi šumskih ekosustava hrasta crnike u Republici Hrvatskoj ima također relativno malo znanstvenih istraživanja i spoznaja (Ilijanić i Gračanin 1972, Gračanin i Ilijanić 1977).

Prema Branu i dr. (1990) žir hrasta crnike bolje klija u panjačama nego na šumskim čistinama nastalim poslije čiste sječe. Broncano i dr. (1998) pišu o boljoj klijavosti žira hrasta crnike u uvjetima difuznoga svjetla za razliku od izravnoga. Mnogi autori poput Connella i Slatyera (1977), Picketta i dr. (1987), Leparta i Escarrea (1983), Finegana (1984) pišu o razdoblju mirovanja ponika hrasta crnike nakon faze klijanja u panjačama. U ovom slučaju riječ je o alelopatijskoj inhibiciji. Bran i dr. (1990) pišu kako crnikov ponik nakon klijanja prestaje rasti (inhibicija) zbog nedovoljne količine svjetla ili kompeticije korijena, što ide u prilog činjenici da se crnika vrlo rijetko može pronaći u starijim razvojnim stadijima. Cortes i dr. (2004) ističu kako za klijanje i odnos biomase nadzemnoga i podzemnoga dijela crnikova pomlatka nije pogodan veći sadržaj CO₂ u atmosferi zato što veća koncentracija (700 ppm) smanjuje postotak klijavosti žira i povećava biomasu korijena. Prema Sánchez-Gómezu i dr. (2006) utjecaj suše na preživljavanje i rast biljaka izraženiji je u uvjetima visoke osvjetljenosti za razliku od velike zasjene. Gómez-Aparicio i dr. (2008) zaključuju kako na sušim terenima preživljavanje biljaka pada linearno s povećanjem količine svjetla (npr. povećana opasnost od isušivanja), dok na vlažnijim terenima preživljavanje pada logističkim modelom s povećanjem sadržaja vode u proljeće (npr. opasnost od zasićenja tla vodom). Puerta-Piñero i dr. (2007) pišu kako se preživljavanje crnikova pomlatka povećava smanjivanjem radijacije. Najbolji je rast pomlatka dobiven u uvjetima srednje radijacije, što upućuje kako je u šumskim ekosustavima hrasta crnike umjerena količina zasjene presudna za rast i razvoj pomlatka hrasta crnike (Puerta-Piñero i dr. 2007). Na potpunom svjetlu rast je pomlatka hrasta crnike lošiji, a mortalitet veći (Broncano i dr. 1998). Gracia i dr. (2001) pišu kako pomladak hrasta crnike ima loš visinski prirast nakon pet godina čak i u uvjetima kad mu se proredama omogući veća količina svjetla.

Korijenski sustav sadnica hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) građen je od pozitivno geotropne žile srčanice brzoga rasta iz koje rastu kraći postrani korjenčići. Žila srčanica ima blago valovit oblik u uvjetima ispitivanja rasta bez prepreka i supstrata (Beissalah i dr. 1988). Prema Lópezu i dr. (2001) broj finoga korijenja kod crnike se smanjuje s porastom dubine tla izuzev površinskih 0 – 10 cm. Vertikalna distribucija finoga korijenja može se uspoređivati sa sadržajem vlage i temperaturom na raznim dubinama tla.

Povezivanje mikroklimatskih čimbenika s mnogobrojnim morfološko-biološkim svojstvima hrasta crnike (klijavost, visinski rast, mortalitet, korijenski sustav i sl.) omogućuje bolje razumijevanje funkcioniranja tih složenih šumskih ekosustava.

2. Područje istraživanja – Research area

Na otoku Rabu, na poluotoku Kalifront, u šuma hrasta crnike osnovane su četiri pokusne plohe. Dvije su plohe osnovane na području kojim gospodari Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (NPŠO Rab), a druge dvije na području Šumarije Rab.

Prva je pokusna ploha osnovana u šumskom predjelu Kalifront, odsjek 8d, površina 1,01 ha, teren bez nagiba, nadmorska visina 50 m. Šume se nalaze u dobi oko 55 godina. Ploha se nalazi neposredno uz trajnu pokusnu plohu »Čovjek i biosfera«, u sastojini srednjega uzgojnoga oblika. Ukupni broj stabala po hektaru iznosi 9581 kom. od čega na hrast crniku otpada 3397 kom., na planiku 3287 kom., na lempriku 1745 kom., na eriku i ostale vrste 579 kom., na zeleniku 501 kom. odnosno na crni jasen 72 kom. Ukupna temeljnica iznosi 23,40 m²/ha, srednje plošno stablo ima promjer 5,58 cm, dok je srednja sastojinska visina 4,48 m. Drvna zaliha iznosi 74,68 m³/ha, od čega na hrast crniku otpada 60,19 m³/ha, na planiku 9,26 m³/ha, na lempriku 2,35 m³/ha odnosno na eriku i druge vrste 0,91 m³/ha. U omjeru smjese na hrast crniku otpada 80,60 %, na planiku 12,39 %, na lempriku 3,14 % odnosno na eriku i ostale vrste 1,22 % volumena. Godišnji tečajni prirast iznosi 1,57 m³/ha, od čega na crniku otpada 1,05 m³/ha, na planiku 0,36 m³/ha, na lempriku 0,07 m³/ha odnosno na eriku i ostale vrste 0,03 m³/ha.

Druga pokusna ploha osnovana je također u šumskom predjelu Kalifront, odsjek 8a, ekspozicija JZ, površina 15,70 ha, nagib 1 – 5°, sklop nepotpun, nadmorska visina 60 m. Šume pripadaju uređajnomu razredu panjača hrasta crnike i nalaze su u dobi oko 55 godina. Srednja sastojinska visina u ovom odjelu iznosi 5,45 m. Drvna zaliha iznosi 85,56 m³/ha, od čega na hrast crniku otpada 71,07 m³/ha, na planiku 9,26 m³/ha, na lempriku 2,35 m³/ha, na zeleniku 1,27 m³/ha, na eriku i druge vrste 0,91 m³/ha odnosno na crni jasen 0,71 m³/ha. U omjeru smjese na hrast crniku otpada 83,07 %, na planiku 10,82 %, na lempriku 2,74 %, na zeleniku 1,48 %, na eriku i ostale vrste 1,06 % odnosno na crni jasen 0,83 % volumena. Godišnji tečajni prirast iznosi 1,76 m³/ha, od čega na crniku otpada 1,25 m³/ha, na planiku 0,36 m³/ha, na lempriku 0,07 m³/ha, na zeleniku 0,04 m³/ha, na eriku i ostale vrste 0,03 m³/ha odnosno na crni jasen 0,02 m³/ha.

Treća je pokusna ploha podignuta u šumskom predjelu Široka, odsjek 4a, ekspozicija S-SZ, površina 14,80 ha, nagib 0 – 15°, sklop potpun, nadmorska visina 15 – 35 m. Šume pripadaju u panjače hrasta crnike srednje dobre kakvoće i nalaze se u dobi oko 45 godina. Od biljnih zajednica rasprostranjena je mješovita šuma crnike i crnoga jasena koja se razvila

na smeđem tlu na vapnencu i dolomitu. Ukupni broj stabala po hektaru iznosi 1097 kom. od čega na hrast crniku otpada 1054 kom., na planiku 16 kom., na OTB 16 kom. odnosno na primorski bor 11 kom. Ukupna temeljnica iznosi 29,23 m²/ha, srednje plošno stablo ima promjer 18,4 cm, dok je srednja sastojinska visina hrasta crnike 10,7 m. Drvna zaliha iznosi 137 m³/ha, od čega na hrast crniku otpada 118 m³/ha, na primorski bor 18 m³/ha, na planiku 1,00 m³/ha odnosno na OTB 1,00 m³/ha. U omjeru smjese na hrast crniku otpada 86,27 %, na primorski bor 12,83%, na planiku kao i na OTB 0,44 %. Godišnji tečajni prirast iznosi 4,4 m³/ha, od čega na crniku otpada 4,2 m³/ha, a na primorski bor 0,2 m³/ha.

Četvrta je pokusna ploha podignuta u šumskom predjelu Badera, odsjek 2a, ekspozicija SZ-JZ, površina 20,64 ha, nagib 0 – 15°, sklop nepotpun, nadmorska visina 0 – 20 m. Šume pripadaju panjačama hrasta crnike loše kakvoće i nalaze se u dobi oko 70 godina. Od biljnih zajednica, kao i na prethodnoj plohi, rasprostranjena je mješovita sastojina crnike i crnoga jasena koja se razvila na smeđem tlu na vapnencu i dolomitu. Ukupni broj stabala po hektaru hrasta crnike iznosi 733 kom. i osim nje nema drugih vrsta drveća. Ukupna temeljnica iznosi 12,99 m²/ha, srednje plošno stablo ima promjer 15,0 cm, dok je srednja sastojinska visina 8,5 m. Drvna zaliha iznosi 50 m³/ha, a godišnji tečajni prirast 2,3 m³/ha.

3. Materijal i metode – *Material and methods*

U proljeće 2006. godine osnovane su četiri pokusne plohe površine 2 × 2 m na kojima je primijećen ponik hrasta crnike. Plohe su ograđene žičanim pletivom visine 2,00 m kako bi se onemogućio ulazak divljači. Pokusne su plohe odabrane tako da se obuhvate što raznolikiji ekološki i strukturni čimbenici šuma hrasta crnike na Rabu.

Na dvjema lokacijama u šumi hrasta crnike i crnoga jasena (jedna u šumi srednjega i jedna u šumi niskoga uzgojnoga oblika) postavili smo mikroklimatske stanice »Rotronic«. Na visini od 1,5 m iznad tla, u intervalu od svaka dva sata, mjerili smo temperaturu zraka (°C), relativnu zračnu vlagu (%), temperaturu rosišta (°C) i temperaturu mrazišta (°C). Mjerali smo od svibnja 2006. do svibnja 2007. godine. Moguća evapotranspiracija (PET) izračunata je prema metodi C. W. Thornthwaita (1948). Relativno užitno svjetlo mjereno je na svim četirima pokusnim ploham 4. 7. 2006. godine uz pomoć svjetlomjera (luksmetar) s rasponom mjerenja do 50 000 luksa. Svjetlo je u šumi snimano na 1 m iznad tla pokretnom metodom. Tijekom 2006. godine, u pet navrata (4. 7., 18. 7., 31. 7., 17. 8. i 3. 10.), mjerena je vlaga tla (%) vlagomje-

rom ThetaProbes tipa ML2x. Na svakoj pokusnoj plohi obavili smo po 30-ak mjerenja vlage tla na prosječnoj dubini zakorjenjivanja ponika hrasta crnike. U tri navrata (23. 5. 2006., 3. 10. 2006. i 30. 1. 2008.) uzimali smo po 30 kom. ponika odnosno pomlatka hrasta crnike za analizu korijena. Pomoću skenera Epson Expression 10000XL i softvera WinRHIZO ProLA2400 za analizu opranoga korijena, utvrdila se ukupna duljina (cm), prosječan promjer (mm), volumen (cm³), broj vrhova (kom.), račvanja (kom.) i križanja (kom.) korijena.

Tijekom triju godina istraživanja (2006., 2007. i 2008.), u 10 navrata, brojili smo ponik i pomladak hrasta crnike na pokusnim ploham radi utvrđivanja prirodnoga mortaliteta. U trenutku kada je proklijao najveći broj ponika crnike (23. 5. 2006.) te pri kraju prve vegetacije (3. 10. 2006.) izmjerena je visina ponika (mm). Na kraju vegetacije evidentirane su potpuno suhe biljčice kojima smo izmjerili visinu (mm).

Klimatski podaci obrađeni su u programima HW3 i KlimaSoft 2.0. (Monachus, 2004).

Statistička obrada podataka (deskriptivna statistika, Studentov *t*-test, ANOVA, regresija, korelacija) provedena je u statističkom programu STATISTICA 7.1. (StatSoft, Inc., 2007).

4. Rezultati istraživanja – *Research results*

4.1 Mikroklima šumskih ekosustava hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) – *Microclimate of Holm Oak forest ecosystems*

Prema rezultatima Studentova *t*-testa postoje statistički značajne razlike između sastojine srednjega

Tablica 1. Rezultat Studentova *t*-testa za mikroklimatske elemente u sastojinama različita uzgojnoga oblika

Table 1 Results of Student's *t*-test on microclimatic elements in stands with different growth forms

Varijabla <i>Varijable</i>	Ploha 1 <i>Plot 1</i>	Ploha 4 <i>Plot 4</i>	<i>p</i>
	Arit. sredina ± Stand. dev. <i>Means ± Std. Dev.</i>		
Temperatura zraka, °C <i>Air temperature, °C</i>	14,64 ± 6,31	15,04 ± 6,35	0,000*
Relativna vlaga zraka, % <i>Relative air humidity, %</i>	78,93 ± 19,87	76,50 ± 17,28	0,000*
Temperatura rosišta, °C <i>Wet bulb temperature, °C</i>	12,26 ± 4,97	12,47 ± 5,25	0,000*
Temperatura mrazišta, °C <i>Dewpoint/Frostpoint, °C</i>	10,43 ± 5,32	10,48 ± 5,67	0,033*

* signifikantno *p* = 0,05

Tablica 2. Deskriptivna statistika vlage tla (%) na pokusnim plohama
Table 2 Descriptive statistics of soil moisture (%) on experimental plots

Plohe Plots	Deskriptivna statistika (vlaga tla) Descriptive Statistics (soil moisture)				
	N	Arit. sredina Mean	Min. Min.	Maks. Max.	Stand. dev. Std. Dev.
1	132	22,42424	8,2	40,8	5,939827
2	125	20,60720	9,7	37,0	4,295950
3	152	18,82961	8,2	36,6	6,459459
4	128	16,44219	7,4	28,7	5,616365

uzgojnoga oblika i panjače za sve mjerene mikroklimatske varijable.

Vrijednosti su temperature zraka niže, a relativna je vlaga zraka viša u sastojini srednjega uzgojnoga oblika. Nasuprot tomu temperatura je zraka viša, a vrijednosti su relativne vlage zraka niže u panjači. Temperatura rosišta i mrazišta je niža u sastojini srednjega uzgojnoga oblika.

Tijekom godine najniža je temperatura zraka na plohi 1 u sastojini srednjega uzgojnoga oblika iznosila 1,0 °C, a na plohi 4 u panjači –0,2 °C. Najviša temperatura zraka bila je podjednaka u sastojini srednjega uzgojnoga oblika (34,4 °C) i panjači (34,3 °C).

Tijekom ljeta i jeseni 2006. godine postotak vlage tla u sastojinama hrasta crnike kretao se od 7,4 % do 40,8 %. Srednji postotak vlage tla bio je veći u sasto-

Tablica 3. Univarijantna analiza ovisnosti vlage tla (%) o nekim klimatskim elementima

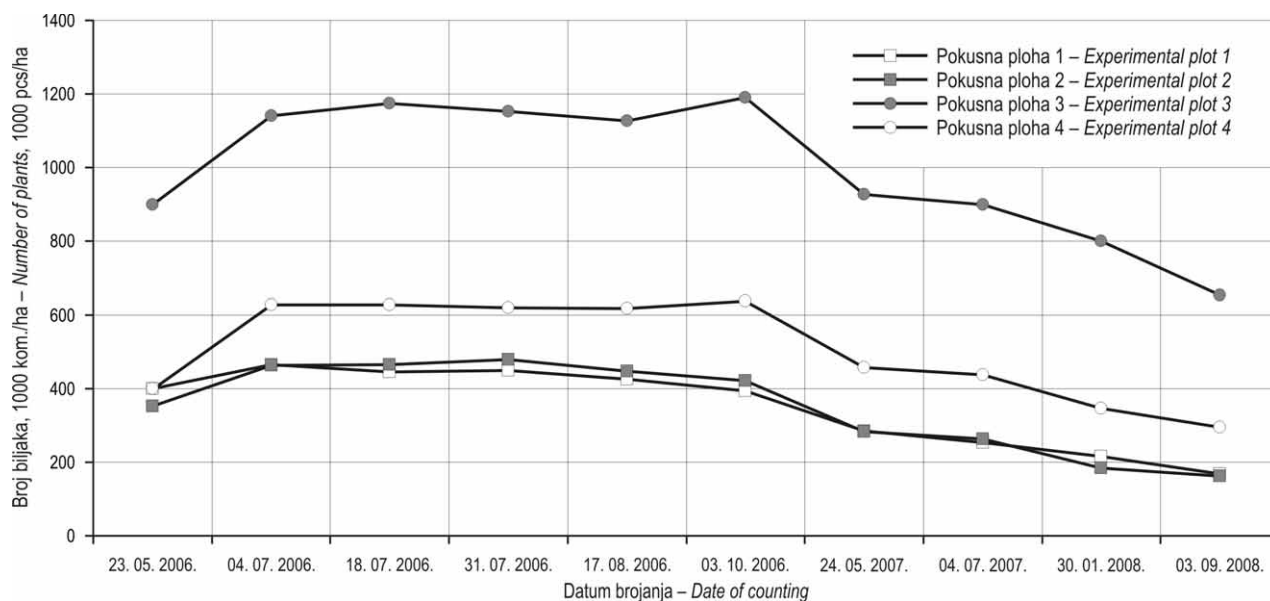
Table 3 Univariate analysis of dependence of soil moisture (%) on certain climatic elements

Varijable - Variable	Beta	B	p	R ²
Temperatura zraka, °C Air temperature, °C	-0,440	-0,522	0,000*	0,178
Relativna vlaga zraka, % Relative air humidity, %	0,230	0,059	0,093	0,035
Temperatura rosišta, °C Wet bulb temperature, °C	-0,347	-0,661	0,009*	0,104
Temperatura mrazišta, °C Dewpoint/Frostpoint, °C	-0,149	-0,194	0,280	0,004
Oborina, mm Precipitation, mm	0,304	0,416	0,024*	0,075
PET, mm - PET, mm	-0,259	-0,032	0,057	0,049

* signifikantno $p = 0,05$

jini srednjega uzgojnoga oblika (ploha 1) nego u sastojinama panjača (plohe 2, 3 i 4). Najveći postotak vlage tla izmjeren je na plohi 1, a najmanji na plohi 4.

Prema rezultatima univarijantne analize vlaga je tla statistički značajno uvjetovana temperaturom zraka, temperaturom rosišta i količinom oborina. Ta tri klimatska elementa objašnjavaju ukupno 36 % varijabilnosti vlage tla. Temperatura zraka i temperatura rosišta imaju negativan utjecaj, a količina oborine pozitivan utjecaj na postotak vlage u tlu.



Slika 1. Kretanje broja ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na četirima pokusnim plohama na otoku Rabu (kom./ha) tijekom triju godina istraživanja (2006–2008)

Fig. 1 Differences in the number of seedlings and young Holm Oak plants (*Quercus ilex* L.) on four plots on the Island of Rab (pcs./ha) during three years of research (2006–2008)

Tablica 4. Deskriptivna statistika relativnoga užitnoga svjetla (%) na pokusnim ploham

Table 4 Descriptive statistics of relative light intensity (%) on plots

Plohe Plots	Deskriptivna statistika (relativno užitno svjetlo) Descriptive Statistics (relative light intensity)				
	N	Arit. sredina Mean	Min. Min.	Maks. Max.	Stand. dev. Std. Dev.
1	10	27,80164	16,74528	62,54545	13,33436
2	10	30,09916	10,47836	61,89320	16,77133
3	10	37,90464	17,63990	53,87701	10,94219
4	10	30,59306	19,29134	52,45327	10,78545

Postotak se srednje vrijednosti relativnoga užitnoga svjetla kretao od 27,8 % (sastojina srednjega uzgojnoga oblika) do 37,9 % (panjača).

4.2 Brojno stanje ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) – Number of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants

Na slici 1 prikazano je kretanje broja ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na četiri pokusne plohe na otoku Rabu (kom./ha) tijekom triju godina istraživanja (2006. – 2008.).

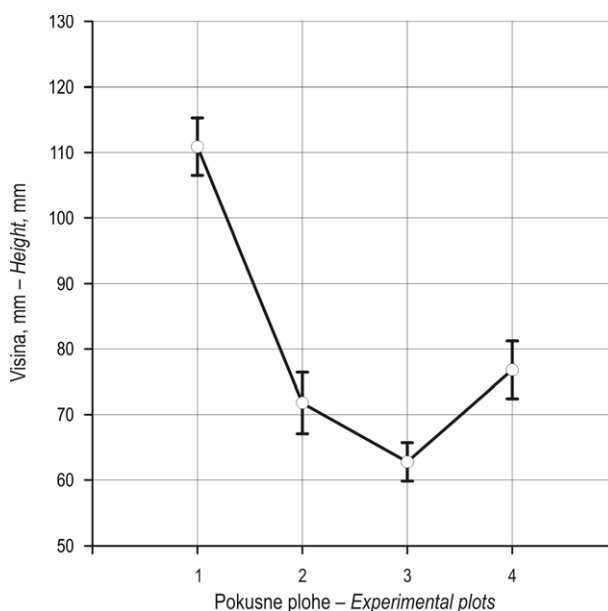
Za sve četiri pokusne plohe znakovito je izuzetno veliko brojno stanje ponika hrasta crnike, što upućuje na dobar urod žira 2005. godine. Najveći broj ponika po hektaru zabilježen je 3. 10. 2006. godine na pokusnoj plohi broj 3 i iznosio je 1 190 000 kom./ha, slijedi ploha broj 4 sa 637 500 kom./ha (3. 10. 2006.), ploha broj 2 s 480 000 kom./ha (31. 7. 2006.) i ploha broj 1 s 465 000 kom./ha (4. 7. 2006.). Na kraju ovoga istraživanja, odnosno nakon 27 mjeseci (3. 9. 2008.), na svim pokusnim ploham ostao je velik broj prirodno pomlatka hrasta crnike vrlo dobre vitalnosti.

4.3 Visina ponika hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na četirima pokusnim ploham na otoku Rabu – Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedling heights on four plots on the Island of Rab

Prosječno najveću visinu na dan 23. 5. 2006. godine imao je ponik na pokusnoj plohi br. 1 (111 mm), a najmanju na plohi broj 3 (63 mm). Analizom varijance dobivene su statistički značajne razlike u visini ponika hrasta crnike na dan 23. 5. 2006. godine s obzirom na pokusne plohe ($F = 107,98$, $p = 0,00$). Tukeyevim post hoc testom utvrđene su statistički značajne razlike u visini ponika između svih pokusnih ploha osim 2. i 4. plohe ($p = 0,411960$).

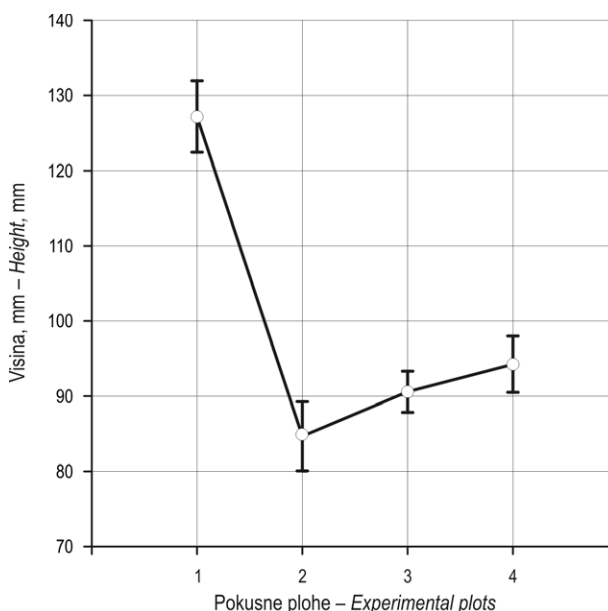
Prosječno najveću visinu 3. 10. 2006. godine imao je ponik na pokusnoj plohi br. 1 (127 mm), dok je najmanja visina izmjerena na plohi br. 2 (85 mm).

Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike u visini ponika hrasta crnike na dan 3. 10. 2006. godine s obzirom na pokusne plohe



Slika 2. Visina ponika hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na četirima pokusnim ploham na Rabu 23. 5. 2006.

Fig. 2 Heights of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings on four experimental plots on the Island of Rab measured on 23 May 2006



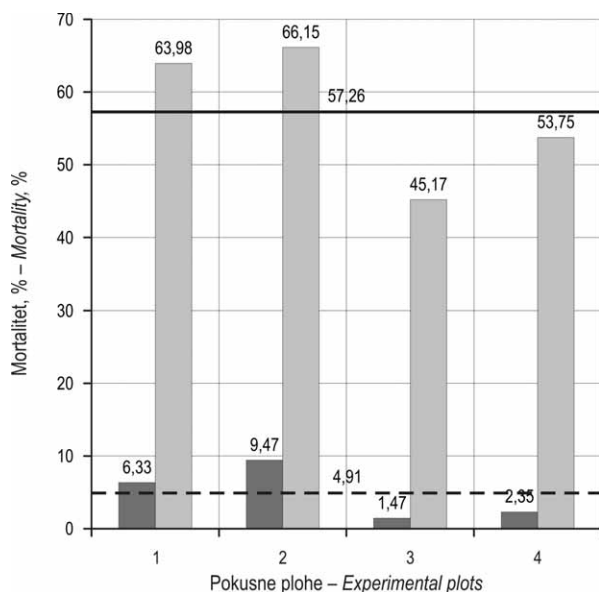
Slika 3. Visina ponika hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na četirima pokusnim ploham na Rabu 3. 10. 2006.

Fig. 3 Heights of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings on four experimental plots on the Island of Rab on 3 October 2006

($F = 68,378$, $p = 0,00$). Tukeyevim post hoc testom utvrđene su statistički značajne razlike u visini ponika između svih pokusnih ploha osim plohe 2 i 3 ($p = 0,131561$) odnosno 3 i 4 ($p = 0,408220$).

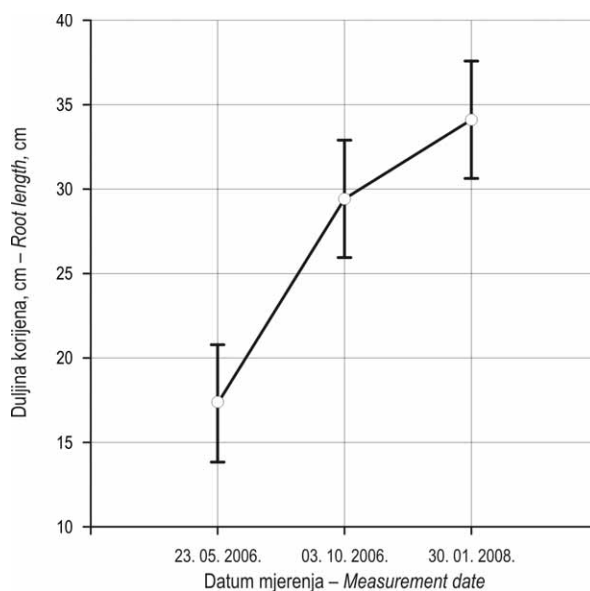
4.4 Mortalitet ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na pokusnim plohama pri kraju prve i četvrte vegetacije – Mortality of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants at the end of the first and fourth growing season

Na slici 4 prikazan je postotak prirodnoga mortaliteta ponika i pomlatka hrasta crnike na četirima pokusnim plohama 3. 10. 2006. i 3. 9. 2008. godine te prosječni mortalitet. Na kraju 2006. godine ni na jednoj od četiriju pokusnih ploha nije zabilježeno veće odumiranje ponika. Najveći mortalitet utvrđen je na pokusnoj plohi br. 2 (9,47 %), a najmanji na pokusnoj plohi br. 3 (1,47 %). Prosječni mortalitet iznosio je 4,91 % (isprekidana linija). Prosječna visina potpuno suhih biljaka (ponika) na prvoj pokusnoj plohi iznosila je 101 mm, na drugoj plohi 84 mm, na trećoj plohi 98 mm i na četvrtoj plohi 89 mm. Prosječna visina odumrloga crnikova ponika za sve četiri pokusne plohe iznosila je 92 mm. Najveći mortalitet pomlatka pri kraju treće vegetacije (3. 9. 2008.) dobio je na drugoj (66,15 %), a najmanji na trećoj pokusnoj plohi (45,17 %). Mortalitet je na prvoj plohi



Slika 4. Prirodni mortalitet ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na četirima pokusnim plohama na otoku Rabu i prosječni mortalitet (crtkana linija – 2006., puna linija – 2008.)

Fig. 4 Natural mortality of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants on four plots on the Island of Rab and average mortality (broken line – 2006, full line – 2008)



Slika 5. Duljina korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u tri datuma mjerenja

Fig. 5 Root lengths of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants on three measurement dates

iznosio 63,98 %, na četvrtoj plohi 53,75 %, odnosno prosječni je mortalitet bio 57,26 % (puna linija).

4.5 Morfološke značajke korijenskoga sustava ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) – Morphological properties of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedling and young plant root system

4.5.1 Deskriptivna statistika značajnijih morfoloških svojstava korijenskoga sustava ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) – Descriptive statistics of significant morphological properties of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedling and young plant root system

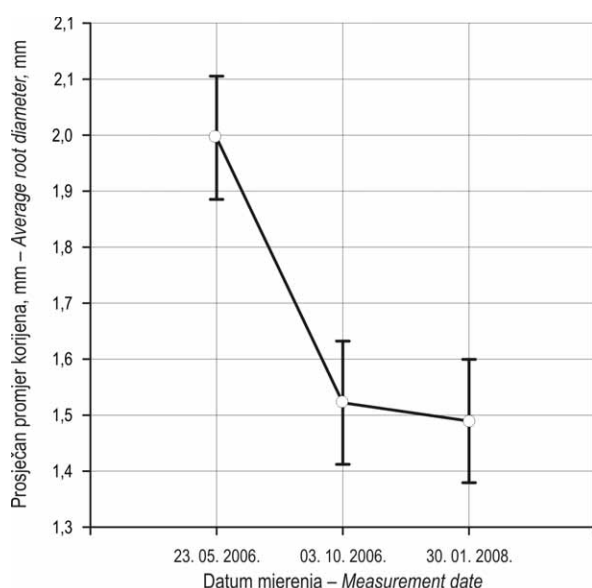
U tablici 5 prikazani su rezultati deskriptivne statistike značajnijih morfoloških svojstava korijenskoga sustava ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) za tri datuma mjerenja.

4.5.2 Duljina korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) – Root lengths of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika u ukupnoj duljini korijena ponika i pomlatka hrasta crnike s obzirom na datume mjerenja ($F = 24,5691$, $p = 0,000000$). Tukeyevim post hoc testom utvrđena je razlika u duljini korijena između datuma

Tablica 5. Deskriptivna statistika značajnijih morfoloških svojstava korijenskoga sustava ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) za tri datuma mjerenja
Table 5 Descriptive statistics of significant morphological properties of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedling and young plant root system measured on three dates

Datum - Date	N	Duljina, cm - Length, cm			Prosječni promjer, mm - Avg. diam., mm			Volumen, cm ³ - Root volume, cm ³		
		Arit. sredina Mean	Stand. dev. Std. dev.	Stand. pog. Std. err.	Arit. sredina Mean	Stand. dev. Std. dev.	Stand. pog. Std. err.	Arit. sredina Mean	Stand. dev. Std. dev.	Stand. pog. Std. err.
23. 5. 2006.	30	17,31	7,88	1,44	2,00	0,33	0,06	0,51	0,18	0,03
3. 10. 2006.	30	29,43	9,40	1,72	1,52	0,33	0,06	0,50	0,12	0,02
30. 1. 2008.	30	34,11	11,17	2,04	1,49	0,23	0,04	0,57	0,14	0,03
Ukupno - Total	90	26,95	11,85	1,25	1,67	0,38	0,04	0,53	0,15	0,02
Datum/Date	N	Vrhovi, kom. - Tips, pcs			Račvanja, kom. - Forks, pcs			Križanja, kom. - Crossings, pcs		
		Arit. sredina Mean	Stand. dev. Std. dev.	Stand. pog. Std. err.	Arit. sredina Mean	Stand. dev. Std. dev.	Stand. pog. Std. err.	Arit. sredina Mean	Stand. dev. Std. dev.	Stand. pog. Std. err.
23. 5. 2006.	30	25	15	3	48	41	8	2	3	1
3. 10. 2006.	30	32	10	2	59	27	5	2	3	1
30. 1. 2008.	30	47	17	3	96	49	9	3	5	1
Ukupno - Total	90	34	17	2	68	45	5	3	4	0



Slika 6. Prosječni promjer korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u tri datuma mjerenja

Fig. 6 Average root diameter of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants on three measurement dates

mjerenja 23. 5. 2006. i 3. 10. 2006. ($p = 0,000118$) te 23. 5. 2006. i 30. 1. 2008. ($p = 0,000107$) godine.

4.5.3 Prosječni promjer korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) Average root diameter of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika u prosječnom promjeru korijena ponika i pomlatka hrasta crnike s obzirom na datume mjere-

nja ($F = 26,131$, $p = 0,000000$). Tukeyevim post hoc testom utvrđena je razlika u prosječnom promjeru korijena između datuma mjerenja 23. 5. 2006. i 3. 10. 2006. ($p = 0,000107$) te 23. 5. 2006. i 30. 1. 2008. godine ($p = 0,000107$).

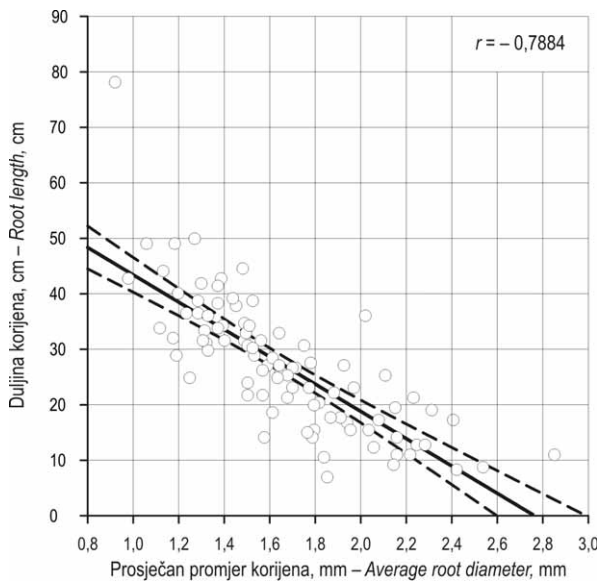
Dobivena je negativna i visoka korelacija između duljine korijena i prosječnoga promjera korijena ponika i pomlatka hrasta crnike ($r = -0,7884$). Dobivene su pozitivne i visoke korelacije između duljine korijena i broja vrhova korijena ($r = 0,85022$) odnosno duljine korijena i broja račvanja korijena ($r = 0,79864$). Korelacija između duljine korijena i broja križanja korijena je pozitivna i značajna ($r = 0,63102$) odnosno između duljine korijena i volumena korijena pozitivna i laka ($r = 0,24833$).

4.5.4 Volumen korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) – Root volume of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants

Kod volumena korijena nije dokazana statistički značajna razlika između datuma mjerenja ($F = 2,010$, $p = 0,140176$), što bi značilo kako u 20 mjeseci istraživanja ili otprilike 600 dana nije došlo do značajnijega povećanja volumena korijena ponika odnosno pomlatka hrasta crnike u tlu.

4.5.5 Broj vrhova korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) – Number of root tips in Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika u broju vrhova korijena ponika i pomlatka hrasta crnike s obzirom na datume mjerenja



Slika 7. Korelacija između duljine korijena i prosječnoga promjera korijena ponika i pomlatka crnike (*Quercus ilex* L.)

Fig. 7 Correlation between root length and average root diameter of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants

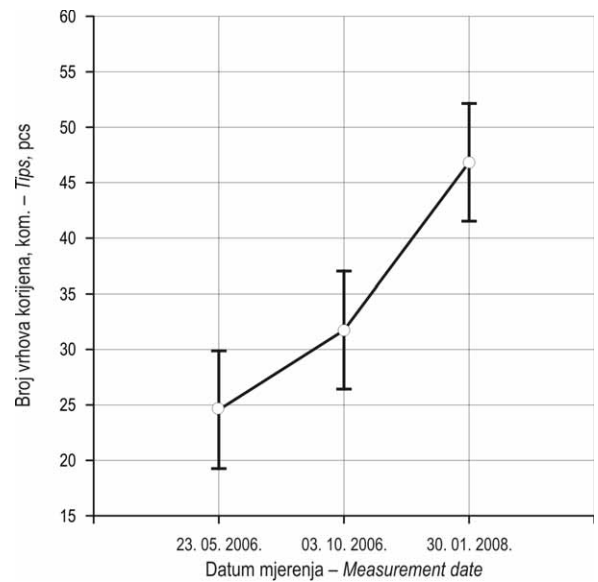
($F = 18,1433$, $p = 0,000000$). Tukeyevim post hoc testom utvrđena je razlika u broju vrhova korijena između datuma mjerenja 23. 5. 2006. i 30. 1. 2008. ($p = 0,000107$) te između 3. 10. 2006. i 30. 1. 2008. godine ($p = 0,000476$).

4.5.6 Broj račvanja korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) – Number of root forks in Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika u broju račvanja korijena ponika i pomlatka hrasta crnike s obzirom na datume mjerenja ($F = 11,6060$, $p = 0,000034$). Tukeyevim post hoc testom đena je razlika u broju račvanja korijena između datuma mjerenja 23. 5. 2006. i 30. 1. 2008. ($p = 0,000145$) te između 3. 10. 2006. i 30. 1. 2008. godine ($p = 0,001891$).

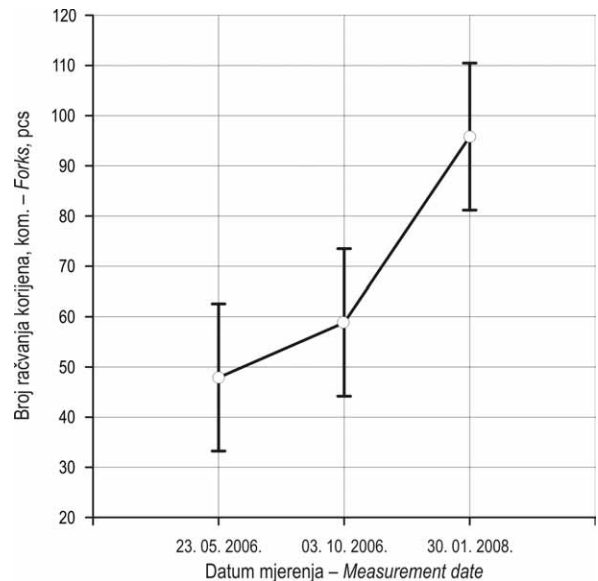
4.5.7 Broj križanja korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) – Number of root crossings in Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u broju križanja korijena ponika i pomlatka hrasta crnike između datuma mjerenja ($F = 1,01067$, $p = 0,368207$), što bi značilo kako u 20 mjeseci istraživanja ili otprilike 600 dana nije došlo do značajnijega povećanja ili smanjenja broja križanja korijena u tlu.



Slika 8. Broj vrhova korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u tri datuma mjerenja

Fig. 8 Number of root tips in Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants on three measurement dates



Slika 9. Broj račvanja korijena ponika i pomlatka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u tri datuma mjerenja

Fig. 9 Number of root forks in Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings and young plants on three measurement dates

5. Rasprava – Discussion

Na lokalnoj razini šumsko drveće i sastojine imaju značajan utjecaj na klimu. Uz to šuma ima i svoju, određenu mikroklimu. Šumska mikroklima ovisi o lokalnoj klimi i tipu sastojine. Sječom šumskoga drveća, čitavih šuma, proredama u sastojini mijenjamo

i mikroklimatske prilike (Aussenac 2000). Isto tako neurednim i nekontroliranim sječama sastojina sjemenjača i njihovim prevođenjem u sastojine panjača također mijenjamo mikroklimatske prilike određene sastojine. Minimalne temperature zraka imaju niže vrijednosti u panjači u odnosu na sastojinu srednjega uzgojnoga oblika.

Puerta-Piñero i dr. (2006) pišu kako površinski horizonti tla imaju različita fizičko-kemijska svojstva, što za posljedicu ima veliku varijabilnost u klijanju, rastu i razvoju te preživljavanju ponika hrasta crnike. U panjačama šumsko tlo još uvijek čuva sva obilježja šumskoga tla, ali prema našim istraživanjima mikroklimatske su prilike manje povoljne u odnosu na sastojinu srednjega uzgojnoga oblika. Plieninger i dr. (2004) pišu kako je prirodna obnova u šumama hrasta crnike u čvrstoj ovisnosti o veličini i gustoći stabala koja fruktificiraju, o drvenastom vegetacijskom pokrovu i fizičkim obilježjima kao što su nagib, udio skeleta na površini tla itd. Plieninger i dr. (2004) pišu kako je u središnjoj Španjolskoj broj ponika i pomlatka hrasta crnike zabrinjavajuće nizak (51,2–85,0 kom./ha) i značajno se razlikuje s obzirom na istraživane plohe. Spomenuti autori pišu kako se pomladak hrasta crnike pojavljuje na mikrostaništima zaštićenim od divljači i radijacije (grmlje ili u blizini stijena koje izbijaju na površinu tla) ili njegova pojava ovisi o sposobnosti vegetativnoga rasta pod zastorom krošanja. U ovim istraživanjima, na svim četirima pokusnim ploham, registriran je izuzetno velik broj prirodnoga ponika i pomlatka hrasta crnike koji ide u prilog povoljnih klimatskih čimbenika koji utječu na urod stabala crnike na otoku Rabu. Veća brojnost ponika dobivena je u panjačama (480 000–1 190 000 kom./ha) za razliku od sastojine srednjega uzgojnoga oblika (465 000 kom./ha), što se, među ostalim, može pripisati i dobi sastojine odnosno veličini stabala koja fruktificiraju i drvenastomu vegetacijskomu pokrovu. Za razliku od triju istraživanih sastojina panjača, sastojina je srednjega uzgojnoga oblika mlađe dobi, stabla koja fruktificiraju slabije su razvijena, a podstojni je drvenasti vegetacijski pokrov gušći. Sve to govori u prilog boljemu prirodnomu pomlađivanju u šumama panjača. Između četiri pokusne plohe prisutna je velika varijabilnost u završetku klijanja ponika hrasta crnike (4. 7. – 3. 10.). Do kulminacije klijavosti ponika hrasta crnike u sastojini srednjega uzgojnoga oblika došlo je ranije (4. 7. 2006.) nego u panjačama (31. 7. – 3. 10.), što razumijeva i postojanje boljih mikroklimatskih uvjeta na staništu. Zanimljivo je primijetiti kako je žir klijao gotovo cijelu 2006. godinu (kulminacija broja ponika na pokusnim ploham 3 i 4 bila je 3. 10.), što znači da su uvjeti potrebni za klijanje sjemena ograničeni. Ključni čimbenik mirovanja sjemena u tom je slučaju nedostatak vlage u tlu.

Prema Larcherovim istraživanjima (1969) hrast crnika je najosjetljiviji u fazi klijanja. Dovoljno je da temperatura padne na -2 do -3 °C pa da dođe do oštećenja vitalnih dijelova mladih biljčica. Može se pretpostaviti da za vrijeme hladnijih i jačih zima i na otoku Rabu najniža temperatura zraka padne nekoliko stupnjeva ispod nule. Kako je struktura panjače daleko od strukture normalne sastojine, smanjenjem drvene zalihe pojavljuju se manji ili veći otvori na kojima šuma ne može modificirati klimatske elemente.

Uz temperaturu zraka koja ovisi o oblačnosti i insolaciji zraka, oborina ima najveće značenje za razvoj vegetacije, jer je ona glavni izvor vlage u tlu. Manjak oborine, uz pojavu visoke temperature zraka, slabi otpornu snagu šumskoga drveća, jer se pojačanom transpiracijom troši velika količina vode. Prema Vajdi (1965) zbog manjka oborine tlo postaje danomice sve suše, tako da drvo ne može više nadoknaditi transpiriranu vodu iz tla. Relativna vlaga zraka određuje intenzitet transpiracije. Hidratacija stanica, tkiva i cijelih organa dobrim dijelom ovisi o relativnoj zasićenosti atmosfere vodenim parama.

Mikroklimatske su prilike u panjačama nepovoljnije za rast i razvoj vegetacije u odnosu na mikroklimatske prilike u sastojini srednjega uzgojnoga oblika. U panjači je temperatura zraka viša, a relativna vlaga zraka niža u odnosu na mikroklimu sastojine srednjega uzgojnoga oblika. Prema tomu šumsko drveće u panjači ima lošiju hidrataciju stanica i tkiva, tj. može se pretpostaviti da je isparavanje veće u panjači nego u sastojini srednjega uzgojnoga oblika.

Na isparavanje djeluju temperatura vode ili tijela iz kojega vodena para odlazi, temperatura zraka, vlažnost zraka i brzina vjetera. Ona se ubrzava ako se povisi temperatura, pojača vjetar i smanji relativna vlažnost zraka. Utjecaji temperature, relativne vlažnosti i brzine vjetera na isparavanje vode s tla i biljaka (evapotranspiracija) odnose se kao 80 : 6 : 14 (Penzar i Penzar 2000).

Prema Broncanu i dr. (1998) pomladak hrasta crnike pokazuje bolji rast, ali i veći mortalitet na tlima bogatijim hranivima. U našim istraživanjima, u oba mjerenja (23. 5. i 3. 10.), dobivena je statistički značajno veća visina ponika hrasta crnike u sastojini srednjega uzgojnoga oblika (ploha 1) u odnosu na sastojine panjača. Razlozi veće visine u sastojinama srednjega uzgojnoga oblika mogu se tumačiti ranijim završetkom klijanja žira, ali i najvećim prosječnim vrijednostima postotka vlage u tlu. Najmanja visina ponika na plohi br. 3 zasigurno je uvjetovana, među ostalim, i tipom tla (veći udio čestica pijeska) te nedostatkom vlage u zoni korijenskoga sustava.

Mortalitet je mladih biljaka hrasta crnike za 8,98 % također veći u sastojini srednjega uzgojnoga oblika (ploha 1) u odnosu na sastojine panjača. U razdoblju

od 3. 10. 2006. do 30. 1. 2008. godine ili u približno 16 mjeseci istraživanja prosječni mortalitet ponika i pomlatka hrasta crnike iznosio je 52,35 %. Očito je podjednako odumiranje ponika i pomlatka na svim pokusnim plohama.

Naša istraživanja visine i mortaliteta ponika mogu se povezati s istraživanjima Broncana i dr. (1998). Bilo bi zanimljivo da su u istraživanja uzeti i uzorci tla za analizu hraniva kako bi usporedba bila potpunija.

Terestričke biljke opskrbljuju se vodom uglavnom samo korijenskim sustavom, a u manjoj mjeri koriste se izravno i vodom iz atmosfere (Gračanin i Ilijanić 1977). Prema našim rezultatima vlaga je tla statistički značajno uvjetovana temperaturom zraka, točkom rosišta i količinom oborina.

Mikroklima je uvjetovana makroklimom, reljefom, ali i strukturom sastojine. U današnjim uvjetima promjene makroklimе događaju se i promjene mikroklimе tj. mikroklimatskih uvjeta. Prema istraživanjima Sardansa i Penuelasa (2004) u bliskoj se budućnosti mogu očekivati duža i češća razdoblja suše u sredozemnim šumskim ekosustavima. Također se očekuje u njima do kraja 21. stoljeća smanjenje količina oborine kao posljedice klimatskih promjena (Limousin i dr. 2008), što će svakako imati velik utjecaj na negativnu vodnu bilancu u tlu tijekom ljetnih mjeseci.

Prema Prpiću (1986) u kulturi sredozemnih četinjača na Kamenjaku relativno užitno svjetlo od 15 % nije dovoljno za razvoj svih stabalaca hrasta crnike, a prema našim mjerenjima u sastojinama niskoga i srednjega uzgojnoga oblika raspon relativnoga užitnoga svjetla kretao se od 27,8 % do 37,9 % i osiguravao je normalan razvoj mladih biljaka hrasta crnike.

Analiza podataka mikroklimе šumskih ekosustava hrasta crnike služi boljem poznavanju ekoloških prilika šumskih staništa.

6. Zaključci – Conclusions

Mikroklimatske prilike u panjači manje su povoljne za razvoj šumske vegetacije od mikroklimatskih prilika u sastojini srednjega uzgojnoga oblika. U panjači je srednja temperatura zraka viša, minimalna temperatura niža, a relativna vlaga zraka manja u odnosu na sastojinu srednjega uzgojnoga oblika. Postotak vlage tla veći je u sastojini srednjega uzgojnoga oblika u odnosu na panjaču. Na vlagu tla najviše utječe temperatura zraka, točka rosišta i količina oborina.

Postotak relativnoga užitnoga svjetla veći je u panjačama nego u sastojinama srednjega uzgojnoga oblika.

Na svim četirima pokusnim plohama zabilježen je izuzetno velik broj prirodnoga ponika i pomlatka hrasta crnike koji ide u prilog povoljnim klimatskim čimbenicima koji utječu na urod stabala crnike na otoku Rabu. Veća brojnost ponika dobivena je u panjačama (480 000 – 1 190 000 kom./ha) za razliku od sa-

stojine srednjega uzgojnoga oblika (465 000 kom./ha), što se, među ostalim, može pripisati i dobi sastojine odnosno veličini stabala koja fruktificiraju i drvenastomu vegetacijskomu pokrovu. Nakon 27 mjeseci, na svim pokusnim plohama, ostao je velik broj prirodnoga pomlatka hrasta crnike vrlo dobre vitalnosti.

Dobivena je velika varijabilnost u završetku klijanja ponika hrasta crnike s obzirom na pokusne plohe. Klijavost je ponika u sastojini srednjega uzgojnoga oblika kulminirala ranije nego u panjačama, što razumijeva i postojanje boljih mikroklimatskih uvjeta na staništu. Zanimljivo je primijetiti kako je žir hrasta crnike klijaio gotovo cijelu 2006. godinu, što znači da su uvjeti potrebni za klijanje sjemena ograničeni. Ključni čimbenik mirovanja sjemena u ovom je slučaju nedostatak vlage u tlu.

Mortalitet mladih biljaka hrasta crnike bio je za 8,98 % veći u sastojini srednjega uzgojnoga oblika u odnosu na sastojine panjača. U razdoblju od 3. 10. 2006. do 30. 1. 2008. godine ili u približno 16 mjeseci istraživanja prosječan mortalitet ponika i pomlatka hrasta crnike iznosio je 52,35 %. Podjednako su odumirali ponik i pomladak na svim četirima pokusnim plohama.

Utvrđena je statistički značajno veća visina ponika hrasta crnike u sastojini srednjega uzgojnoga oblika u odnosu na sastojine panjača. Razlozi veće visine u sastojinama srednjega uzgojnoga oblika mogu se tumačiti ranijim završetkom klijanja žira, ali i najvećim prosječnim vrijednostima postotka vlage u tlu.

Dobivena je negativna i visoka korelacija između duljine korijena i prosječnoga promjera korijena ponika i pomlatka hrasta crnike ($r = -0,7884$). Kod volumena korijena nije dokazana statistički značajna razlika između datuma mjerenja, što bi značilo kako se u 20 mjeseci istraživanja korijena ili otprilike 600 dana nije značajnije povećao njegov volumen u tlu.

7. Literatura – References

- Anić, I., J. Vukelić, S. Mikac, D. Bakšić, D. Ugarković, 2009: Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Šumarski list, 133 (3–4): 135–144.
- Aussenac, G., 2000: Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annales de Forest Sciences*, 57 (3): 287–301.
- Beissalah, Y., T. Amin, B. El-Hajzein, P. Neville, 1988: Study of the root system of holm oak seedlings, whose taproot grows straight and without limitation. *Annales des Sciences Forestieres*, 45 (1): 53–70.
- Bran, D., O. Lobreáaux, M. Maistre, P. Perret, F. Romane, 1990: Germination of *Quercus ilex* and *Q. pubescens* in a *Q. ilex* coppice. *Vegetatio*, 87 (1): 45–50.
- Broncano, M. J., M. Riba, J. Retana, 1998: Seed germination and seedling performance of two Mediterranean tree species, holm oak (*Quercus ilex* L.) and Aleppo pine (*Pinus*

- halepensis* Mill.): a multifactor experimental approach. *Plant Ecology*, 138 (1): 17–26.
- Connell, J. H., R. O. Slatyer, 1977: Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist*, 111 (982): 1119–1144.
- Cortes, P., J. M. Espelta, R. Savé, C. Biel, 2004: Effects of a nursery CO₂ enriched atmosphere on the germination and seedling morphology of two Mediterranean oaks with contrasting leaf habit. *New Forests*, 28 (1): 79–88.
- Finegan, B., 1984: Forest succession. *Nature*, 312: 109–114.
- Gómez-Aparicio, L., I. M. Pérez-Ramos, I. Mendoza, L. Matias, J. L. Quero, J. Castro, R. Zamora, T. Marañón, 2008: Oak seedling survival and growth along resource gradients in Mediterranean forests: implications for regeneration in current and future environmental scenarios. *Oikos*, 117 (11): 1683–1699.
- Gracia, M., J. Retana, F. X. Pico, 2001: Seedling bank dynamics in managed holm oak (*Quercus ilex*) forests. *Ann. For. Sci.*, 58 (8): 843–852.
- Gračanin, M., Lj. Ilijanić, 1977: Uvod u ekologiju bilja. Školska knjiga, Zagreb, 289 str.
- Ilijanić, Lj., M. Gračanin, 1972: Zum Wasserhaushalt einiger mediterraner Pflanzen. *Ber. Deutsch Bot. Ges.*, str. 329–339.
- Larcher, W., 1969: Zunahme des Frostabhärtungsvermögens von *Quercus ilex* im Laufe der Individualentwicklung. *Planta*, 88 (2): 130–135.
- Lepart, J., J. Escarre, 1983: La succession végétale, mécanismes et modèles: analyse bibliographique. *Bull. Ecol.*, 14: 133–178.
- Limousin, J. M., S. Rambal, J-M. Ourcival, R. Joffre, 2008: Modelling rainfall interception in a mediterranean *Quercus ilex* ecosystem: Lesson from a throughfall exclusion experiment. *Journal of Hydrology*, 357 (1–2): 57–66.
- López, B., S. Sabaté, C. A. Gracia, 2001: Vertical distribution of fine root density, length density, area index and mean diameter in a *Quercus ilex* forest. *Tree Physiol.*, 21 (8): 555–560.
- Meštrović, Š., 1987: Uređivanje šuma s posebnom namjenom. *Glas. šum. pokuse, pos. izd.*, 3: 137–150.
- Meštrović, Š., R. Laginja, 1990: Gospodarenje šumama hrasta crnike (*Orno-Quercetum ilicis* Br.-Bl.). *Glas. šum. pokuse*, 26: 425–432.
- Monachus, 2004: KlimaSoft 2.0.
- Penzar, I., B. Penzar, 2000: Agrometeorologija. Školska knjiga, Zagreb, 222 str.
- Pickett, S. T., S. L. Collins, J. J. Armesto, 1987: A hierarchical consideration of causes and mechanisms of succession. *Vegetatio*, 69 (1–3): 109–114.
- Plieninger, T., F. J. Pulido, H. Schaicha, 2004: Effects of land-use and landscape structure on holm oak recruitment and regeneration at farm level in *Quercus ilex* L. dehesas. *Journal of Arid Environments*, 57 (3): 345–364.
- Prpić, B., 1986: Odnos hrasta crnike i nekih njegovih pralica prema vodi i svjetlu. *Glas. šum. pokuse, pos. izd.*, 2: 69–77.
- Puerta-Piñero, C., J. M. Gómez, R. Zamora, 2006: Species-specific effects on topsoil development affect *Quercus ilex* seedling performance. *Acta Oecologica*, 29 (1): 65–71.
- Puerta-Piñero, C., J. M. Gómez, F. Valladares, 2007: Irradiance and oak seedling survival and growth in a heterogeneous environment. *Forest Ecology and Management*, 242 (2–3): 462–469.
- Sánchez-Gómez D., F. Valladares, M. A. Zavala, 2006: Performance of seedlings of Mediterranean woody species under experimental gradients of irradiance and water availability: trade-offs and evidence for niche differentiation. *New Phytologist*, 170 (4): 795–806.
- Sardans, J., J. Penuelas, 2005: Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean *Quercus ilex* L. *Forest Soil Biology and Biochemistry*, 37 (3): 455–461.
- StatSoft, Inc., 2007: Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft.
- Thornthwaite, C. W., 1948: An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Geogr. Rev.*, 38 (1): 55–94.
- Topić, V., O. Antonić, Ž. Španjol, Ž. Vrdoljak, 2000: Regression models for estimating biomass of resprouted pubescent Oak (*Quercus pubescens* Willd.), Italian oak (*Quercus frainetto* Ten.) and Holm oak (*Quercus ilex* L.). *Glas. šum. pokuse*, 37: 123–131.
- Topić, V., L. Butorac, G. Jelić, S. Perić, 2006: Influence of container type on growth and development of holm oak (*Quercus ilex* L.) seedlings in nursery. *Periodicum biologorum*, 108 (6): 643–648.
- Vajda, Z., 1965: Uloga klime u sušenju šuma. *Glas. šum. pokuse*, 28: 1–12.
- Xia, Y., P. Fabian, M. Winterhalter, M. Zhao, 2001: Forest climatology: estimation and use of daily climatological data for Bavaria, Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 106 (2): 87–103.

Abstract

Ecological and Biological Properties of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) on the Island of Rab

This paper deals with ecological and biological properties of Holm Oak trees (Quercus ilex L.) on the Island of Rab. Forest ecosystems are influenced by numerous local meteorological and climatic conditions. In spring 2006 four experimental plots (2x2 m), one in the middle forest (both seed and coppiced trees) and three in coppices of dif-

ferent age and structure, were established on the Island of Rab.

Rotronic hygrometers for measuring air temperature (°C), relative air humidity (%), wet bulb temperature (°C) and dewpoint/frostpoint (°C) were placed on two sites (middle forest and coppice). The values were measured from May 2006 to May 2007. Lux-meter was used for measuring relative light intensity. In 2006 soil humidity (%) was measured five times with Theta Probes model ML2x at the average depth of Holm Oak seedling rooting. On three occasions 30 Holm Oak seedlings were samples for root analysis. The scanner Epson Expression 10000XL and software WinRHIZO ProLA2400 for the analysis of washed roots were used to determine the total root length (cm), average root diameter (mm), volume (cm³), number of tips (pcs), forks (pcs) and crossings (pcs). In order to determine the natural mortality, the seedlings and young plants of Holm Oak were counted on ten occasions during the three years of research (in 2006, 2007 and 2008). The seedling heights were measured at the end of the germination phase and at the end of the first growing season.

Minimum air temperature in coppice was lower compared to the middle forest. Microclimatic conditions in coppice are less favorable for the growth and development of vegetation than those in the middle forest. Coppice has higher air temperature and lower relative air humidity compared to the microclimate in the middle forest. Large numbers of natural Holm Oak seedlings and young plants were recorded on all the four experimental plots, which can be attributed to favorable climatic factors influencing the yield on the Island of Rab. A large number of seedlings was obtained in coppice (480,000 – 1,190,000 pcs/ha) compared to the middle forest (465,000 pcs), which can be attributed to the age of the stand, i.e. the size of the fructifying trees and the shrub cover. There is a great variability between the four experimental plots with respect to the end of germination (4/7 – 3/10). The germination of Holm Oak seedlings in the middle forest reached its peak earlier (4 July 2006) than in the coppice (31 July 3 October), which implies the presence of better microclimatic site conditions. On some experimental plots Holm Oak acorns were germinating throughout 2006, which is an indicator of poor germination conditions. The key factor responsible for seed dormancy in this case was the lack of moisture in the soil. Statistically significant larger heights of Holm Oak seedlings were measured in the middle forest compared to the heights in the coppice. The mortality of young Holm Oak plants was also by 8.98% higher in the middle forest than in the coppice. The mortality of Holm Oak seedlings and young plants between 3 October 2006 and 30 January 2008 was 52.35%. The same trend of seedling and young plant mortality was recorded on all the experimental plots. After 27 months a large number of natural young plants of very good vitality survived on all the plots.

A negative and very high correlation between the root length and average root diameter was obtained for Holm Oak seedlings and young plants ($r=-0.7884$). With respect to the measurement date there was no significant difference in root volume, which means that in the 20 months of research there was no significant increase in root volume of Holm Oak seedlings and young plants in the soil.

Keywords: Holm Oak, microclimate, growth form, seedlings, young plants, root

Adresa autorâ – Authors' address:

Prof. dr. sc. Milan Oršanić
e-pošta: milan.orsanic3@zg.htnet.hr
Dr. sc. Damir Drvodelić
e-pošta: ddrvodelic@inet.hr
Dr. sc. Damir Ugarković
e-pošta: damir.ugarkovic@gs.htnet.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
Svetošimunska 25
HR-10 000 Zagreb
HRVATSKA