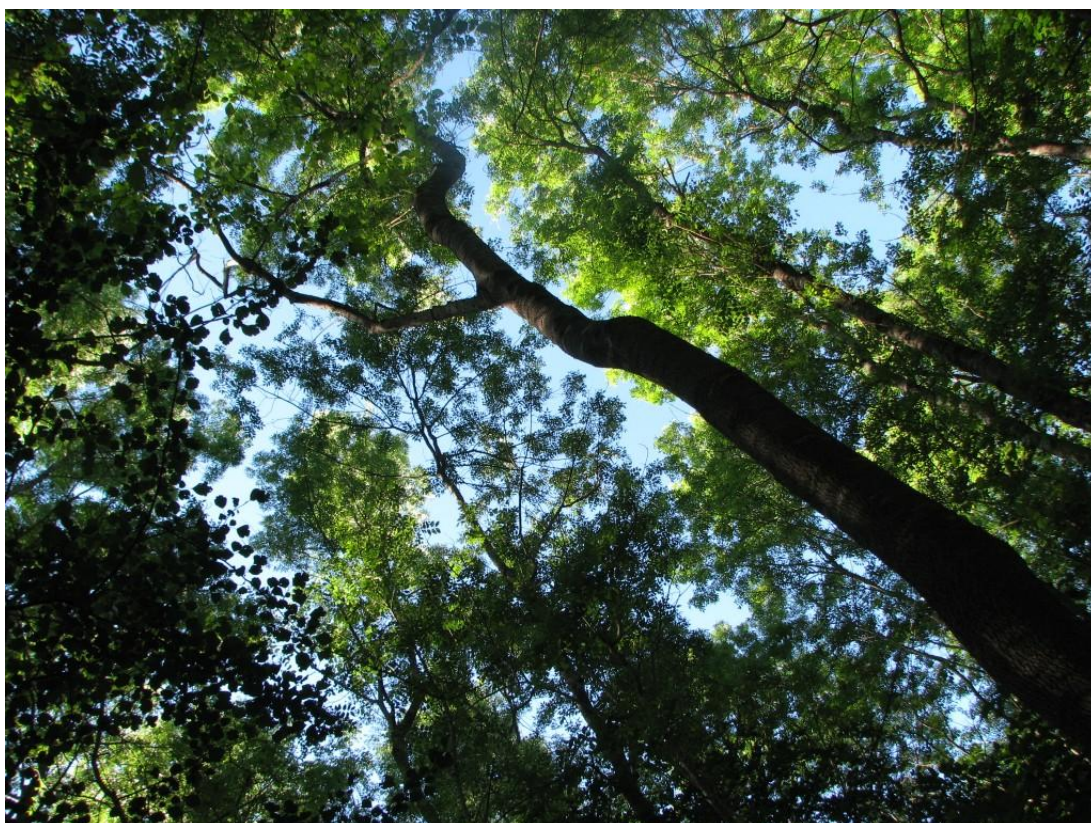


Plan restauracije starog korita Mirne
Biološko - ekološka istraživanja i podloge
STUDIJA



Zagreb, 2016.

NARUČITELJ	HRVATSKE VODE	
IZVRŠITELJ	OIKON d.o.o. - Institut za primijenjenu ekologiju	
VRSTA DOKUMENTACIJE	Stručna studija	
BROJ UGOVORA	Hrvatske vode; 23-065/13 i 23-067/14 Klasa: 325-01/12-10/161, Oikon: 881-13	
DOKUMENT	Plan restauracije starog korita Mirne Biološko -ekološka istraživanja i podloge	
VODITELJ PROJEKTA	dr.sc. Zrinka Mesić <i>Zrinka Mesić</i>	
OSIGURANJE KVALITETE	prof. dr. sc. Oleg Antonić <i>Oleg Antonić</i>	
ČLANOVI STRUČNOG TIMA	Alen Berta, mag. ing. silv. <i>Alen Berta</i>	Šumski ekosustavi
	Nikolina Bakšić, mag. ing. geol. <i>Nikolina Bakšić</i>	uzorkovanje: pedologija, hidromorfologija obrada podataka: kemijsko stanje voda i tla, mineralogija
	Tena Birov, mag. ing. prosp. arch., CE <i>Tena Birov</i>	Zaštićena područja
	dr. sc. Vladimir Kušan <i>Vladimir Kušan</i>	Šumski ekosustavi
	Zoran Grgurić, mag. ing. silv. <i>Zoran Grgurić</i>	Šumski ekosustavi
	Medeja Pistotnik, mag. biol. <i>Medeja Pistotnik</i>	integracija
	Jasmina Šargač, mag. biol. <i>Jasmina Šargač</i>	obrada podataka: ribe, fitobentos, makrozoobentos
	VANJSKI SURADNICI Geonatura d.o.o.	dr. sc. Aleksandar Popijač <i>A. Popijač</i>
Ana Đanić, mag. biol. <i>Ana Đanić</i>		uzorkovanje: mikrofitobentos Flora, staništa, vegetacija
Dina Rnjak, mag. oecol. et prot. nat. <i>Dina Rnjak</i>		Fauna, šišmiši
Luka Škunca, mag. oecol. <i>Luka Škunca</i>		Flora, staništa, vegetacija
Marina Škunca, mag. biol. <i>Marina Škunca</i>		Flora, staništa, vegetacija
Maja Maslač, mag. biol. exp. <i>Maja Maslač</i>		Lišajevi
Vida Zrnčić, mag. oecol. et prot. nat. <i>Vida Zrnčić</i>		Rijetka i ugrožena fauna
Mirjana Žiljak, mag. oecol. et prot. nat. <i>Mirjana Žiljak</i>		Flora, staništa, vegetacija
Anđela Čukušić, mag. oecol. et prot. nat. <i>Anđela Čukušić</i>		uzorkovanje: hidromorfologija

	Elena Patčev, mag. educ. biol. et chem.	Fauna ptica <i>MP</i>
	Ivana Pušić, mag. oecol. et prot. nat. <i>Pušić</i>	uzorkovanje i obrada: makrozoobentos
Gekom d.o.o.	Goran Gašparac, mag. phys. et geophys. <i>G. Gašparac</i>	Zrak
	Josip Križan, mag. inf. et math. <i>J. Križan</i>	Ekološko modeliranje
	Melita Burić, mag. phys. et geophys. <i>M. Burić</i>	obrada podataka: hidrologija
	Tanja Tudor, mag. phys. et geophys. <i>Tanja Tudor</i>	obrada podataka: klima, hidrologija, hidromorfologija, pronos nanosa, granulometrija
	Sanja Grgurić, mag. phys. et geophys. <i>SG</i>	klima
Hidroinženjering d.o.o.	Željko Štefanek	Piezometri i podzemne vode
	Gordana Vuletić Šeparović	Piezometri i podzemne vode
Ostali suradnici:	Mr. sc. Anamarija Partl	lišajevi
	dr. sc. Ivan Pilaš	Pedologija i šumski ekosustavi
	Neven Matočec	Tartufi
	Ivana Kušan	Tartufi
	dr. sc. Katarina Caput Mihalić	uzorkovanje i obrada: mikrofitobentos
	dr. sc. Dušan Jelić	uzorkovanje i obrada: ribe
	Ivan Špelić, mag. oecol. et prot. nat.	uzorkovanje i obrada: ribe
	prof. dr. sc. Mladen Kerovec	determinacija: Oligochaeta
	prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević	determinacija: Chironomidae
	doc. dr. sc. Ana Previšić	determinacija: Trichoptera
	doc. dr. sc. Krešimir Žganec	determinacija: Amphipoda, Isopoda
	dr. sc. Marija Ivković	determinacija: Simuliidae, Ceratopogonidae, Dixidae
	dr. sc. Vlatka Mičetić Stanković	determinacija: Coleoptera
	Marina Vilenica, mag. biol.	determinacija: Odonata, Ephemeroptera
	Petar Crnčan, mag. biol. exp.	determinacija: Gastropoda, Bivalvia
DIREKTOR	prof. dr. sc. Oleg Antonić <i>O. Antonić</i>	



Sadržaj

1	PROJEKTNI ZADATAK	7
2	UVOD	22
2.1	Cilj projekta	24
2.2	Zaštićena područja prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13)	26
3	OSNOVNE ZNAČAJKE PODRUČJA MOTOVUNSKJE ŠUME I KLJUČNI PROCESI KOJI DEFINIRAJU STANIŠTE	29
3.1	Klima	29
3.1.1	Oborina	31
3.1.2	Iparavanje s vodene površine	33
3.1.3	Temperatura zraka.....	34
3.1.4	Relativna vlažnost zraka	34
3.1.5	Evapotranspiracija	35
3.1.6	Trendovi osnovnih klimatskih parametara.....	39
3.1.7	Walterovi klimatski dijagrami	44
3.2	Osnovne značajke vodotoka	48
3.2.1	Vodni režim starog toka Mirne, kanala Mirne, prilaznih vodotoka, obuhvatnog kanala Srednja Mirna i izvorišta Bulaž	48
3.2.2	Ocjena stanja voda u rijeci Mirni, Staroj Mirni i njenim pritokama	80
3.2.3	Analiza donosa nanosa.....	122
3.3	Razine i kakvoća podzemnih voda u Motovunskoj šumi.....	124
3.3.1	Razine podzemnih voda	125
3.3.2	Kakvoća voda u piezometrima	131
3.4	Geologija	134
3.5	Pedologija	135
3.5.1	Značajke tla na području Motovunske šume	136
3.6	Prostorna razdioba parametara mikroreljefa	164
3.7	Kvaliteta zraka na području sliva Mirne.....	167
4	BIOLOŠKE ZAJEDNICE I VRSTE U TRENUTNIM UVJETIMA STANIŠTA	174
4.1	Šumske zajednice	174
4.1.1	Karakteristike šumskih sastojina.....	178
4.1.2	Analiza šumskih vegetacijskih tipova	191
4.1.3	Analiza fiziološkog stanja glavnih edifikatorskih vrsta drveća nizinskog ekosustava Motovunske šume	227
4.1.4	Vitalnost i produktivnost krošanja edifikatorskih vrsta drveća.....	264
4.1.5	Utjecaj kvalitete zraka na stabilnost šumskog ekosustava u području Motovunske šume	284
4.1.6	Projekcija buduće biološko-ekološke dinamike nizinskog šumskog ekosustava u slučaju zadržavanja postojećeg stanja bez zahvata revitalizacije	300
4.2	Ugrožene i zaštićene vrste i staništa zastupljeni u Motovunskoj šumi i rijeci Mirni	308
4.2.1	Ostale ugrožene i zaštićene vrste zastupljene u Motovunskoj šumi i rijeci Mirni.	308
4.2.2	Ekološka mreža NATURA 2000	323
4.2.3	Životni uvjeti i valorizacija staništa velikog bijelog tartufa (<i>Tuber magnatum</i>) u Motovunskoj šumi	344
5	DEFINIRANJE OPTIMALNOG STANJA EKOSUSTAVA MOTOVUNSKJE ŠUME	365
5.1	Hidrologija, količina vode i ekološki prihvatljiv protok.....	366
5.2	Natura 2000, flora i fauna	368
5.2.1	Natura 2000 vrste i staništa	368
5.2.2	Ostale rijetke i ugrožene vrste.....	371



5.3	Definiranje optimalnog stanja za veliki bijeli tartuf (<i>Tuber magnatum</i>)	373
5.4	Kakvoća vode	375
5.5	Hidromorfologija	377
5.6	Zaključak o definiranju optimalnog stanja šumskog ekosustava	379
6	ZAKLJUČAK.....	381
6.1	Prijedlog monitoringa.....	387
6.2	Prijedlog za daljnja istraživanja velikog bijelog tartufa	390

Knjiga Priloga I

Prilog 1. Hidrološka analiza	399
Prilog 2. Rezultati biološkog stanja površinskih voda	402
2.1. Fitobentos.....	402
2.2. Makrozoobentos	404
Prilog 3. Rezultati fizikalno kemijske analize vode	406
3.1. Površinske vode	406
3.2. Kakvoća voda u piezometrima	412
Prilog 4. Analiza sedimenta	414
4.1. Granulometrijska analiza	414
4.2. Mineraloška analiza.....	414
4.3. Geokemijska analiza.....	434
Prilog 5. Pedološka karta Istre (isječak područja Motovunske šume)	435
Prilog 6. Kemijska analiza tla.....	436
Prilog 7. Razdioba teksturnih kategorija na istraživanim lokalitetima	437
Prilog 8. Bušenje piezometara - terenski radovi	438
Prilog 9. Karta šumskih odsjeka na području Motovunske šume	447
Prilog 10. Analiza vitalnost i produktivnost krošanja edifikatorskih vrsta drveća.....	448
10.1. Prostorna razdioba srednjih mjesečnih vrijednosti EVI indeksa za 2005. godinu ...	448
10.2. Fenološka dinamika edifikatorskih vrsta drveća.....	454
10.2.1. Početak vegetacijske sezone (SOS)	454
10.2.2. Kraj vegetacijske sezone (EOS).....	455
10.2.3. Dužina vegetacijske sezone (LOS).....	456
10.2.4. Sredina vegetacijske sezone (MOS)	457
10.2.5. Veliki sezonski integral (LSI)	458
10.2.6. Rezultati fenološke analize	459
Prilog 11. Prostorni raspored indikatorskih vrsta	463
11.1. Indikatori suših stanišnih uvjeta	463
11.2. Indikatori vlažnijih stanišnih uvjeta koji potencijalno ukazuju na zamočvarivanje	469
Prilog 12. Prikaz rezultata vegetacijskih snimki	474
Prilog 13. Karta vegetacijskih tipova	475
Prilog 14. Podaci o stablima uzorkovanim za dendrokronološku analizu	476
Prilog 15. Opis Ekotipa 18 - Nizinske srednje velike tekućice Istre (Mihaljević i sur., 2011b)	478
Knjiga Priloga II - Izvrtci	
Prilog 16. Izvrtci	480



1 PROJEKTNI ZADATAK



HRVATSKE VODE

Vodnogospodarski odjel za slivove Sjevernog Jadrana-Rijeka
Đure Sporera 3, 51 000 Rijeka

PROJEKTNI ZADATAK

Plan restauracije starog toka Mirne - Biološko-ekološka istraživanja i podloge

OPĆI DIO

Investitor:	HRVATSKE VODE
Naslov zadatka:	Plan restauracije starog korita Mirne - Biološko-ekološka istraživanja i podloge
Lokacija:	Sliv rijeke Mirne, Stara Mirna, Motovunska šuma
Vrsta dokumentacije:	Studija
Rok izvedbe:	jedna godina od potpisivanja ugovora
Broj primjeraka:	6 (šest) s CD-om Tekstualni format: .doc, .pdf Grafički prilogi: GIS format (.shp i dr) geokodiran u 16:30 zoni

UVOD

Poplavne šume su vrlo dinamični ekosustavi koji se pojavljuju u poplavnim nizinama rijeka. Ovisi o posebnom vodnom režimu, jer velik broj vrsta u takvim ekosustavima zahtijeva dopunsko vlaženje (redovno plavljenje i/ili visoku razinu podzemne vode) kao i donos/obnavljanje sedimenta za svoj opstanak. Uobičajena praksa krčenja šuma za poljoprivredne potrebe, mijenjanje riječne dinamike reguliranjem vodotoka te izgradnjom nasipa i brana imaju uglavnom negativne učinke na poplavne šume. Svim navedenim aktivnostima mijenja se povezanost vodotoka i poplavnog područja i smanjuje prirodna mogućnost obnavljanja takvih šuma.

Poplavne šume su važne zbog velike bioraznolikosti i produktivnosti te velike dinamičnosti staništa. Također mogu funkcionirati kao poplavne retencije koje zadržavaju višak vode i sedimenta tijekom poplava, pomoći u prirodnom obnavljanju razina podzemne vode te imati važnu ulogu u proizvodnji drva i raspršivanju difuznog onečišćenja iz poljoprivrednih izvora. Osim navedenog poplavne šume su važne i zbog svoje estetske i rekreativne funkcije krajobraza te mogućnosti ublažavanja klime okolnog područja.

Motovunska šuma hrasta lužnjaka s visećim šašem (*As. Carici pendulae* – *Quercetum roboris* Trinajstić, nom. nov et comb. nov., hoc loco 2008.; u Nacionalnoj ekološkoj mreži Motovunska šuma uvedena je kao *as. Carici pendulae - Fraxinetum angustifoliae* Pedrotti 1970) poznata je reliktna šuma u dolini Mirne u Istri. Motovunska šuma predstavlja posljednji ostatak autohtonih nizinskih poplavnih šuma zvanih "longoze" u riječnim dolinama mediteranskog i pontskog primorja. Uz navedenu, danas postoje još samo dva nalazišta takve šume, šuma Komčija u bugarskom crnomorskom primorju i ostaci šume skadarskog hrasta lužnjaka. Nizinske poplavne šume su nekoć pokrivala mediteranska područja dolina Neretve, Poa, Rhone i sl., ali su uglavnom iskrčene i pretvorene u poljoprivredne površine.

Prvotna površina Motovunske šume iznosila je oko 1300 ha (1311,5 ha 1933 godine). Prema odluci o njezinoj prenamjeni u poljodjelsku površinu pod šumom je trebalo ostati samo 281 ha u blizini Istarskih toplica. Manji dio šume od 274,91 ha je 1964. godine proglašen specijalnim rezervatom šumske vegetacije i stavljen pod upravu državne institucije za zaštitu prirode. Dio Motovunske šume zauzela je akumulacija Butoniga, dok je dio ipak iskrčen. Prema važećem Programu gospodarenja gospodarskom jedinicom Mirna za razdoblje od 2011. – 2020. površina Motovunske šume iznosi 1100,32 ha, od čega na obraslo zemljište otpada 1059,98 ha. Motovunskom šumom gospodari trgovačko društvo Hrvatske šume, Uprava šuma Podružnica Buzet, Šumarija Buzet.

Općekorisne funkcije Motovunske šume su mnogostruke, od ekoloških (povećanje bioraznolikosti područja, ublažavanje klime, pročišćavanje vode, pročišćavanje zraka), ekonomskih (proizvodnja drveta i tartufa kao vrlo vrijednog šumskog proizvoda), socijalnih (rekreativna i turistička te edukativna i znanstvena vrijednost) do zaštitnih (retencijska sposobnost u obrani od poplava, zaštita od vjetra, zaštita od prometne buke).

Nažalost, Motovunska šuma je u proteklih nekoliko desetljeća ugrožena zbog sadnje američkih topola, krčenja šume i isušivanja za poljoprivredne potrebe, a najvećim dijelom zbog promjene vodnog režima u dolini rijeke Mirne (izgradnja novog korita rijeke Mirne, izgradnja cesta u dolini i izgradnja akumulacije Butoniga). Regulacijom voda rijeke Mirne u novo korito prekida se povezanost vodotoka i poplavne nizine, uslijed čega dolazi do pada razina podzemnih voda koju hrastovo korijenje ne može dohvatiti. Nasuprot tome, zbog odvajanja dijelova šume izgradnjom lokalnih cesta bez propusta za vodu, površinske poplave su postale česte i dugotrajnije jer voda nije mogla otjecati u novo korito Mirne. Hrast lužnjak, kao glavni edifikator tog nizinskog šumskog ekosustava, je istovremeno najugroženija vrsta, jer je najosjetljiviji na novonastale promjene ekoloških uvjeta u staništu, s jedne strane na manjak dopunskog vlaženja zbog izostanka poplava i snižavanja razine podzemne vode, a s druge strane na uvjete prevlaživanja i stagnacije vode tijekom vegetacijske sezone što onemogućuje disanje korijenja (anaerobiozis).

U Europi je više od 90% područja izvorno pokrivenog poplavnim šumama nestalo, a ostaci nekadašnjih velikih šumskih područja su prepoznati kao stanišni tipovi važni za EU čije očuvanje zahtijeva određivanje posebnih područja zaštite kako je navedeno u Dodatku I, Direktive o staništima. Zbog prije navedenog vrlo je važno uložiti napore u održavanje i poboljšavanje stanja ovakvih ekosustava. U skladu s tim, dio Motovunske šume je sastavni dio nacionalne ekološke mreže i prijedloga Natura 2000 područja u Hrvatskoj. Integrirano vodnogospodarsko upravljanje na razini sliva, preporučeno Okvirnom direktivom o vodama (ODV), također podržava poboljšanje i očuvanje stanja poplavnih šuma u okviru obvezne zaštite i poboljšanja stanja takvih ekosustava prema članku 1., ODV.

CILJ PROJEKTA

Općenito

Važnost revitalizacije vodenih ekosustava u mnogim svjetskim zemljama je velika zbog porasta svjesnosti o sve većoj degradiranosti vodnog okoliša. U Europi je ODV svojim zahtjevima za postizanjem dobrog ekološkog stanja za sva vodna tijela značajno potaknula razvijanje koncepta i primjenu postupaka revitalizacije vodotoka. Osim toga, svojim izuzetno edukativnim karakterom ODV doprinosi povećanju svjesnosti o važnosti očuvanja okoliša u

vodnogospodarskom upravljanju. Dobro stanje voda, koje je propisano ODV, obuhvaća kemijske, biološke i hidromorfološke elemente kakvoće. Kako su vodotoci dinamički okoliš koji se neprestano mijenja zbog varijacija protoka i pronosa nanosa, posljedične fizičke strukture riječnog korita, obala i obalnih pojaseva (hidromorfološki elementi kakvoće), kao važni granični uvjeti vodenih ekosustava, predstavljaju glavni preduvjet za opstanak biotičkih zajednica u potocima i rijekama.

Na temelju preliminarnih ocjena stanja ne samo u Hrvatskoj, već i u većini europskih zemalja hidromorfološki pritisci (kao rezultat različitih hidrotehničkih mjera) su glavni uzrok izostanka dobrog stanja na velikom dijelu vodnih tijela. Kako se određeni broj tih vodnih tijela nalazi unutar područja ili je hidrološki povezano s Natura 2000 mrežom, istovremeno sa zahtjevima ODV moraju biti zadovoljeni i propisi Natura 2000 mreže koji zahtijevaju očuvanje područja unutar mreže i izradu planova upravljanja.

U okviru izrade pilot projekta *Plan upravljanja slivom rijeke Mirne* iz 2009. godine, prepoznat je problem degradiranosti Motovunske šume, a revitalizacija starog toka Mirne predložena kao jedna od prioritetnih mjera. Usprkos tome, tek su preliminarnim rezultatima međunarodnog nizozemsko-hrvatskog projekta *Razvoj kapaciteta za hidromorfološki monitoring i mjere u Hrvatskoj*, posebice izradom *Vodiča za revitalizaciju vodotoka*, ostvareni preduvjeti za pristupanje izradi projekta revitalizacije starog toka Mirne u svrhu očuvanja Motovunske šume ponajviše stoga što je poznavanje hidromorfoloških promjena i samog procesa revitalizacije nužno za izradu kvalitetnog plana revitalizacije nekog vodenog ili o visinog ekosustava.

Dosadašnja istraživanja na užem i širem području Motovunske šume nisu rezultirala dovoljno detaljnim podacima (o stanju šumske zajednice te njejoj povezanosti i ovisnosti o vodnom režimu) koji bi mogli poslužiti za izradu prijedloga revitalizacije starog toka Mirne. Stoga je potrebno je provesti dodatna, usmjerena biološko-ekološka istraživanja, čiji će rezultati osigurati uvid u aktualno stanje tog nizinskog šumskog ekosustava i omogućiti procjenu potrebe za revitalizacijom vodnog režima u tom nizinskom šumskom ekosustavu.

Ciljevi projekta

1. Utvrditi stvarno stanje Motovunske šume, uključujući procjenu stanja bioindikatorskih i zaštićenih populacija, procjenu ekološke stabilnosti s obzirom na potrebe za dopunskim vlaženjem (posebno u svjetlu klimatskih promjena), te projekciju očekivanih promjena u šumskom ekosustavu bez zahvata revitalizacije (scenarij „ne činiti ništa“).
2. Definirati optimalne i (još) prihvatljive ekološke uvjete koji bi stabilizirali ekosustav Motovunske šume i biološke populacije koje on podržava (ne ometajući ekonomsku i zaštitnu ulogu šume), te procijeniti potrebu za postizanjem takvog (optimalnog ili barem „još prihvatljivog“) stabilnog stanja putem zahvata revitalizacije vodnog režima.

Općenito značenje i primjena rezultata

Dobiveni rezultati će doprinijeti boljem razumijevanju prirodne strukture, dinamike i ekoloških zahtjeva šumskih zajednica u Motovunskoj šumi te dati jasan uvid u perspektivu budućih promjena u tom ekosustavu u slučaju zadržavanja postojećeg stanja. Ova studija predstavlja dio cjelovitog pristupa te će poslužiti kao nužna i dovoljna podloga za planiranje



naknadne revitalizacije starog toka Mirne odnosno vodnog režima na području Motovunske šume.

Način prijenosa znanja

Uzimajući u obzir važnost studije za šumarstvo i zaštitu prirode po dovršetku projekta rezultati će biti dostavljeni na mišljenje relevantnim državnim institucijama u čijoj nadležnosti se nalazi Motovunska šuma i njen zaštićeni dio.

PROJEKTNI ZADATAK

Faze projekta

Ovim projektnim zadatkom predviđa se izrada podloga za buduću revitalizaciju starog toka rijeke Mirne u svrhu očuvanja Motovunske šume kao zaštićene šumske zajednice i staništa drugih zaštićenih vrsta na osnovu analize dostupnih podataka i dodatnog usmjerenog istraživanja.

Projekt se treba provesti prema slijedećim glavnim točkama:

1. Utvrđivanje i analiza stanja cjelokupnog ekosustava Motovunske šume:
 - objedinjavanje i analiza postojećih literaturnih podataka,
 - uspostava internog geoinformacijskog sustava s relevantnim prostornim podlogama (posebno s obzirom na mikroreljef kao iznimno bitan faktor u vodnom režimu nizinskog šumskog ekosustava),
 - stjecanje uvida u aktualnu prostornu raspodjelu vegetacijskih tipova i stanje bioindikatorskih populacija (dodatnim terenskim istraživanjem) i logičko povezivanje tog stanja s aktualnom (sezonskom i međugodišnjom) dinamikom ključnih elemenata vodnog režima (učestalost i jačina poplava, razina podzemne vode, oborina, evapotranspiracija),
 - detekcija vremenskih trendova indikatora stanja edifikatorskih vrsta drveća s težištem na hrastu lužnjaku (*Quercus robur* L.), uključujući parametre rasta, kao i parametre vitalnosti krošanja (uz logičko povezivanje s aktualnim vodnim režimom),
 - projekcija buduće biološko-ekološke dinamike nizinskog šumskog ekosustava u slučaju zadržavanja postojećeg stanja bez zahvata revitalizacije (scenarij „ne činiti ništa“).
2. Definiranje optimalnih ekoloških uvjeta (u smislu maksimizacije stabilnosti, bioraznolikosti i produktivnosti) i prihvatljivih ekoloških uvjeta (u smislu dugoročnog održanja nizinskog šumskog ekosustava u prostoru) s težištem na parametre vodnog režima s kojima se može upravljati uz procjenu potrebe za zahvatom revitalizacije kao preduvjetom postizanja takvih ekoloških uvjeta.

Područje istraživanja

Područje koje će biti obuhvaćeno ovim projektom obuhvaća područje Motovunske šume kroz koje prolazi stari tok rijeke Mirne odnosno vodotok Stara Mirna uz kojeg se nalazi šumska gospodarska jedinica Mirna.

SADRŽAJ STUDIJE

1. STANJE I OPIS EKOSUSTAVA MOTOVUNSKE ŠUME

Detaljan opis terenskih istraživanja za svaki dio studije se nalazi u točki 5.

1.1. **Ključni procesi koji definiraju stanište**

- 1.1.1. Hidrološki podaci – Vodni režim starog toka Mirne, kanala Mirne, prilaznih vodotoka, obuhvatnog kanala Srednja Mirna i izvorišta Bulaž (kvantitativne i kvalitativne značajke) s opisom povijesnih promjena (hidrološke analize postojećih podloga, s posebnim obzirom na učestalost i jačinu poplava).
- 1.1.2. Ocjena kakvoće vode u Mirni, Staroj Mirni i njenim pritokama.
- 1.1.3. Razine i kakvoća podzemnih voda u Motovunskoj šumi.
- 1.1.4. Svojstva sedimenta
 - 1.1.4.1. Analiza produkcije i donosa nanosa (procjena produkcije nanosa i količine taloženog sedimenta na širem području istraživanja).
 - 1.1.4.2. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava riječnog sedimenta u Mirni, Staroj Mirni i njenim pritokama.
- 1.1.5. Pedološki podaci (pedofizikalna i pedokemijska svojstva).
- 1.1.6. Klimatološki podaci (s težištem na elemente vodnog režima: oborina, evapotranspiracija).
- 1.1.7. Prostorna razdioba parametara mikoreljefa (relativna visina u odnosu na referentno vodno lice u vodotoku, udaljenost do vodotoka, akumulacija površinskim tečenjem, dubina podzemne vode, dubina u mikrodepresijama).

1.2. **Biološke zajednice i vrste u trenutnim uvjetima staništa**

- 1.2.1. Šumske zajednice
 - 1.2.1.1. Prostorna razdioba vegetacijskih tipova.
 - 1.2.1.2. Prostorne razdiobe bioindikatorskih vrsta (s težištem na indikatore dopunski vlaženog šumskog ekosustava i na indikatore isušivanja staništa).
 - 1.2.1.3. Fiziološko stanje (stupanj vitalnosti i produktivnosti) hrasta lužnjaka, kao glavnog edifikatora nizinskog ekosustava Motovunske šume.
 - 1.2.1.4. Vitalnost i produktivnost krošanja edifikatorskih vrsta drveća (s rekonstrukcijom vremenskog trenda tijekom zadnjeg desetljeća na temelju vremenskih serija satelitskih snimaka).
 - 1.2.1.5. Projekcija buduće biološko-ekološke dinamike nizinskog šumskog ekosustava (na temelju sinteze svih prikupljenih podataka) u slučaju zadržavanja postojećeg stanja bez zahvata revitalizacije (scenarij „ne činiti ništa“).
- 1.2.2. Ostale ugrožene i zaštićene vrste zastupljene u Motovunskoj šumi i rijeci Mirni
 - 1.2.2.1. Trenutno stanje populacija (rasprostranjenost, gustoća populacija, razlozi ugroženosti) - analiza postojećih podataka (uključivši i analizu dostatnosti postojećih podataka prema taksonomskim skupinama).
 - 1.2.2.2. Životni uvjeti i povezanost sa staništem (ekološki uvjeti – optimalni i ekstremni, prehrana, uvjeti razmnožavanja, povezanost s ostalim vrstama) – sinteza postojećih podataka.

1.2.3. Tartuf na području Motovunske šume

- 1.2.3.1. Trenutno stanje (rasprostranjenost i gustoća populacija, razlozi ugroženosti – analiza postojećih podataka).
- 1.2.3.2. Životni uvjeti i povezanost sa staništem (ekološki uvjeti – optimalni i ekstremni) – sinteza postojećih podataka.

2. DEFINIRANJE OPTIMALNOG STANJA EKOSUSTAVA

Općenito je za revitalizaciju poplavne šume potrebno osigurati varijabilnost protoka i povremenu poplavljenost područja uz osiguranje redovnog donosa novog sedimenta i organskih tvari s poplavama. Također trebaju biti zadovoljeni uvjeti za regeneraciju šume (postojanje sjemenki i vegetativnog materijala te odgovarajućih lokaliteta za rast drveća), kao i povoljne razine podzemne vode za rast drveća.

Motovunska šuma, osim što je dio ekološke mreže RH te prijedlog NATURA 2000 za Hrvatsku te obuhvaća i manji dio koji je zaštićen kao posebni rezervat šumske vegetacije. Kako je prethodno navedeno, Motovunska šuma se koristi u šumarskom gospodarenju, te je utjecaj planirane revitalizacije potrebno sagledati i s tog aspekta gospodarenja, s naglaskom na sakupljanje tartufa koji su možda najvažniji ekonomski aspekt ovog područja.

Pretpostavka projekta revitalizacije starog toka Mirne je i održanje i poboljšanje trenutnog stanja ciljeva očuvanja Motovunske šume, kao i ciljeva očuvanja same rijeke Mirne (tablica 1), uz poboljšanje obrambene funkcije od štetnog djelovanja voda (poplava) na okolnom području sliva.

Tablica 1. Ciljevi očuvanja nacionalne ekološke mreže i NATURA2000 mreže

Ekološka mreža RH		Prijedlog europske ekološke mreže NATURA 2000	
HR2000637 Motovunska šuma.	HR2000619 Mirna	HR2000637 Motovunska šuma.	HR2000619 Mirna i šire područje Butonige
- lombardijska žaba (<i>Rana latastei</i>), - Motovunska šuma poljskog jasena i hrasta lužnjaka s višećim šašem (NKS šifra: E.2.2.5.)	- bjelonogi rak (<i>Austropotamobius pallipes</i>), - primorska uklija (<i>Alburnus albidus</i>), - mren (<i>Barbus plebejus</i>), - endemične svojite riba Jadranskog sliva, - primorska paklara (<i>Lethenteron zanandreaei</i>)	- lombardijska žaba (<i>Rana latastei</i>), - žuti mukač (<i>Bombina variegata</i>), - barska kornjača (<i>Emys orbicularis</i>), - velikouhi šišmiš (<i>Myotis bechsteini</i>), - <i>Vertigo angustior</i> , - Poplavne miješane šume <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> i <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> ili <i>Fraxinus angustifolia</i> , uz velike vodotoke (<i>Ulmion minoris</i>) <i>angustifolia</i> (Natura šifra 91F0)	- bjelonogi rak (<i>Austropotamobius pallipes</i>), - primorska uklija (<i>Alburnus albidus</i>), - mren (<i>Barbus plebejus</i>), - barska kornjača (<i>Emys orbicularis</i>), - žuti mukač (<i>Bombina variegata</i>), - lombardijska žaba (<i>Rana latastei</i>), - <i>Vertigo moulinsiana</i> , - <i>Vertigo angustior</i> , - močvarni okaš (<i>Coenonympha oedippus</i>), - Nizinske košanice (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>) (Natura šifra 6510)

U ovom dijelu studije, za potrebe naknadnog definiranja rješenja i izradu Plana revitalizacije, treba detaljno opisati ciljani sastav šumske zajednice i uvjete staništa za održavanje takve zajednice s ostalim važnim vrstama za koje su doneseni ciljevi očuvanja EM – **opisati optimalno stanje ekosustava koje se želi postići revitalizacijom starog toka Mirne.**

3. OPIS TERENSKIH ISTRAŽIVANJA

A. Hidrološki podaci

Hidrološki pokazatelji za površinske vode (oborine, temperature zraka, protok, vodostaj) za one postaje koje se prate u okviru redovnog praćenja hidroloških prilika DHMZ-a na vodnom području sjevernojadranskih slivova i za izvor Bulaž će biti dostupni na uvid. Također će biti dostupni i mjerni podaci Hrvatskih voda s područja istraživanja (samo vodostaj).

B. Procjena stanja voda i kakvoća riječnog sedimenta

Temeljem projektnog zadatka postaje istraživanja kakvoće voda su definirane tablicom 2.

Tablica 2. Mjerne postaje za određivanje kakvoće vode

Naziv postaje	Broj i opis postaja
Mirna	1 postaja kod naselja Rušnjak (M1) 1 postaja nakon utoka Mlinskog potoka (M2)
Stara Mirna	1 postaja u uzvodnom dijelu starog toka, prije utoka u kanal bujice Gradinje (MŠ1) 1 postaja u srednjem dijelu starog toka, u nizvodnom dijelu vodotoka (MŠ2) 1 postaja u donjem dijelu starog toka, u nizvodnom dijelu vodotoka (MŠ3)
Gradinje	1 postaja u nizvodnom dijelu (G)
Obuhvatni kanal Srednja Mirna	1 postaja u nizvodnom dijelu (OK)

Na ovim postajama treba provesti ciljano istraživanje zajednica vodene flore i faune (mikrofitobentos, makrozoobentos, ribe) s glavnim ciljem ocjene kakvoće vode. Istovremeno treba provesti istraživanje osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja, utvrđivanje osnovnih hidromorfoloških svojstava vodotoka, kao i analizu osnovnih značajki riječnog sedimenta.

Točne lokacije mjernih postaja će postaje biti određene na terenu (u dogovoru s Naručiteljem) s navedenim koordinatama mjerne postaje (GPS) uz fotodokumentaciju (digitalnu) cjelokupne mjerne postaje.

Pokazatelji i učestalost uzorkovanja

U tablici 3. su nabrojani biološki, fizikalno-kemijski i hidromorfološki pokazatelji te pokazatelji kakvoće sedimenta koji će se istražiti na određenim mjernim postajama. Uzorkovanje treba biti provedeno u povoljnim hidrološkim uvjetima, uz registraciju protočnih količina i geometrije profila na kome se provode uzorkovanja. Biološki pokazatelji se obvezno trebaju uzorkovati istovremeno s fizikalno-kemijskim pokazateljima.

Tablica 3. Pokazatelji i učestalost godišnjeg uzorkovanja na mjernim postajama vodotoka

POKAZATELJI			Mirna		Stara Mirna			Gradinje	Ob. kanal Sr. Mirna
			M1	M2	MŠ1	MŠ2	MŠ3	G	OK
VODOTO K	BIOLOŠKI	Mikrofitobentos	1	1	1	1	-	1	1
		Makrozoobentos	1	1	1	1	-	1	1
		Ribe	1	1	1	1	-	1	1
	HIDRO-	Kontinuitet	1	1	1	1	1	1	1

MORFOLOŠKI *	Hidrologija	1	1	1	1	1	1	1	
	Morfologija	1	1	1	1	1	1	1	
	FIZIKALNO-KEMIJSKI	Fizikalno-kemijski (temp, pH, el. vodljivost, suspendirana tvar, TOC, DOC, tvrdoća, kloridi, sulfati)	4	4	4	4	-	4	4
		Režim kisika (O ₂ %, BPK ₅ , KPK-Mn)	4	4	4	4	-	4	4
		Hranjive tvari (Amonij, Nitrati, uk. N, ortofosfati, uk.P)	4	4	4	4	-	4	4
		Metali (Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn) - ukupni i otopljeni	4	4	4	4	-	4	4
SEDIMENT**									
- TOC									
- Hranjive tvari (uk. N, uk.P)									
- Ukupni metali (Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn)		1	1	1	1	-	1	1	
- Granulometrija									
- Ukupni C i ukupni N									
- Geokemijska analiza									
- Mineraloška analiza									

* Prema europskom standardu EN 15483:2010 (*Water quality — Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology*).

Terensko uzorkovanje i obrada podataka

Istraživanje se mora provesti u jednogodišnjem razdoblju prema tablici 3. Metode biološkog uzorkovanja trebaju biti usklađene s metodologijom opisanom za pojedine skupine u studiji Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (ODV) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije. Uzorke mikrofitobentosa, makrozoobentosa i riba treba determinirati do razine vrste kad je to moguće, kako bi se za procjenu kakvoće vode mogli koristiti različiti indeksi. Metode fizikalno-kemijskog uzorkovanja trebaju biti usklađene s odgovarajućim normama za pojedini pokazatelj. Metode hidromorfološkog uzorkovanja trebaju biti usklađene s europskim standardom EN 15483:2010 (*Water quality — Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology*).

Ocjenjivanje bioloških i fizikalno kemijskih pokazatelja stanja voda se treba obaviti u skladu s preporukama studije Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (ODV) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije za tip vodotoka *nizinske i prigorske male tekućice Istre*. Ocjena hidromorfoloških pokazatelja ekološkog stanja treba se obaviti u skladu s preporukama europskog standarda EN 15483:2010.

C. Razine i kakvoća podzemnih voda

Temeljem projektnog zadatka postaje istraživanja razine i kakvoće podzemne vode su definirane tablicom 4. Na tim postajama potrebno je postaviti piezometre s automatskim registratorima do dubine od minimalno 5 m.

Tablica 4. Automatske mjerne postaje za određivanje razina podzemne vode

Naziv postaje	Broj i opis postaja
Stara Mirna	1 piezometarska postaja u uzvodnom dijelu starog toka (SM1)

	1 piezometarska postaja u srednjem dijelu starog toka (SM2)
	1 piezometarska postaja u donjem dijelu starog toka (SM3)

Na ovim postajama treba provesti automatska opažanja razina podzemnih voda s usporednim kontinuiranim praćenjima el. vodljivosti i temperature. Također treba obaviti i osnovna mjerenja kemijskih pokazatelja kakvoće prema tablici 5.

Točne lokacije mjernih postaja nakojima se trebaju postaviti piezometri s automatskim registratorima će biti određene na terenu (u dogovoru s Naručiteljem) s navedenim koordinatama mjerne postaje (GPS) uz fotodokumentaciju (digitalnu) cjelokupne mjerne postaje.

Pokazatelji i učestalost uzorkovanja

U tablici 5. su nabrojani kemijski pokazatelji koji se moraju pratiti na određenim mjernim postajama.

Tablica 5. Pokazatelji i učestalost godišnjeg uzorkovanja na mjernim postajama

POKAZATELJI		Motovunska šuma		
		SM1	SM2	SM3
razine podzemne vode*		automatska mjerenja		
temperatura*		automatska mjerenja		
el. vodljivost*		automatska mjerenja		
pH		4	4	4
otopljeni kisik mg/l O ₂		4	4	4
ANIONI	nitрати mg N/l	4	4	4
	ortofosfati mg P/l	4	4	4
	hidrogenkarbonati mg/l HCO ₃ ⁻	4	4	4
	kloridi mg Cl/l	4	4	4
	sulfati mg/l SO ₄ ²⁻	4	4	4
AMONIJI	amonij mg N/l	4	4	4
OSTALI KATIONI	Ca ²⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ mg/l	4	4	4
metali (Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn) - ukupni i otopljeni μg/l		4	4	4

* Mjerenja će biti dostupna putem snimača podataka (data logger) piezometra s automatskom registracijom (predvidiva satna vremenska diskretizacija).

Terensko uzorkovanje i obrada podataka

Opažanja razina podzemnih voda se trebaju obaviti u jednogodišnjem razdoblju, piezometrima s automatskim bilježenjem promjena razine podzemne vode. Kakvoća podzemne vode se treba pratiti automatski (el. vodljivost i temperatura) snimačem podataka automatskog piezometra te uzorkovanjem i laboratorijskom analizom vode iz piezometara u skladu s učestalošću koja je navedena u tablici 5.

Metode uzorkovanja i laboratorijske analize trebaju biti usklađene s odgovarajućim normama za pojedini pokazatelj.

D. Pedomorfološki podaci

Temeljem projektnog zadatka postaje istraživanja tla su definirane tablicom 6.

Tablica 6. Mjerne postaje za istraživanje tla

Naziv postaje	Broj i opis postaja
Motovunska šuma	5 postaja u uzvodnom dijelu starog toka (Š1) 3 postaje u srednjem dijelu starog toka (Š2) 5 postaja u donjem dijelu starog toka (Š3)

Točne lokacije mjernih postaja će biti određene na terenu (u dogovoru s Naručiteljem) s navedenim koordinatama mjerne postaje (GPS) te uz fotodokumentaciju (digitalnu) cjelokupne mjerne postaje.

Pokazatelji i učestalost uzorkovanja

Mjerenja pedomorfoloških značajki tla u Motovunskoj šumi, navedenih u tablici 7, se trebaju obaviti sondiranjem, u jednogodišnjem razdoblju, terenskim opažanjem i laboratorijskom analizom uzoraka tla u skladu s učestalošću koja je navedena u tablici 7.

U tablici 7. su nabrojani pedomorfološki pokazatelji koji se jednokratno trebaju istražiti na određenim mjernim postajama.

Tablica 7. Pokazatelji i učestalost uzorkovanja na mjernim postajama vodotoka

POKAZATELJI			Motovunska šuma		
			Š1	Š2	Š3
PEDOFIZIKALNA SVOJSTVA	VANJSKA MORFOLOGIJA	reljef	1	1	1
		živi pokrov	1	1	1
		mrtvi pokrov	1	1	1
	UNUTRAŠNJA MORFOLOGIJA	građa profila tla	1	1	1
		specifične pedodinamske tvorevine	1	1	1
		dubina tla	1	1	1
		boja tla	1	1	1
		tekstura tla	1	1	1
		struktura tla	1	1	1
		poroznost	1	1	1
		kapacitet za vodu	1	1	1
		kapacitet za zrak	1	1	1
		propusnost tla za vodu	1	1	1
		gustoća tla			
		PEDOKEMIJSKA SVOJSTVA	pH	1	1
količina dušika i karbonata	1		1	1	
opskrbljenost fiziološki aktivnim fosforom i kalijem	1		1	1	
količina organskog C	1		1	1	
humus	1		1	1	
Aktivno vapno	1		1	1	
Teški metali u tlu	1		1	1	

Terensko uzorkovanje i obrada podataka

Istraživanje se mora provesti jedanput u jednogodišnjem razdoblju prema tablici 7. Metode uzorkovanja i laboratorijska obrada podataka trebaju biti usklađene s odgovarajućim normama za pojedini pokazatelj/s relevantnom znanstvenom/stručnom metodologijom.

E. Geomorfološki podaci

Potrebno je na temelju detaljnih topografskih podloga izraditi digitalni model terena, s horizontalnom prostornom razlučivošću od 10 x 10 m (ili finijom), te vertikalnom prostornom razlučivošću (ekvidistancom) od 10 cm (ili finijom). Na temelju tog digitalnog modela terena potrebno je metodama raster-GIS modeliranja izraditi prostorne razdiobe geomorfometrijskih parametara (relativna visina u odnosu na referentno vodno lice u vodotoku, udaljenost do vodotoka, akumulacija površinskim tečenjem u lokalnim sabirnicama, dubina u lokalnim depresijama, itd.) koji opisuju utjecaj mikroreljefa na režim dopuskog vlaženja (dubina do podzemne vode, stagnacija vode nakon povlačenja poplava, itd.).

Dobivene rezultate treba koristiti za planiranje terenskog biološkog uzorkovanja (stratificiranje i optimizacija uzorka), kao i za kasnije povezivanje geomorfoloških utjecaja (metodama multivarijatne statistike i ekološkog modeliranja) s ostalim nezavisnim (hidrološki, hidropedološki i klimatski pokazatelji) i zavisnim varijablama (prostorne razdiobe vegetacijskih tipova, bioindikatorskih vrsta, stanja krošanja u edifikatorskom sloju drveća, vitalnosti i produktivnosti hrasta lužnjaka), s konačnim ciljem procjene aktualnog stanja i perspektive šumskog ekosustava, te potrebe za njegovom revitalizacijom.

F. Biološki podaci

Temeljem projektnog zadatka treba analizirati postojeće podatke šumskih zajednica na istraživanom području i izvršiti dodatna terenska istraživanja da bi se dobila karta prostorne raspodjele svih vegetacijskih tipova na području Motovunske šume (mjerilo 1:10000 ili krupnijem), te ocijenilo fiziološko i ekološko stanje vegetacijskih zajednica s trendovima (procjena zdravstvenog stanja) i definiralo stanje degradiranosti veg. tipova. Povezano s time, potrebno je izvršiti detaljni uvid u aktualni florni sastav pojedinih vegetacijskih tipova, posebno s obzirom na prostorne razdiobe bioindikatorskih vrsta (onih karakterističnih za dopunski vlažena staništa, kao i onih karakterističnih za klimazonalna staništa bez dopuskog vlaženja).

Prostorno-vremensku dinamiku vitalnosti i produktivnosti krošanja edifikatorskih vrsta drveća potrebno je izvesti iz vremenske serije satelitskih snimaka (tijekom najmanje jednog desetljeća). Na temelju dobivenih rezultata potrebno je procijeniti aktualno zdravstveno stanje krošanja, trendove promjena tog stanja tijekom zadnjeg desetljeća, te izvesti projekcije za budućnost (u scenariju bez revitalizacije).

Fiziološko stanje (stupanj vitalnosti i produktivnosti) hrasta lužnjaka, kao glavnog edifikatora nizinskog ekosustava Motovunske šume potrebno je procijeniti na temelju dendrokronoloških nizova (širina goda mjerena na izvrcima), iz tih podataka rekonstruirati vremenski trend promjena i izvesti projekcije za budućnost (u scenariju bez revitalizacije).

S obzirom na postojanje detaljne baze podataka sakupljene za potrebe izrade nacionalne ekološke mreže i prijedloga N2000 mreže, zaštićene i ugrožene vrste iz Motovunske šume i

rijeke Mirne za koje su izrađeni ciljevi očuvanja se neće dodatno istraživati. Prema sadržaju studije treba se analizirati trenutno stanje iz postojećih istraživanja te, uz konzultaciju s relevantnim stručnjacima, definirati potrebni životni uvjeti i povezanost sa staništem (ekološke potrebe, prehrana, uvjeti razmnožavanja, povezanost s ostalim vrstama).

Treba analizirati postojeća istraživanja bijelog tartufa. S obzirom da za bijeli tartuf nisu rađena opsežnija istraživanja, bit će potrebno obaviti dodatna istraživanja na temelju anketiranja sakupljača tartufa. Također je izuzetno važno definirati potrebne životne uvjete i povezanost sa staništem (ekološke potrebe – optimalni i ekstremni uvjeti, prehrana, uvjeti razmnožavanja, povezanost s ostalim vrstama).

Pokazatelji i učestalost uzorkovanja

Sva terenska uzorkovanja navedena u ovom poglavlju potrebno je izvesti jednokratno tijekom trajanja projekta. Kod istraživanja gustoće populacija indikatorskih vrsta biljaka treba prije uzorkovanja na temelju literaturnih podataka procijeniti koje je vrijeme izlaska na teren tijekom vegetacijske sezone optimalno (sa stajališta maksimizacije interpretabilnosti rezultata).

Terensko uzorkovanje i obrada podataka

Kartiranje vegetacijskih tipova potrebno je napraviti standardnom metodologijom kartiranja vegetacije staništa (laboratorijska obrada aerofotosnimaka i satelitskih snimaka visoke prostorne razlučivosti, intenzivno terensko uzorkovanje podržano GPS tehnologijom), itd.), u mjerilu 1:10.000 (ili krupnijem) uz minimalnu površinu kartiranja od 0,5 ha (ili manju).

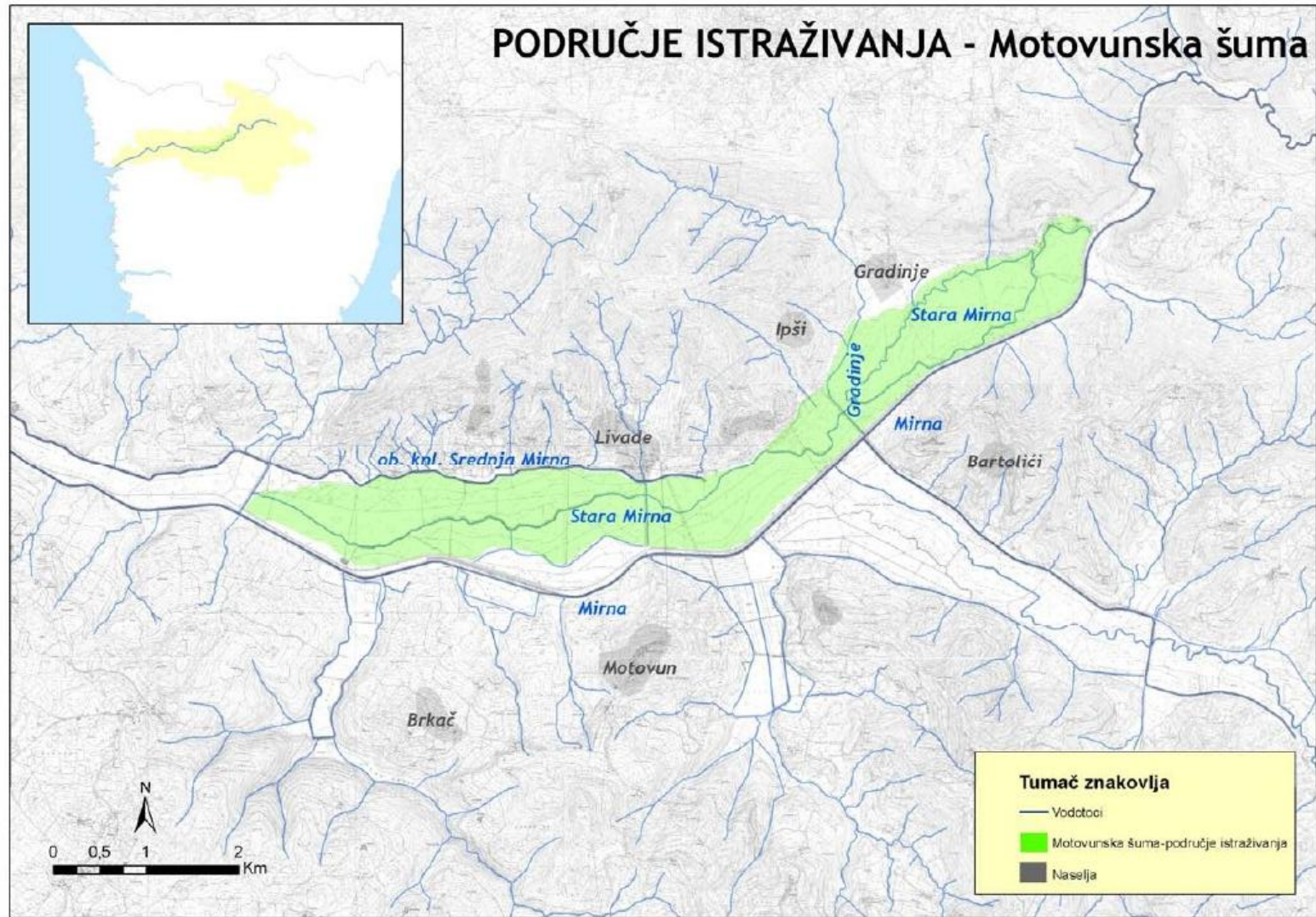
Terensko istraživanje prostornih razdioba bioindikatorskih vrsta biljaka potrebno je provesti na najmanje 100 lokacija raspoređenih duž gradijenta dopunskog vlaženja. Na svakoj lokaciji potrebno je procijeniti gustoću populacije (pokrovnost) svake vrste biljaka koja je jaki indikator bilo ekoloških uvjeta dopunski vlaženog staništa, bilo ekoloških uvjeta tipičnog klimazonalnog staništa. Lokacije istraživanja i intenzitet istraživanja će se utvrditi naknadno (u zavisnosti od rekonstrukcije parametara mikroreljefa).

Dendrokronološko uzorkovanje i dendroekološku obradu treba provesti standardnim metodama (bušenje dugih izvrtaka, konzerviranje, brušenje, skeniranje, digitalna izmjera godova pri adekvatnom povećanju) na minimalno 20 primjernih (s obzirom na položaj u sastojini i starost) stabala hrasta lužnjaka raspoređenih duž gradijenta dopunskog vlaženja (s dužinom izvrtaka koja će na barem 50% uzorkovanih stabala zahvatiti i godove nastale prije regulacije toka Mirne). Lokacije istraživanja i intenzitet istraživanja će se utvrditi naknadno (u zavisnosti od rekonstrukcije parametara mikroreljefa).

Obradu podataka treba provesti prikladnim metodama multivarijatne statistike i ekološkog modeliranja, uz prikaz dobivenih rezultata u okviru geografskog informacijskog sustava.

PODLOGE I RASPOLOŽIVA DOKUMENTACIJA:

POSTOJEĆE PODLOGE	TK 1 :25 000, HOK 1 :5 000, DOF 1 :5 000,
	Geodetski snimak starog korita Mirne (2006.)
	Hidrološki podaci s postaja u slivu rijeke Mirne
	Podaci o korištenju voda u slivu Mirne
	Podaci o kakvoći voda s postaja u slivu rijeke Mirne
	Registar onečišćivača Hrvatskih voda
	Katastar vodnih građevina na vodotocima u slivu Mirne
DOKUMENTACIJA (daje se na uvid)	Plan upravljanja slivom rijeke Mirne (lipanj 2009, Hrvatske vode)
	Norma EN 15483:2010 (<i>Water quality — Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology</i>)
	Norma EN 14614:2004 (<i>Water quality — Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers</i>)
	Studija <i>Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (ODV) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije</i>
	Studija <i>Ekološki prihvatljiv protok Mirne</i> (Oikon d.o.o., studeni 2012.)
	Rezultati projekta <i>Razvoj kapaciteta za hidromorfološki monitoring i mjere u Hrvatskoj</i> (planirano dovršenje je u ožujku 2013. godine)
	Idejno rješenje <i>Revitalizacija područja srednje Mirne uz korito "Stare Mirne" - hidrotehnička rješenja</i> (Hrvatske vode,1999.)





U svibnju 2014. godine su između Naručitelja (Hrvatskih voda) i Izvođača (Oikon d.o.o.) ugovorene sljedeće dodatne usluge:

OPIS USLUGE
UTJECAJ KAKVOĆE ZRAKA NA STABILNOST ŠUMSKOG EKOSUSTAVA U PODRUČJU MOTOVUNSKE ŠUME
a) Analiza literaturnih podataka o upotrebi lišajeva kao bioindikatora u mediteranskim poplavnim šumama i za područje Istre
b) Analiza kvalitete zraka na temelju dostupnih podataka na području sliva Mirne
c) Prikupljanje uzoraka lišajeva prema dizajnu uzorkovanja za područje Motovunske šume
d) Determinacija uzoraka lišajeva
e) Analiza lihenoflore i procjena osjetljivosti šumskog ekosustava na zračno zagađenje

2 UVOD

U okviru izrade pilot projekta Plan upravljanja slivom rijeke Mirne iz 2009. godine, prepoznat je problem degradiranosti Motovunske šume, a revitalizacija starog toka Mirne predložena kao jedna od prioritetnih mjera. Nakon izrade Plana upravljanja slivom rijeke Mirne, 2011. godine započelo je provođenje međunarodno nizozemsko-hrvatskog projekta Razvoj kapaciteta za hidromorfološki monitoring i mjere u Hrvatskoj (MEANDER). Kao jedna od glavnih komponenti projekta je bila razrada pristupa za definiranje mjera za hidromorfološku revitalizaciju vodotoka, koji podupire ciljeve Okvirne direktive o vodama, Nature 2000 i ključne elemente Direktive o upravljanju rizicima od poplava (3. komponenta). U sklopu projekta MEANDER napravljen je i nacionalni Vodič za projekte revitalizacije vodotoka. Na temelju upravljanja slivom rijeke Mirne i rezultata projekta MEANDAR proizišao je projektni zadatak za ovaj projekt Plan restauracije starog korita Mirne - Biološko -ekološka istraživanja i podloge.

Motovunska šuma poljskoga jasena i hrasta lužnjaka s visećim šašem (*As. Carici pendulae-Fraxinetum angustifoliae* Pedrotti 1970) poznata je reliktna šuma u dolini Mirne u Istri i predstavlja posljednji ostatak autohtonih nizinskih poplavnih šuma zvanih "longoze" u riječnim dolinama ovog dijela mediterana i pontskog primorja. Prema odluci o prenamjeni Motovunske šume u poljodjelske površine iz 1967. god. od 1274 ha, koliko je Motovunska šuma tada zauzimala, očuvan je trebao ostati samo dio šume od 281 ha u blizini Istarskih toplica koji je 1963 godine proglašen specijalnim rezervatom šumske vegetacije i stavljen pod upravu državne institucije za zaštitu prirode. Naposljetku je samo manji dio šume iskrčen za potrebe poljoprivredne proizvodnje, dio je zauzela akumulacija Butoniga, dok je dio iskrčen za potrebe izgradnje ceste i izvođenja vodoprivrednog zahvata. Danas šire područje Motovunske šume zauzima 1100 ha kojima u sklopu gospodarske jedinice Mirna upravlja Uprava šuma Buzet, Šumarija Buzet, a Posebnim rezervatom šumske vegetacije Motovunska šuma upravlja Javna ustanova Natura Histrica. Općekorisne funkcije Motovunske šume su mnogostruke, od ekoloških (povećanje bioraznolikosti područja, ublažavanje klime, pročišćavanje vode, pročišćavanje zraka), ekonomskih (proizvodnja drveta i tartufa kao vrlo vrijednog šumskog proizvoda), socijalnih (rekreativna i turistička te edukativna i znanstvena vrijednost) do zaštitnih (retencijska sposobnost u obrani od poplava, zaštita od vjetrova, zaštita od prometne buke).

U proteklih 60 godina Motovunska šuma je ugrožena sadnjom američkih topola, krčenjem šume i isušivanjem za poljoprivredne potrebe, a najvećim dijelom zbog promjene vodnog režima u dolini rijeke Mirne (izgradnja novog korita rijeke Mirne, izgradnja cesta u dolini i izgradnja akumulacije Butoniga).

Prema dosadašnjim spoznajama o stanju Motovunske šume, kao i projektnim zadatkom, je pretpostavljeno da se preusmjerenjem voda rijeke Mirne u novo korito prekinula povezanost vodotoka i poplavne nizine, te da je uslijed toga došlo do pada razina podzemnih voda koju hrastovo korijenje ne može dohvatiti. Nasuprot tome, zbog odvajanja dijelova šume izgradnjom lokalnih cesta bez propusta za vodu, površinske poplave su postale česte i dugotrajnije, jer voda nije mogla otjecati u novo korito Mirne. Hrast lužnjak kao glavni edifikator tog nizinskog šumskog ekosustava je istovremeno najugroženija vrsta, jer je najosjetljiviji na novonastale promjene ekoloških uvjeta u staništu, s jedne strane na manjak



dopunskog vlaženja zbog izostanka poplava i snižavanja razine podzemne vode, a s druge strane na uvjete prevlaživanja i stagnacije vode tijekom vegetacijske sezone što onemogućuje disanje korijenja (anaerobiozis).

U Europi je više od 90% područja izvorno pokrivenog poplavnim šumama nestalo, a ostaci nekadašnjih velikih šumskih područja su prepoznati kao stanišni tipovi važni za EU čije očuvanje zahtijeva određivanje posebnih područja zaštite kako je navedeno u Dodatku I, Direktive o staništima. Zbog prije navedenog vrlo je važno uložiti napore u održavanje i poboljšavanje stanja ovakvih ekosustava. U skladu s tim Motovunska šuma je sastavni dio ekološke mreže Natura 2000 područja u Hrvatskoj. Integrirano vodnogospodarsko upravljanje na razini sliva, preporučeno Okvirnom direktivom o vodama (ODV), također podržava poboljšanje i očuvanje stanja poplavnih šuma u okviru obvezne zaštite i poboljšanja stanja takvih ekosustava prema članku 1. Okvirne direktive o vodama.

2.1 Cilj projekta

Važnost revitalizacije vodenih ekosustava u mnogim svjetskim zemljama je velika zbog porasta svjesnosti o sve većoj degradiranosti vodnog okoliša. U Europi je ODV svojim zahtjevima za postizanjem dobrog ekološkog stanja za sva vodna tijela značajno potaknula razvijanje koncepta i primjenu postupaka revitalizacije vodotoka. Osim toga, svojim izuzetno edukativnim karakterom ODV doprinosi povećanju svjesnosti o važnosti očuvanja okoliša u vodnogospodarskom upravljanju. Dobro stanje voda, koje je propisano ODV, obuhvaća kemijske, biološke i hidromorfološke elemente kakvoće. Kako su vodotoci dinamički okoliš koji se neprestano mijenja zbog varijacija protoka i pronosa nanosa, posljedične fizičke strukture riječnog korita, obala i obalnih pojaseva (hidromorfološki elementi kakvoće), kao važni granični uvjeti vodenih ekosustava, predstavljaju glavni preduvjet za opstanak biotičkih zajednica u potocima i rijekama.

Dosadašnja istraživanja na užem i širem području Motovunske šume nisu rezultirala dovoljno detaljnim podacima (o stanju šumske zajednice te njenoj povezanosti i ovisnosti o vodnom režimu) koji bi mogli poslužiti za izradu prijedloga revitalizacije starog toka Mirne. Stoga je bilo potrebno provesti dodatna usmjerena biološko-ekološka istraživanja čiji će rezultati osigurati uvid u aktualno stanje tog nizinskog šumskog ekosustava i procijeniti potrebu njegove revitalizacije.

Za potrebe izrade budućeg Plana revitalizacije definirani su sljedeći ciljevi ovog projekta:

1. Utvrditi stvarno stanje Motovunske šume, uključujući procjenu stanja bioindikatorskih i zaštićenih populacija, procjenu ekološke stabilnosti s obzirom na potrebe za dopunskim vlaženjem (posebno u svjetlu klimatskih promjena) te projekciju očekivanih promjena u šumskom ekosustavu bez zahvata revitalizacije (scenarij „ne činiti ništa“).
2. Definirati optimalne i (još) prihvatljive ekološke uvjete koji bi stabilizirali ekosustav Motovunske šume i biološke populacije koje on podržava (ne ometajući ekonomsku i zaštitnu ulogu šume) te procijeniti potrebu za postizanjem takvog (optimalnog ili barem „još prihvatljivog“) stabilnog stanja putem zahvata revitalizacije vodnog režima.

Za utvrđivanje stanja cjelokupnog ekosustava Motovunske šume provedena su terenska istraživanja koja opisuju stanišne uvjete:

- a) vodenih staništa na 6 lokacija (za hidromorfologiju)
 1. ekološka/biološka kakvoća vode na 6 postaja
 2. fizikalno - kemijska svojstva površinske vode na 6 postaja
 3. hidromorfologija
 4. analiza sedimenta u vodotocima
- b) šumskih staništa
 5. prostorna raspodjela vegetacijskih tipova i stanje bioindikatorskih populacija
 6. detekcija vremenskih trendova (dendrokronoloških nizova) indikatora stanja edifikatorskih vrsta drveća s težištem na hrastu lužnjaku (*Quercus robur* L.), uključujući parametre rasta, kao i parametre vitalnosti krošanja
 7. istraživanje količine i kakvoće dostupne podzemne vode
 8. prostorno-vremenska dinamiku vitalnosti i produktivnosti krošanja edifikatorskih vrsta drveća izvedenu iz vremenske serije satelitskih snimaka

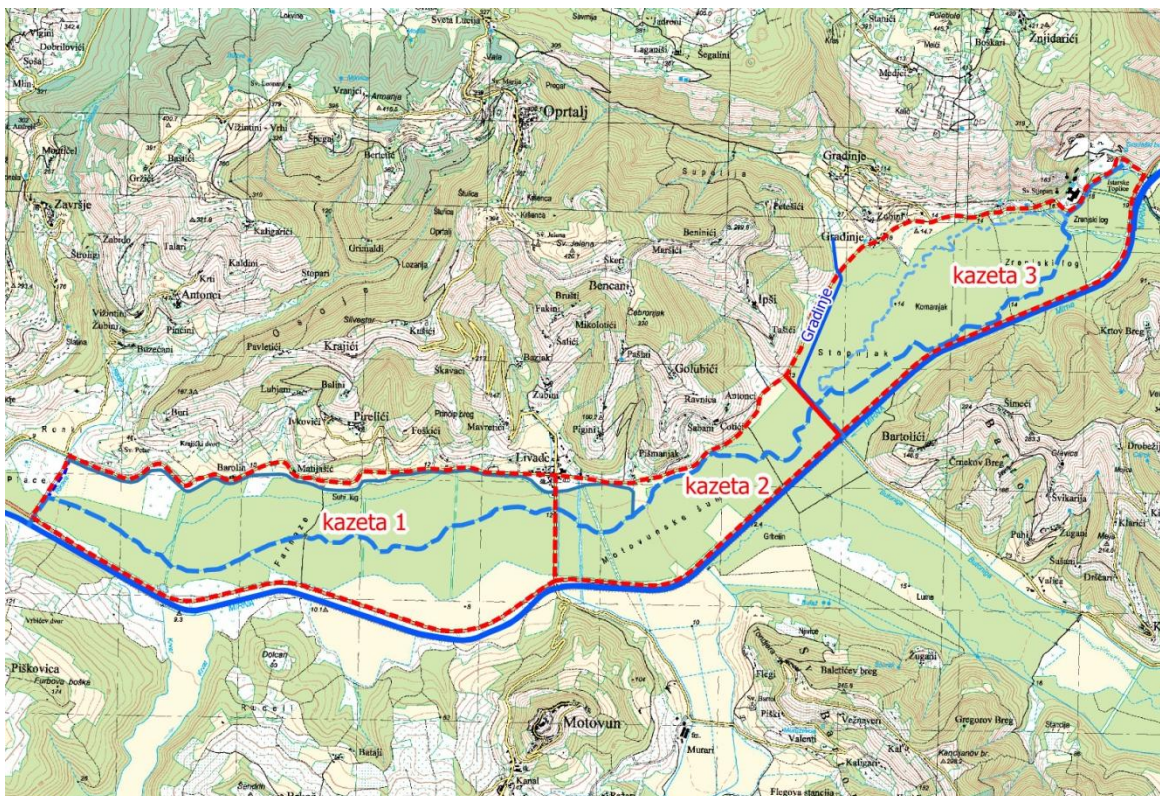
9. definiranje pedomorfoloških značajki tla

10. procjena utjecaja kvalitete zraka na stabilnost šumskog ekosustava metodom lichenoidikacije

K tome, u sklopu projekta analizirana je rasprostranjenost ugroženih i potencijalno ugroženih vrsta koje nastanjuju šire područje Motovunske šume, sa naglaskom na one vrste za koje je ekosustav Motovunske šume ključno stanište.

U sklopu ove studije napravljena je analiza optimalnih i još prihvatljivih ekoloških uvjeta za živi svijet (floru, faunu i gljive) specifičnog za poplavne šume hrasta lužnjaka i rijeku Mirnu s procjenom potrebe za zahvatom revitalizacije kao preduvjetom postizanja optimalnih ekoloških uvjeta.

Preusmjerenjem voda rijeke Mirne u novo korito prekida se povezanost vodotoka i poplavne nizine, na čiju smanjenu povezanost sa novim koritom dodatno utječe i izgradnja ceste Buzet-Pontonski most. U sklopu zahvata regulacije je napušteni stari tok Mirne dodatno pregrađen i zaustavljen na mjestima poprečnih cesta (cesta Gradinje-Senj, cesta Livade-Motovun i cesta uz Mlinski potok), koje su stvorile barijeru za površinsko otjecanje vode. Ovim zahvatima su na području Motovunske šume stvorene tzv. kazete kao zatvorene cjeline u kojima je poremećen sustav odvodnje površinske i podzemne vode te je zato prostorna razdioba istraživanja temeljena na ovoj podjeli (Slika 1.).



Slika 1. Područje Motovunske šume podijeljeno na kazete



2.2 Zaštićena područja prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13)

U sklopu Motovunske šume se nalaze dva zaštićena područja prirode:

1. Poseban rezervat šumske vegetacije Motovunska šuma
2. Značajni krajobraz Istarske toplice

Posebni rezervat šumske vegetacije Motovunska šuma¹

Godina proglašenja: 1963.²

Površina: 276,12 ha (prema Upisniku zaštićenih područja)

Akt o proglašenju: Rješenje Zavoda za zaštitu prirode, br. 265/1-1963., MH/MZ; 75/3-1964, MH/MZ

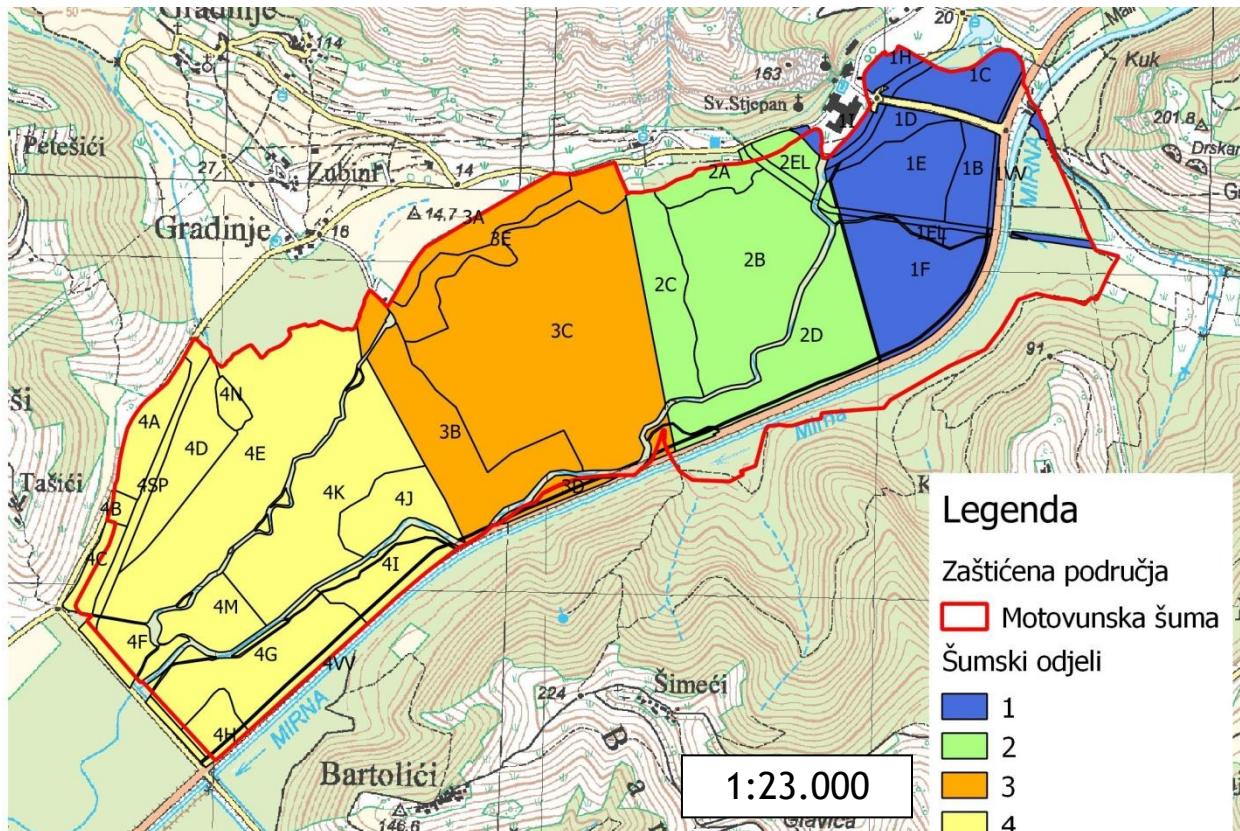
Motovunska šuma predstavlja posljednji ostatak autohtonih nizinskih poplavnih šuma zvanih „longoze“ u riječnim dolinama mediteranskog i pontskog primorja te je vrijedan prirodno-znanstveni, gospodarski i kulturno-povijesni i turističko-rekreativni lokalitet. Radi se o paraklimatskoj fitocenozi hrasta lužnjaka u zoni klimatskog vegetacijskog područja hrasta medunca (*Quercus pubescens* Willd.) i bijelog graba (*Carpinus orientalis* Mill.).

Druge dvije preostale „longoze“ su šuma Komčija u bugarskom crnomorskom primorju te ostaci šume skadarskog hrasta lužnjaka. Ovih je šuma nekoć bilo više u području Mediterana: u dolinama Neretve, Poa, Rhone i sl. no uglavnom su krčene i pretvorene u poljoprivredne površine. Sama Motovunska šuma se u doba Mletačke Republike prostirala na površini od 1.738 ha, 1971. godine zauzimala je površinu od 1.274 ha, a danas zauzima oko 1100 ha (od čega je danas zaštićeno otprilike 276 ha). Istočni dio Motovunske šume, koji je ujedno imao i najstarija i najočuvanija šumska staništa, je proglašen Posebnim rezervatom šumske vegetacije Motovunska šuma.

Područjem Posebnog rezervata šumske vegetacije gospodare Hrvatske šume te je rezervat obuhvaća 4 šumska odjela koji su podijeljeni u 39 odsjeka, od kojih je 27 odsjeka sa šumskom vegetacijom.

¹ Posebni rezervat je područje kopna i/ili mora od osobitog značenja radi svoje jedinstvenosti, rijetkosti ili reprezentativnosti ili je stanište ugrožene divlje svojte. U njemu nisu dopuštene radnje i djelatnosti koje mogu narušiti svojstva zbog kojih je proglašen, a dopušteni su zahvati, radnje i djelatnosti kojima se održavaju ili poboljšavaju uvjeti važni za očuvanje svojstava zbog kojih je proglašen rezervatom (Zakon o zaštiti prirode NN 80/13).

² 1963. je doneseno 1. Rješenje, a 1964. je rješenje "ispravljeno"



Slika 2. Šumarski odjeli i odsjeci na području Posebnog rezervata šumske vegetacije Motovunska šuma

Mjere zaštite (prema Rješenju):

U odjelima 1, 2 (osim odsjeka 2a), 3 i 4 (osim odsjecima 4a i 4b) Motovunske šume konverzija postojećih hrastovih šuma ne smije se vršiti, a dozvoljava se samo stablimično gospodarenje i sanitarne sječe prema gospodarstvenoj osnovi uz prethodnu suglasnost Zavoda za zaštitu prirode.

Odsjek 4f kao ogledni treba zadržati u strogo prirodnom obliku te se u njemu ne smije vršiti nikakva sječa.

U spomenutim odjelima Motovunske šume - uz naznačene iznimke - zabranjen je bilo kakav zahvat bez prethode dozvole Zavoda osim sakupljanje tartufa na uobičajeni način.

U odsjecima 2a i 4a može se vršiti šumsko gospodarenje prema gospodarstvenoj osnovi s time, da se nakon sječe kanadske topole izvrši konverzija iste u visoku hrastovu šumu, a u odsjeku 4b močvarni taksodij (*Taxodium distichum*) se može i dalje uzgajati i njegovati iz eksperimentalnih razloga.

Značajni krajobraz Istarske toplice³

Godina proglašenja: 1962.

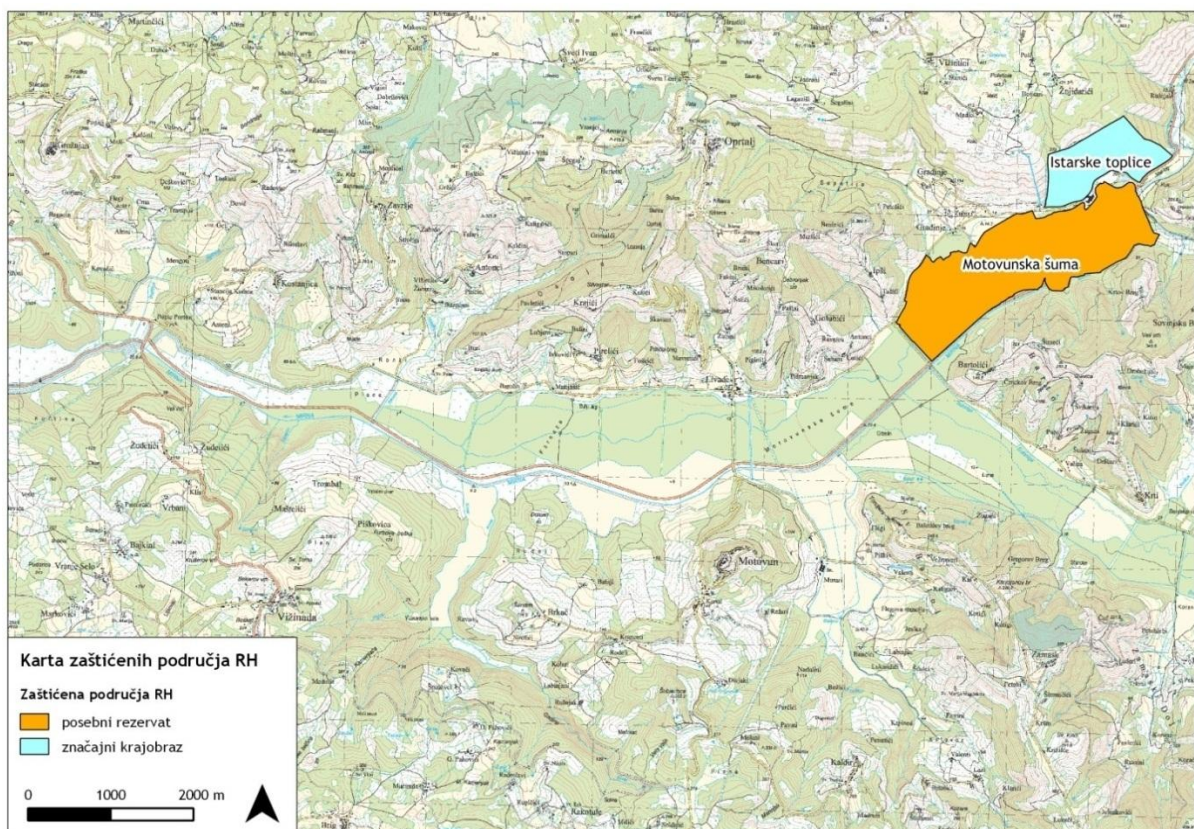
Površina: 83,41 ha

Akt o proglašenju: Rješenje Republičkog Zavoda za zaštitu prirode Zagreb, Rješenje 210/1-1962

Sjeverno od Istarskih toplica uzdižu se slikovite litice sa termofilnim sastojinama lovora (*Laurus nobilis* L.) i vegetacijom hrasta medunca (*Quercus pubescens* Willd.) i graba (*Carpinus orientalis* Mill.). Izvorni dio rijeke Mirne oko Buzeta je u flišu, a nastavlja dubokim vapnenastim kanjonom do Istarskih toplica gdje tvori slikovite litice. Litice su stanište regionalno značajnih biljnih vrsta. Ovo područje obiluje mineralnim izvorima te se na temelju toga razvio i zdravstveni turizam u Istarskim toplicama.

Mjere zaštite (prema Rješenju):

Na ovom objektu ne smiju se vršiti sječe niti bilo koji zahvati koji bi mogli utjecati na promjenu prirodnog izgleda i ljepotu predjela bez prethodne dozvole Zavoda za zaštitu prirode.



Slika 3. Karta zaštićenih područja RH (MJ 1:50.000) (autor: Oikon d.o.o., izvor: Državni zavod za zaštitu prirode, 25.11.2013.)

³ Značajni krajobraz je prirodni ili kultivirani predjel velike krajobrazne vrijednosti i biološke raznolikosti ili kulturno-povijesne vrijednosti ili krajobraz očuvanih jedinstvenih obilježja karakterističnih za pojedino područje, namijenjen odmoru i rekreaciji ili osobito vrijedni krajobraz utvrđen sukladno ovome Zakonu. U značajnom krajobrazu nisu dopušteni zahvati i radnje koje narušavaju obilježja zbog kojih je proglašen (Zakon o zaštiti prirode NN 80/13).



3 OSNOVNE ZNAČAJKE PODRUČJA MOTOVUNSKJE ŠUME I KLJUČNI PROCESI KOJI DEFINIRAJU STANIŠTE

3.1 Klima

Klimatska obilježja nekog kraja određuju: zemljopisna širina, nadmorska visina, blizina mora, hladne ili tople morske struje, kao i niz drugih čimbenika lokalnog karaktera, poput topografije, blizine rijeka, jezera, biljnog pokrova, i slično.

Područje sliva rijeke Mirne zbog svog prostornog položaja ima uglavnom značajke mediteranskog tipa klime s umjerenim zimama i toplim ljetima. Osim zemljopisnim položajem, klima ovog prostora uvjetovana je i reljefom, nadmorskom visinom te globalnim položajem, a u ovom slučaju i blazinom susjednih planinskih područja (Alpa i Dinarida). Na klimu znatan utjecaj ima i okolnost da se ovaj prostor nalazi na pravcu kojim zimi često prodiru ciklone iz mediteranskog u panonsko područje. Rasporedom količina oborina (odnos ljeta-zima) na ovom prostoru to se i potvrđuje. S obzirom na relativno malu površinu promatranog sliva primjetni su morski utjecaji na klimu ovog prostora, koji se protežu sve do rubnih planinskih dijelova prostora. Klimatske prilike određenog područja definirane su s više parametara koji su obrađeni u nastavku.

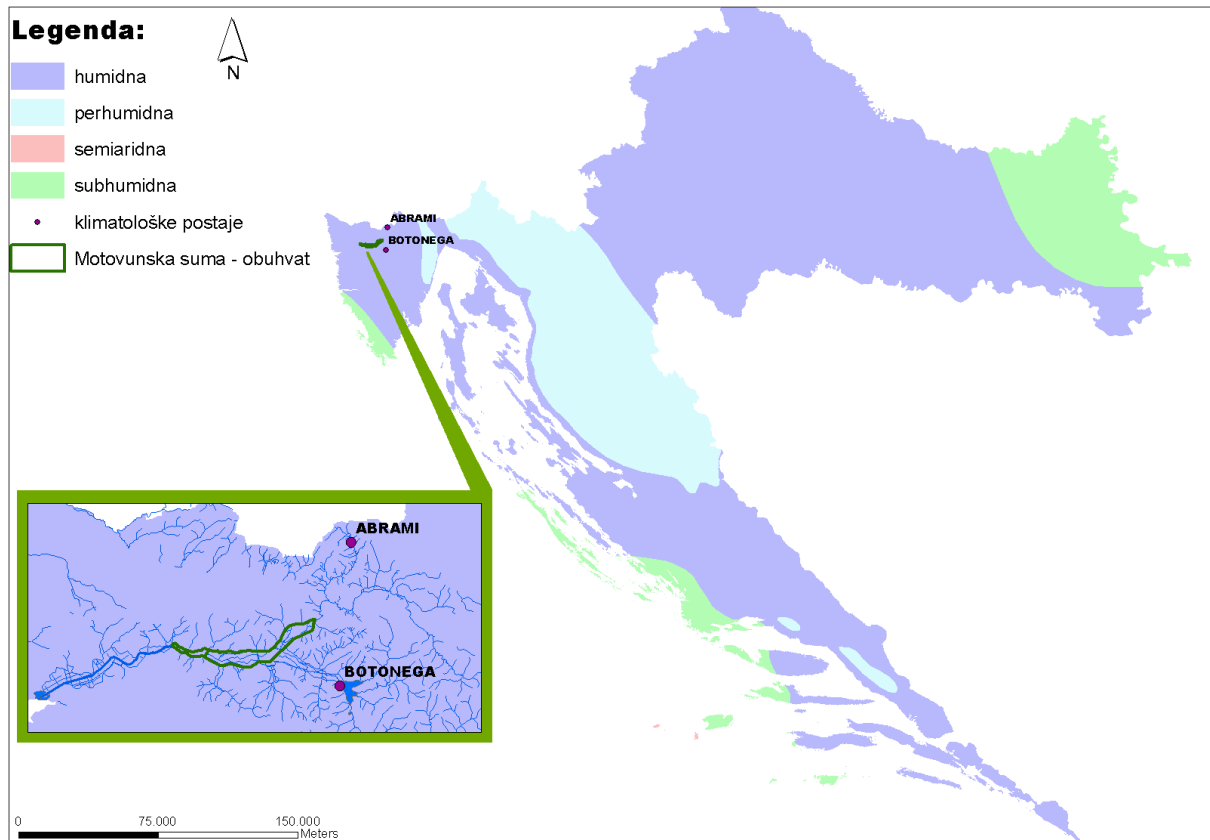
Za određivanje klimatskih obilježja promatranog područja korišteni su podaci sa dvije najbliže klimatološke postaje, Abrami i Botonega⁴ (Tablica 1.). Postaja Abrami se nalazi oko 12 km sjevernije od postaje Botonega koja je za razliku od iste smještena na 35 m manjoj nadmorskoj visini i za više od 1 km bliža Motovunskoj šumi. Budući da se Motovunska šuma nalazi u neposrednoj blizini klimatoloških postaja, no na nižoj nadmorskoj visini, može se pretpostaviti mala lokalna mikroklimatska varijabilnost. Analiza klimatskih obilježja Motovunske šume napravljena je usporedbom mjerenja na postaji Abrami i Botonega za razdoblje 1991. - 2013. godina.

Tablica 1. Karakteristike postaja (Državni Hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske)

POSTAJA	Abrami	Botonega
GEOGRAFSKA ŠIRINA	45° 26' N	45° 20' N
GEOGRAFSKA DULJINA	13° 56' E	13° 55' E
NADMORSKA VISINA	85 m	50 m
UDALJENOST OD MOTOVUNSKJE ŠUME	7 km	5,7 km
RAZDOBLJE ANALIZE	1963. - 2013.	1991. - 2013.
PROMATRANI METEOROLOŠKI PODACI	temperatura, oborina, relativna vlažnost, evapotranspiracija, isparavanje s vodene površine	temperatura, oborina, relativna vlažnost, evapotranspiracija, isparavanje s vodene površine

⁴ Kod akumulacije Butoniga nalaze se postaje sljedećih službenih naziva: klimatološka postaja Botonega te hidrološke postaje Šćulci - stepenica, *Bran* - Botonega i akumulacija Butoniga. Hidrološke postaje Šćulci - Botonega i Bran - Botonega nalaze se na početku vodotoka *Odvodno preljevni kanal Botonega*, dok isti kanal na Topograskoj karti 1:25000 se naziva *Butoniga*. U Studiji je naziv Butoniga korišten i za akumulaciju i za vodotok koji spaja akumulaciju i vodotok Mirne. Za lakše razumijevanje naglašavamo da se radi o istom području, ali je različito službeno nazivlje (Butoniga vs. Botonega).

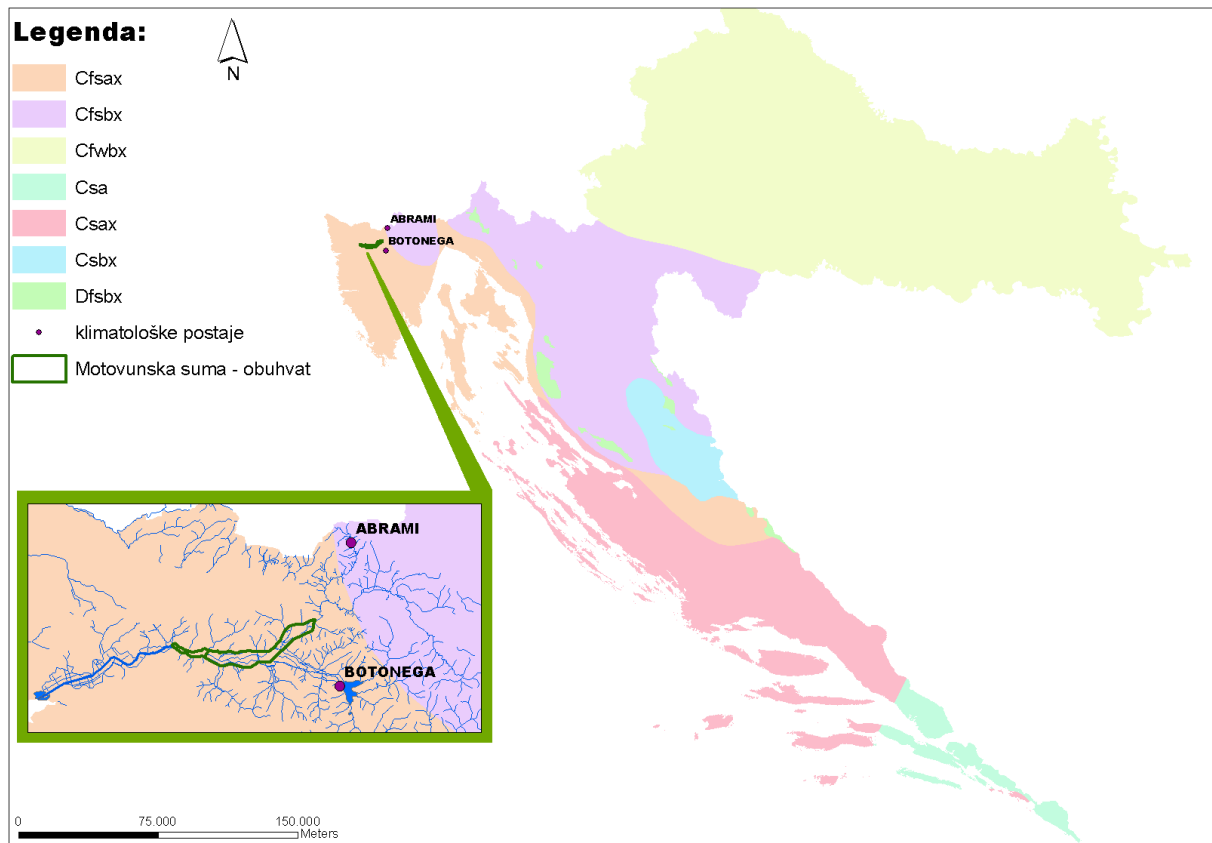
Slika 4. prikazuje prostornu razdiobu tipova klime u dijelu Republike Hrvatske prema Thornthwaitovoj klasifikaciji (Bertović, 1975) koja se temelji na odnosu količine vode potrebne za potencijalnu evapotranspiraciju i oborinske vode. Prema ovoj podjeli područje Motovunske šume pripada humidnom (vlažnom) tipu klime za koju je karakteristično da su količine oborina veće od isparavanja.



Slika 4. Prostorna razdioba tipova klime prema Thornthwait-u

Prema Köppenovoj klasifikaciji klime (Slika 5.), koja uvažava srednji godišnji hod temperature i razdiobu oborine, područja Motovunske šume i postaje Botonega pripadaju klimi s oznakom Cfsax koja predstavlja toplu i umjereno kišnu klimu obilježenu blagom zimom i suhim ljetom. Temperatura najhladnijeg mjeseca se kreće između -3°C i 18°C , dok su ljeta vruća s mjesečnom temperaturom najtoplijeg mjeseca iznad 22°C . Najsušniji dio godine pada u toplo godišnje doba dok je kišno razdoblje široko rascijepano u proljetni (od travnja do lipnja) i jesensko-zimski maksimum (od listopada do prosinca).

Područje postaje Abrami pripada klimi s oznakom Cfsbx a koja ima značajke promjenjivo tople i vlažne klime. Temperatura najhladnijeg mjeseca kreće se između -3°C i 18°C , dok su ljeta s mjesečnom temperaturom najtoplijeg mjeseca ispod 22°C . Oborina je jednoliko raspoređena kroz cijelu godinu, ali najsušniji dio pada u toplo godišnje doba. Prvi maksimum količine oborine je početkom toplog dijela godine, a drugi maksimum je u kasnoj jeseni, a koji je veći od prvoga.

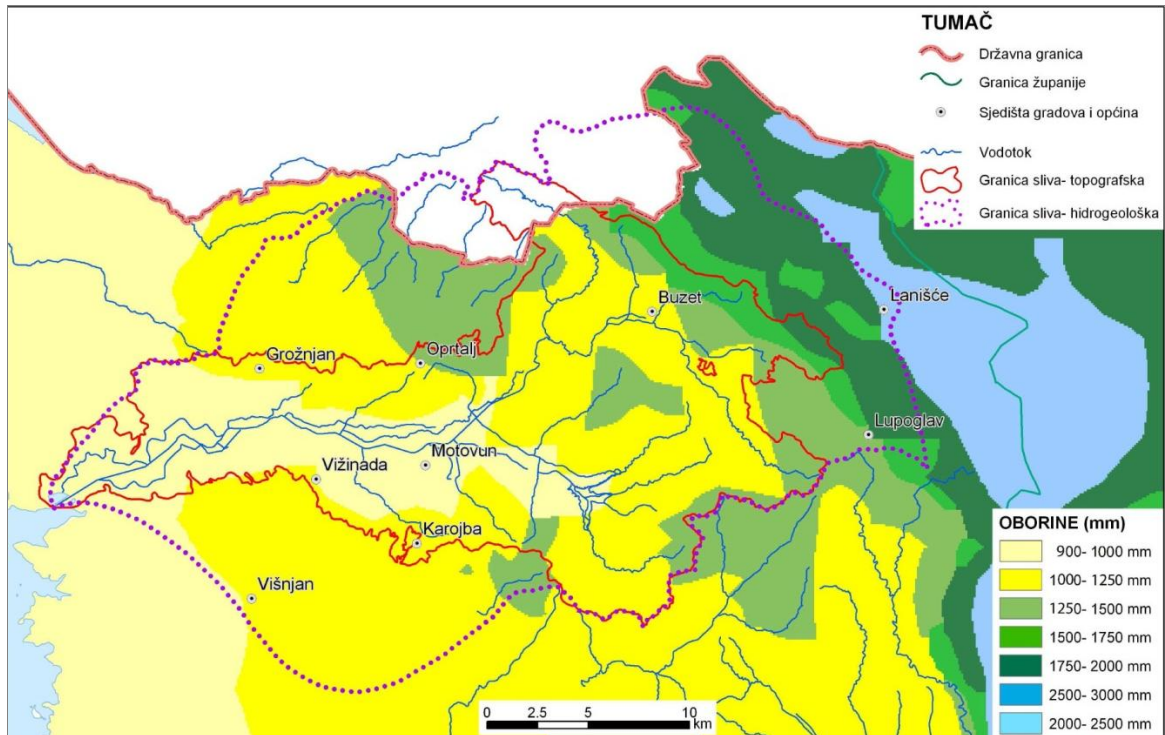


Slika 5. Prostorna razdioba tipova klime prema Köppen-u

3.1.1 Oborina

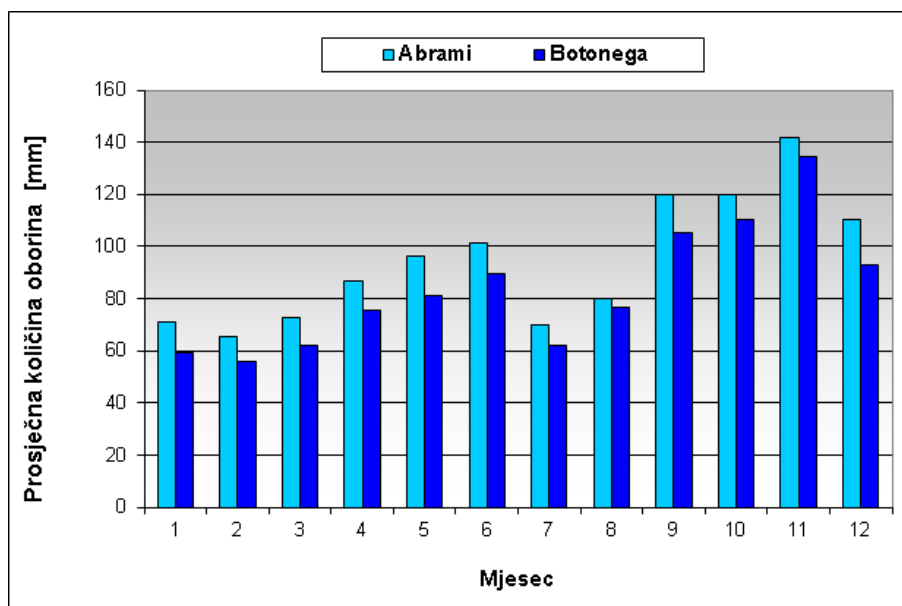
Oborina je klimatološki čimbenik koji značajno određuje mikroklimu nekog područja. Količina oborine ovisi o utjecaju nadmorske visine, blizine mora te reljefa područja i vrlo je promjenjiva u vremenu i prostoru.

Na režim oborina u slivu rijeke Mirne bitni utjecaj imaju planinski masivi Učke i Ćićarije koji se nalaze sjeveroistočno od rubnih dijelova sliva. Godišnje količine oborina se znatno smanjuju kako idemo od spomenutog sjeveroistočnog dijela, pa sve do znatno nižeg dijela područja ušća rijeke Mirne na jugozapadnom dijelu sliva, gdje se i javljaju najmanje količine oborina (Slika 6.).



Slika 6. Raspored srednjih godišnjih količina oborina u slivu rijeke Mirne za razdoblje 1961.-1990. (Hrvatske vode 2009.)

Iz podataka sa odabranih klimatoloških postaja (Slika 7.), može se uočiti da je veljača mjesec s najmanje oborine, a studeni mjesec s najviše oborine. Prosječna godišnja količina oborine na promatranom području kreće se od 1004 mm na području Botonega do 1135 mm na području Abrama.



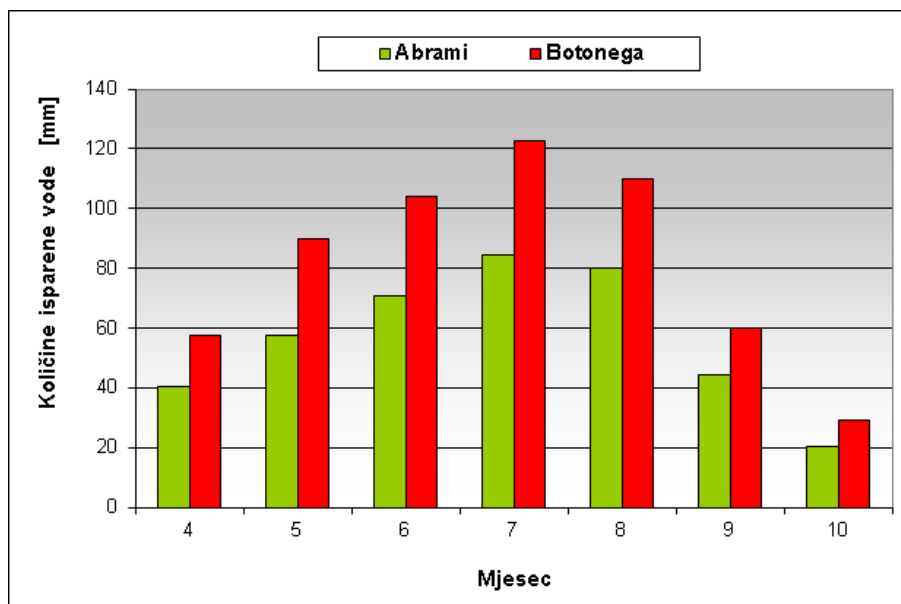
Slika 7. Razdioba srednje mjesečne količine oborine za odabrane kišomjerne postaje (1991. - 2013.)

Sekundarni maksimum oborine se javlja u mjesecu lipnju, ali su evidentirane količine oborine otprilike za oko 30 % manje od količine oborine registrirane u jesen.

Najčešći oblik oborine je kiša, dok se krute oborine rijetko javljaju u hladnom dijelu godine (snijeg) te nešto češće u toplom dijelu godine (tuča). Ljeti kiša najčešće pada u obliku pljuskova koji su isprekidani kraćim ili duljim razdobljima bez kiše. Dio godine s najviše oborine (mjesec studeni) odlikuje se dugotrajnijim oborinama koje nerijetko prate pljuskovi sa grmljavinom.

3.1.2 Isparavanje s vodene površine

Isparavanje je stalan odlazak vodene pare sa slobodne vodene površine, koji uvelike ovisi o deficitu vlage u zraku i temperaturi. Prema dostupnim dnevnim podacima mjerenja isparavanja s vodene površine, koja su izmjerena ispariteljem klase A, napravljena je mjesečna analiza gubitka vode. Na klimatološkim postajama Abrami i Botonega isparavanje se mjeri od mjeseca travnja do listopada. Dnevni podaci isparavanja s vodene površine su zbrojeni i korigirani koeficijentom redukcije isparitelja (0,7) kako bi ih mogli analizirati na mjesečnoj razini (Slika 8.).

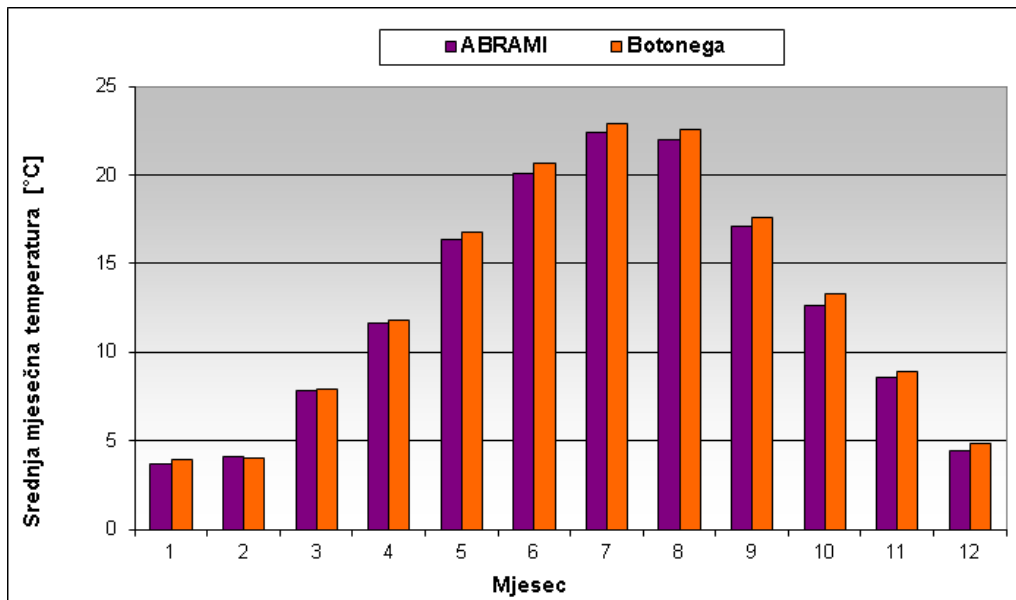


Slika 8. Prosječne mjesečne vrijednosti količine isparene vode (1991. - 2013.)

Kako se sposobnost zraka da primi vodenu paru povećava s povećanjem temperature, do najvećih gubitaka vode upravo dolazi u srpnju, dok su najmanji gubitci vode zabilježeni u mjesecu listopadu. Isti mjeseci se poklapaju sa sušnim odnosno sa vlažnim razdobljima unutar godine što upućuje na utjecaj gubitka vode na količinu vode, odnosno na protok vode u vodotoku. No, unutar mjerenih podataka protoka, ti gubitci vode putem isparavanja su već uračunati.

3.1.3 Temperatura zraka

Srednji mjesečni maksimum temperature je gotovo jednako raspodijeljen između srpnja i kolovoza dok se minimumi temperature očekivano javljaju u siječnju (Slika 9.).

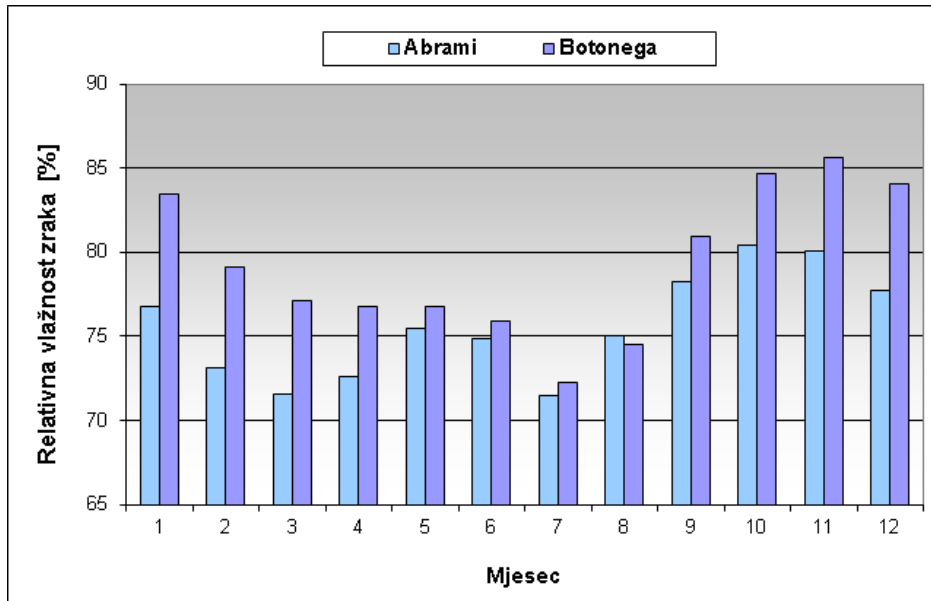


Slika 9. Razdioba srednje mjesečne temperature za promatrano područje (1991. - 2013.)

Srednja godišnja temperatura zraka za promatrano područje Botonege u prosjeku iznosi 13 °C, s tendencijom blagog opadanja temperature s povećanjem nadmorske visine prema Abramima, gdje iznosi 12,6 °C. Siječanj je prosječno najhladniji mjesec sa srednjom temperaturom oko 4 °C dok je srpanj prosječno najtopliji mjesec u godini sa srednjom temperaturom od 22 °C do 23 °C.

3.1.4 Relativna vlažnost zraka

Iz godišnjeg hoda srednje mjesečne relativne vlažnosti (Slika 10.) uočava se da se Motovunska šuma nalazi u izrazito vlažnom području. Za razdoblje od 1991. do 2013. godine srednja godišnja relativna vlažnost na području Botonege je 79 %, dok je na području Abrama nešto niža i iznosi 76 %. Razdoblje od listopada do siječnja je u prosjeku s najviše relativne vlage u zraku i kreće se od 83 do 86 % na području postaje Botonega dok se na području postaje Abrami kreće od 77 do 80 %.



Slika 10. Relativna vlažnost za promatrano područje (1991. - 2013.)

Budući da promatrano područje obiluje vodenim površinama, na području Motovunske šume se mjestimice mogu očekivati i veće količine vlage u zraku. Stoga u hladnom dijelu godine pojava velike koncentracije vlage u zraku može uzrokovati nastanak magle i sumaglice.

3.1.5 Evapotranspiracija

Evapotranspiracija (ET), tj. količina vode koja ispari s biljaka i s površine tla se računa iz potencijalne evapotranspiracije (PE) koja se definira kao količina vode koja bi mogla ispariti iz biljke ili s površine tla kad bi bilo dovoljno vlage na raspolaganju. Ista se može odrediti različitim empirijskim formulama, a izražava se u milimetrima [mm]. Izračun PE prema Eaglemanovoj (1967.) relaciji glasi:

$$PE = C \cdot e_{\max} \cdot (100 - u)^{1/2} \quad (2)$$

gdje je u srednja relativna vlažnost zraka izražena u postocima; [%], a $C = 0,63 + 0,024t$ je konstanta ovisna o srednjoj temperaturi zraka t ($^{\circ}\text{C}$) razdoblja za koje se vrši proračun, uz ograničenja koja ovise temperaturi zraka:

$$C = 0,6 \text{ za } t < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C = 1,13 \text{ za } t > 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Srednji maksimalni tlak vodene pare dan je relacijom:

$$e_{\max} = 6,1 e^{[(17,1 t) / (234,2 + t)]}$$

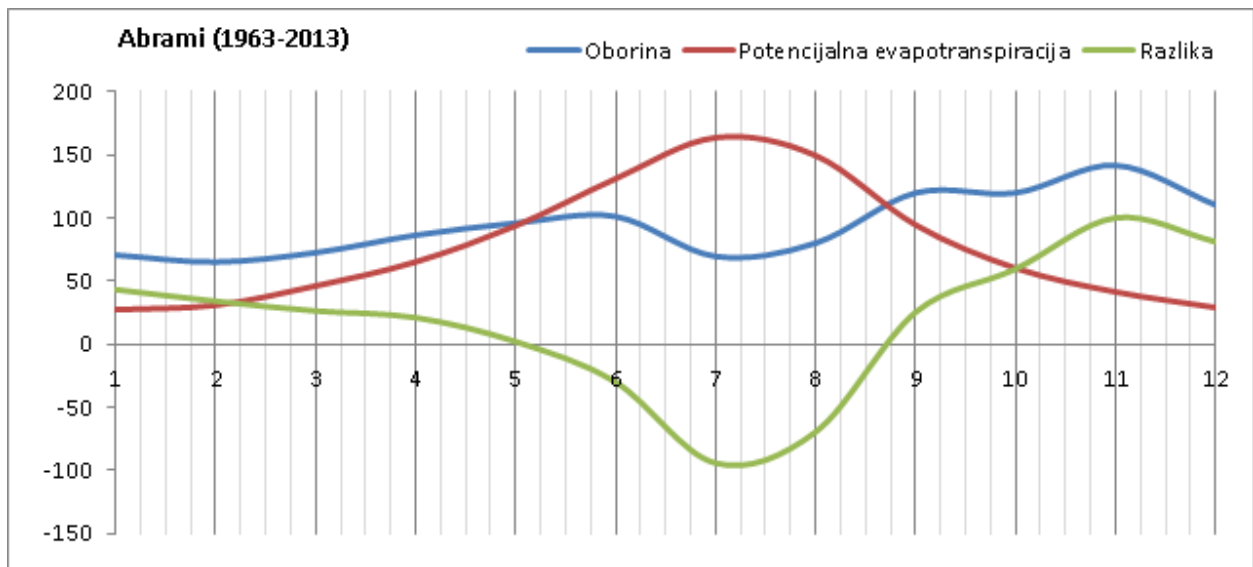
Stvarna evapotranspiracija (ET) može biti jednaka ili manja od potencijalne:

$$\text{za } P - PE > 0, \quad ET = PE$$

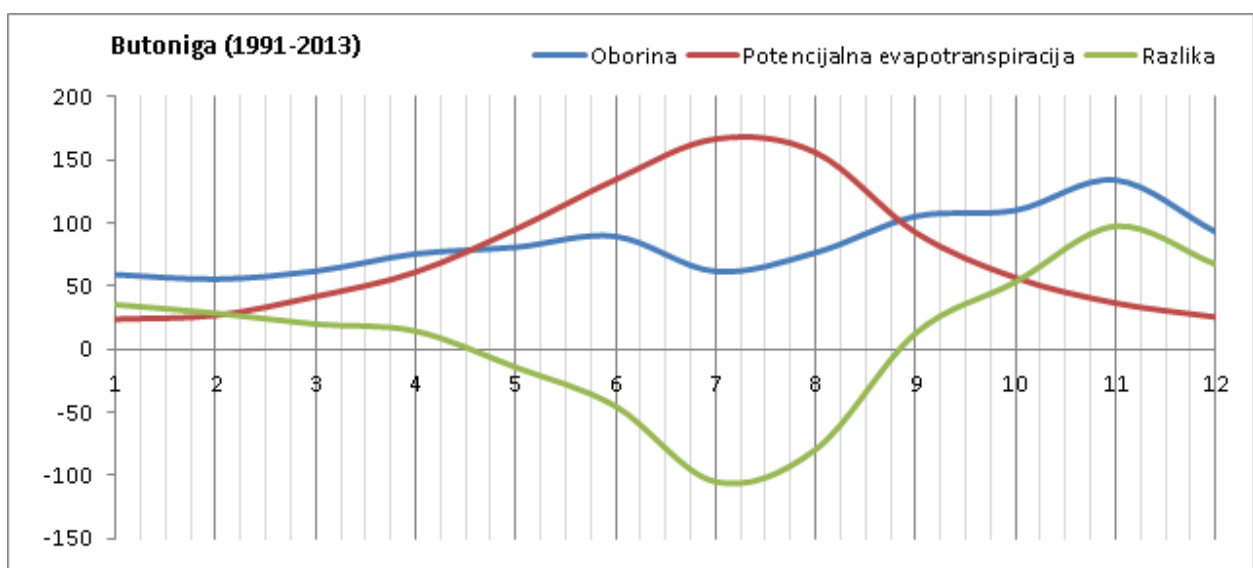
$$\text{za } P - PE < 0, \quad ET = P + L$$

gdje je P količina oborine, PT potencijalna evapotranspiracija (engl. potential evapotranspiration), ET stvarna evapotranspiracija (engl. evapotranspiration), a L gubitak vode iz tla (engl. loss).

Slika 11. i Slika 12. prikazuju prosječne mjesečne oborine i prosječne mjesečne potencijalne evapotranspiracije za promatrano razdoblje te njihovu razliku kao prikaz hipotetskoga vodnog deficita kojeg šumska vegetacija nadoknađuje iz podzemne vode. Razdoblje manjka vode gotovo je istovjetno za obje postaje s tim da razdoblje manjka vode na području postaje Botonega počinje 2 tjedna ranije i traje više od četiri mjeseca, od polovine travnja do zadnje četvrtine kolovoza. Na području postaje Abrami, razdoblje manjka vode traje više od tri i pol mjeseca, od početka mjeseca svibnja do zadnje četvrtine kolovoza.



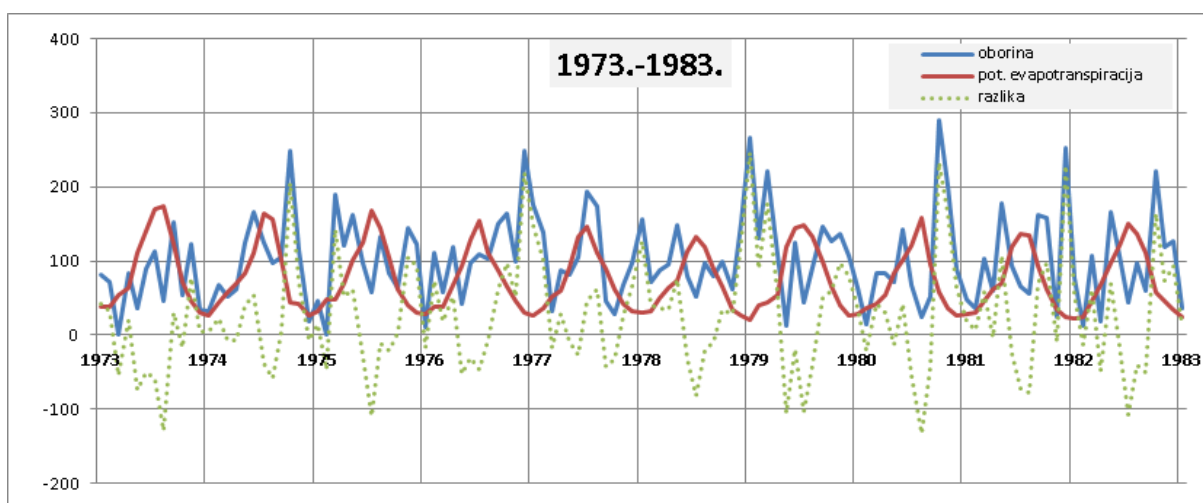
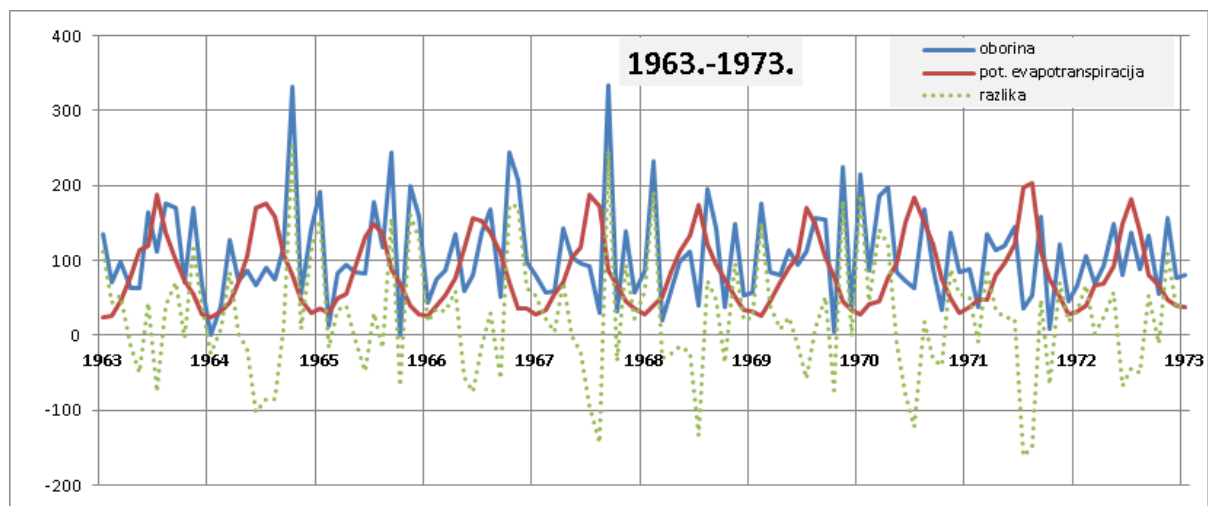
Slika 11. Srednje mjesečne vrijednosti (sve u mm) oborine, potencijalne evapotranspiracije te njihova razlika za postaju Abrami u razdoblju 1963.-2013. godine



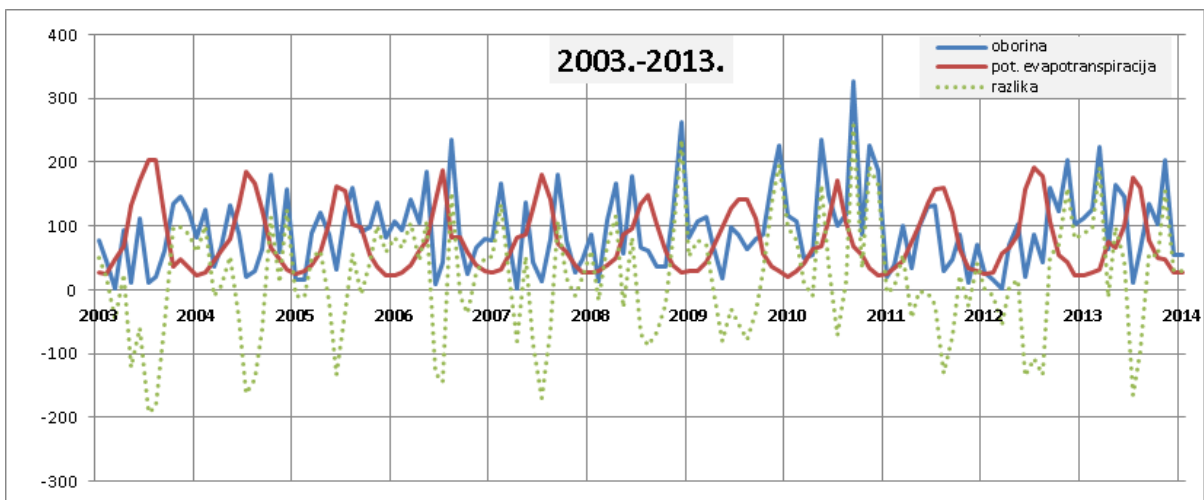
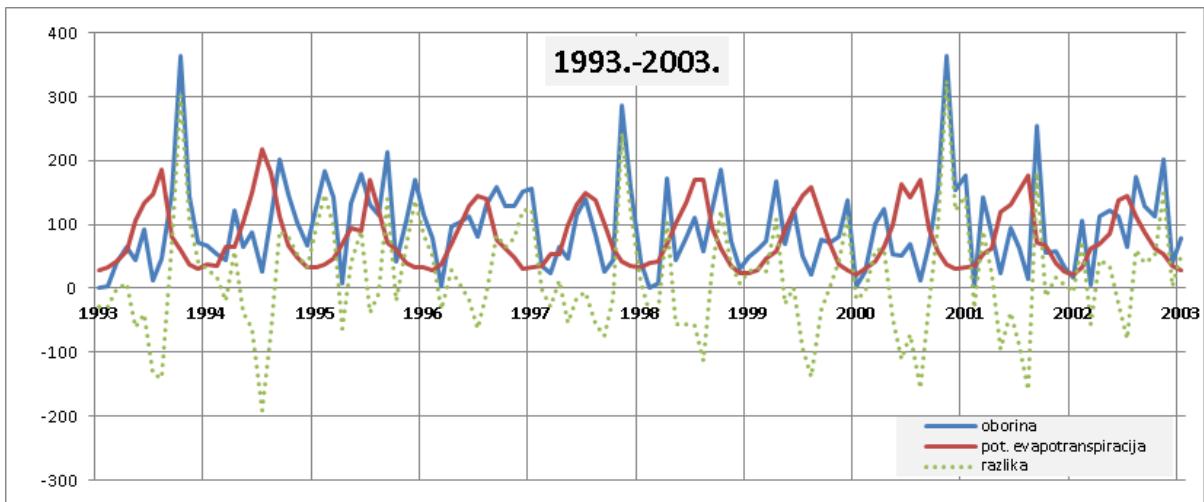
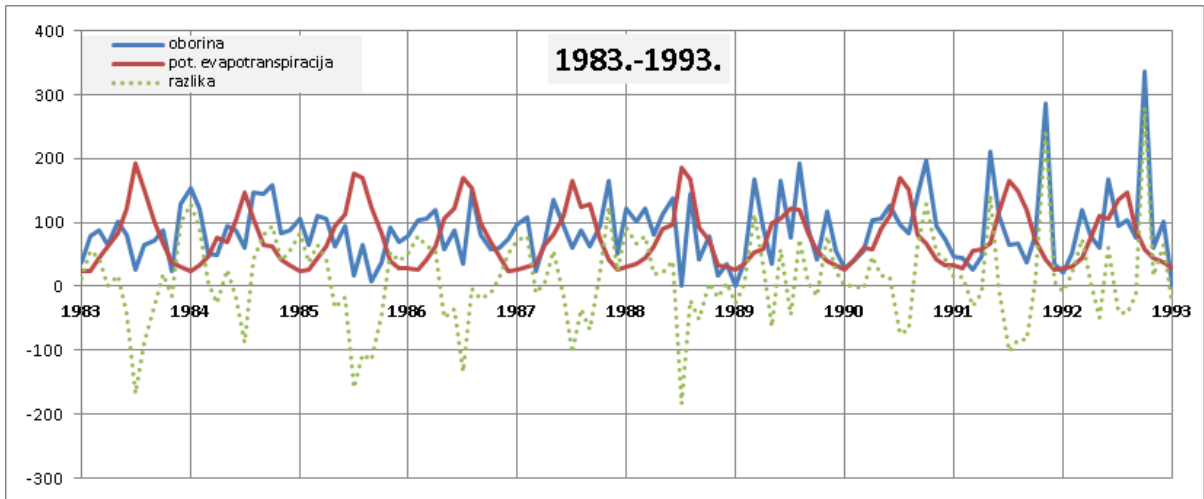
Slika 12. Srednje mjesečne vrijednosti (sve u mm) oborine, potencijalne evapotranspiracije te njihova razlika za postaju Botonega u razdoblju 1991.-2013. godine

Temperatura zraka, dozračena Sunčeva energija, oborina i evapotranspiracija su klimatski parametri važni za prirast Motovunske šume budući da utječu na fotosintezu te na bilancu vode i topline u tlu. Temperatura zraka kao i dozračena Sunčeva energija izravno utječu na fotosintezu, koja je kao proces proizvodnje organske tvari povezana s prirašćivanjem drveća, dok su oborina i evapotranspiracija važni čimbenici bilance vode u tlu, koja također utječe na prirast. Temperatura zraka i oborina su parametri dostupni s najbližih klimatoloških postaja. Srednja mjesečna potencijalna evapotranspiracija kao mjera najvećih mogućih količina evaporirane i transpirirane vode pod zadanim klimatskim uvjetima, se prema Eaglemanovoj metodi (1967.) procjenjuje iz srednje mjesečne temperature i vlažnosti zraka.

Kako je za procjenu prirasta Motovunske šume bitno što duže klimatsko razdoblje, samo za postaju Abrami su prikazane srednje mjesečne oborine i srednje mjesečne potencijalne evapotranspiracije, kao i njihova razlika za ilustraciju hipotetskoga vodnog deficita koji šumsko drveće nizinskih šuma nadoknađuje iz podzemne vode (Slika 13. i Slika 14.)

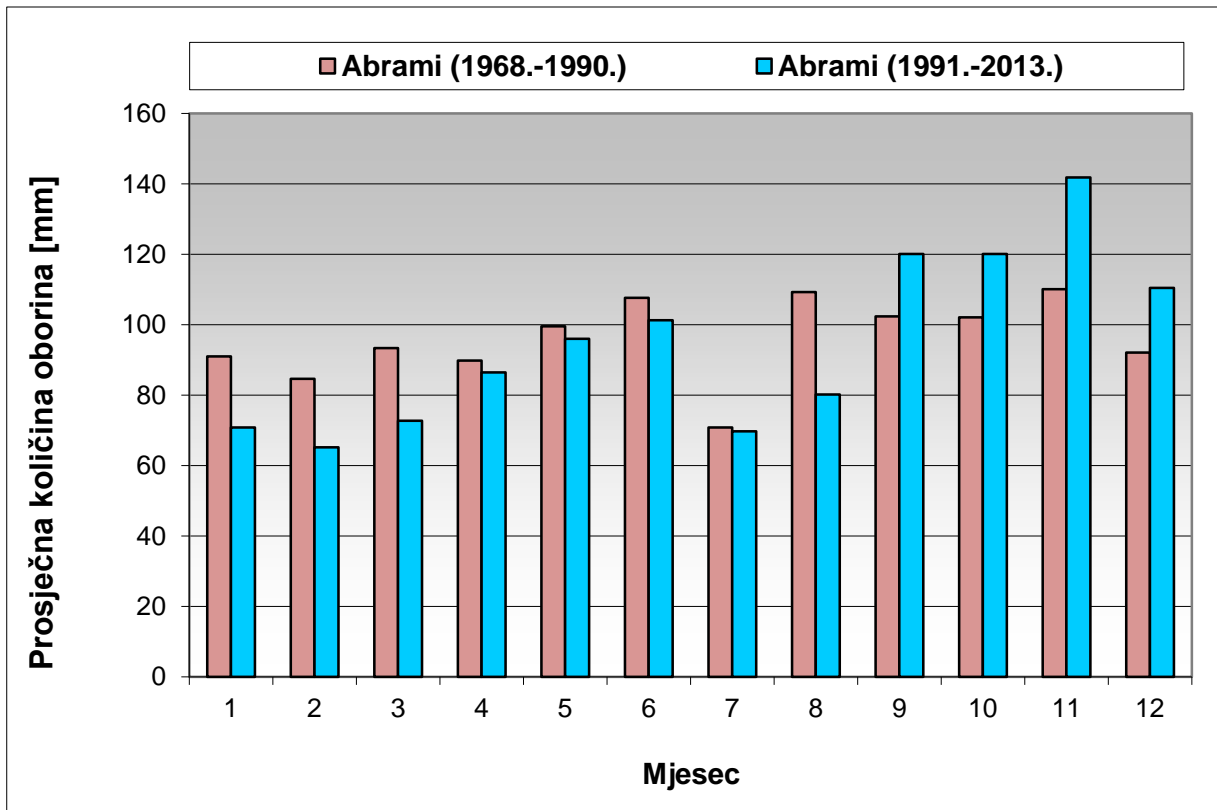


Slika 13. Srednje mjesečne vrijednosti (sve u mm) oborine, potencijalne evapotranspiracije te njihove razlike za postaju Abrami po godinama - za razdoblje 1963.-1983.



Slika 14. Srednje mjesečne vrijednosti (sve u mm) oborine, potencijalne evapotranspiracije te njihove razlike za postaju Abrami po godinama - za razdoblje 1983.-2013.

3.1.6 Trendovi osnovnih klimatskih parametara



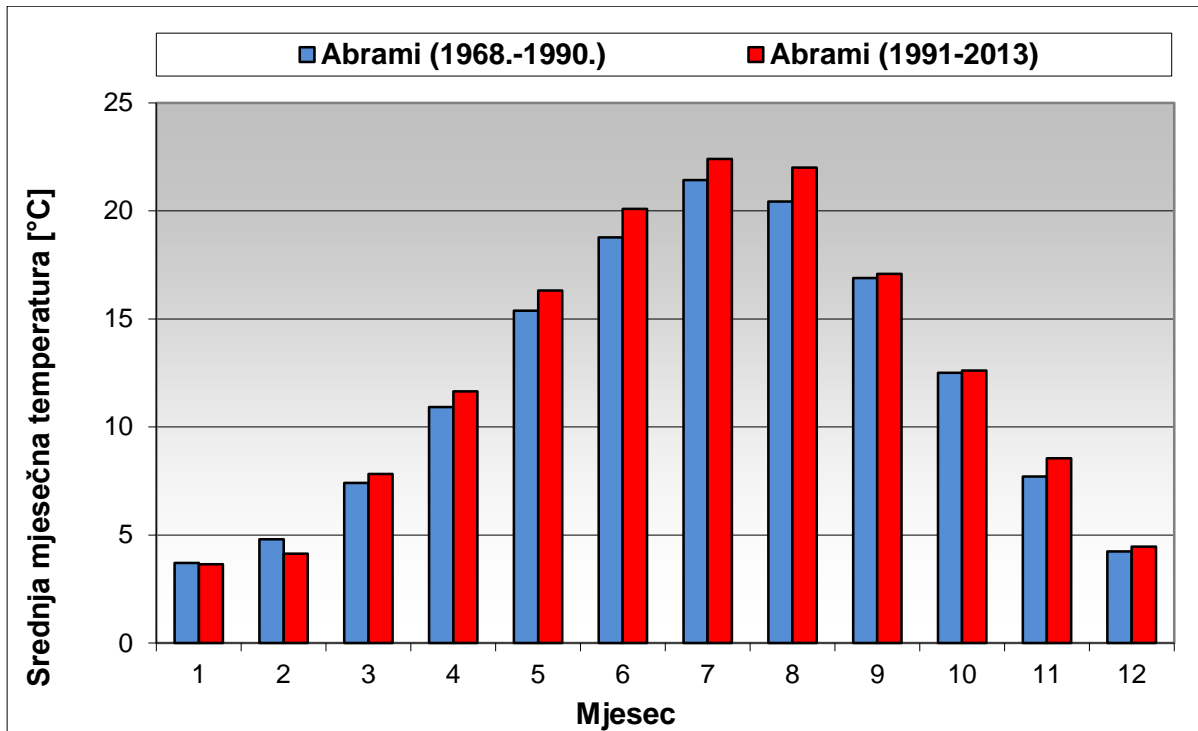
Slika 15. Razdioba srednje mjesečne oborine na postaji Abrami

Prema razdiobi srednje mjesečne oborine na postaji Abrami (Slika 15.) u dva analizirana razdoblja, može se zaključiti da je u zadnjih 23 godine u prosjeku palo manje oborine od siječnja do kolovoza dok je u periodu od rujna do prosinca u prosjeku palo više oborine nego u prethodnom razdoblju. Time u početnom dijelu vegetacijskog razdoblja (4-10 mj), u zadnjih 23 godine, promatrano područje ima manje količine oborine, tj. manji dotok vode. Posebno je izražena promjena u količinama oborine u kolovozu. Analiza trenda godišnje količine oborina tijekom perioda od 1963.-2012. pokazuje da postoji negativan trend u godišnjim količinama oborina (Slika 18.).

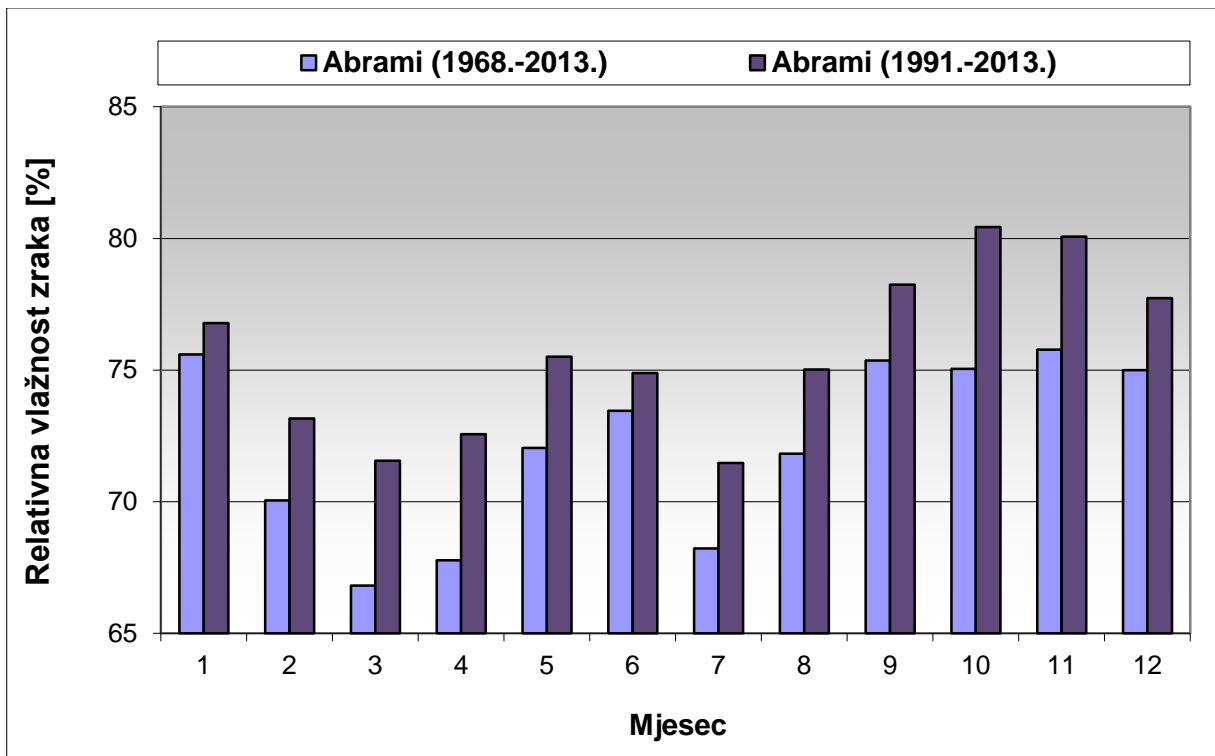
Prema razdiobi srednje mjesečne temperature na postaji Abrami (Slika 16.) u dva analizirana razdoblja, može se zaključiti da su u zadnjih 23 godine srednje mjesečne temperature veće tijekom gotovo cijele godine osim u veljači i listopadu kada su neznatno manje nego u prethodnom razdoblju.

Prema razdiobi srednje mjesečne relativne vlažnosti na postaji Abrami (Slika 17.) može se zaključiti da se u zadnjih 23 godine srednja relativna vlažnost zraka povećala na mjesečnoj razini u rasponu od 2-5%.

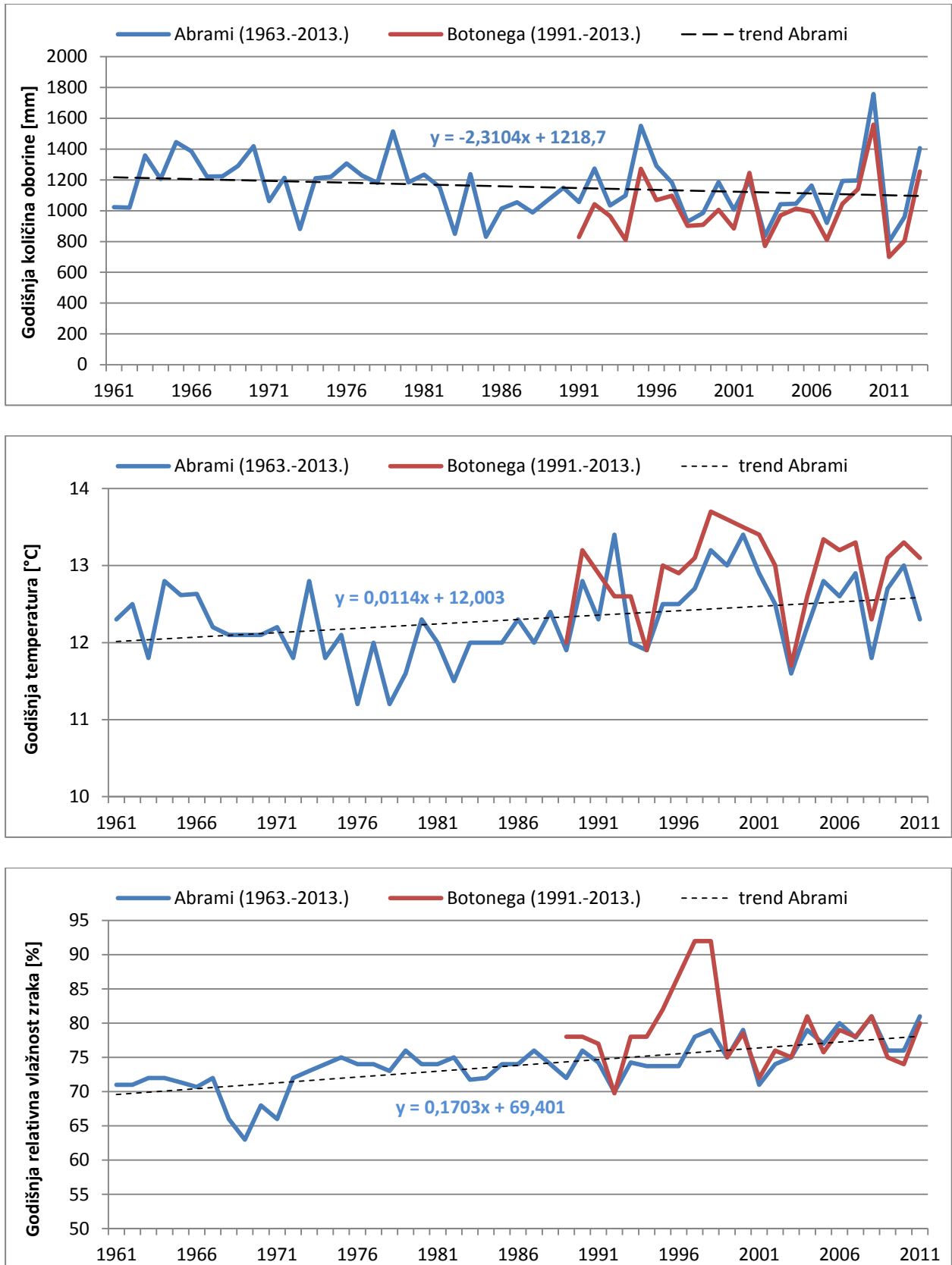
Tijekom perioda od 1963. - 2012. je za postaju Abrami zabilježen trend povećanje temperature i relativne vlažnosti zraka tijekom cijele godine (Slika 18.), koji s obzirom na zabilježene negativne trendove u godišnjim i mjesečnim količinama oborine tijekom vegetacijske sezone objašnjavaju rezultat prema kojem se tijekom perioda nalaz da se tijekom



Slika 16. Razdioba srednje mjesečne temperature na postaji Abrami



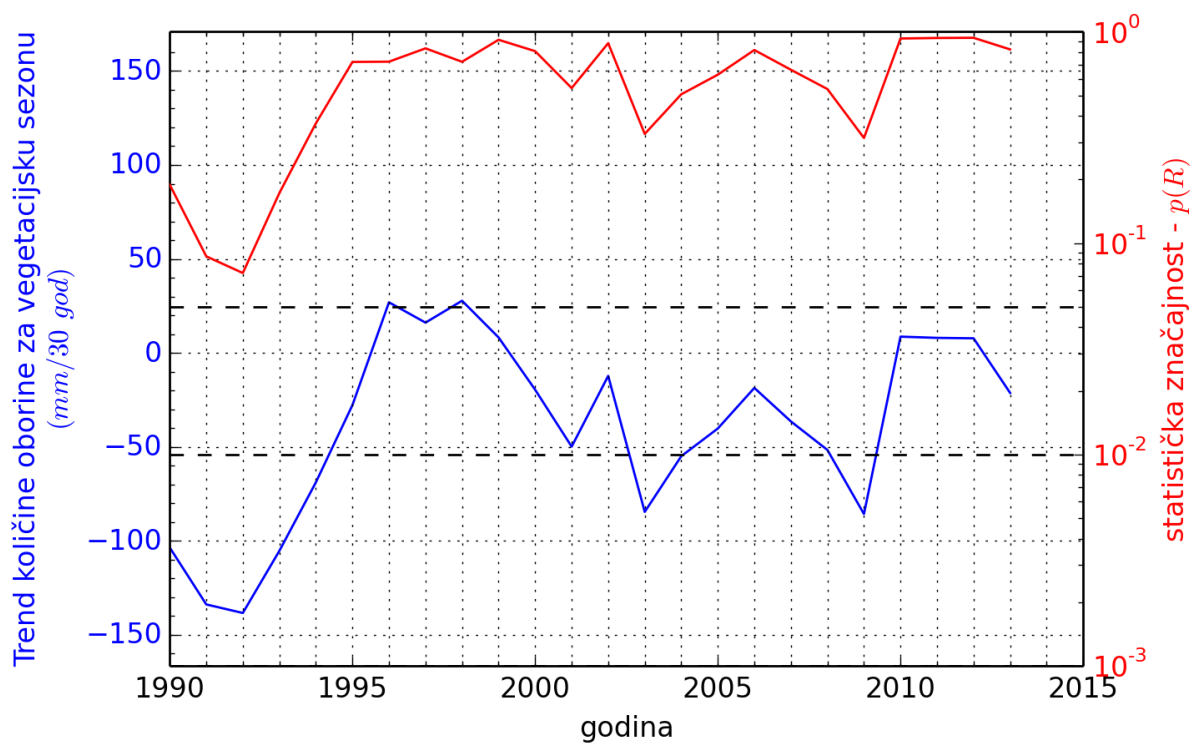
Slika 17. Razdioba srednje mjesečne relativne vlažnosti na postaji Abrami



Slika 18. Trend godišnjih vrijednosti klimatskih parametara na području postaje Abrami i Botonega

Budući da Motovunska šuma tijekom vegetacijskog razdoblja (od travnja do listopada) ima pojačane potrebe za vodom, prethodno prikazani parametri su unutar 51-godišnjeg razdoblja međusobno uspoređeni u svrhu prikaza trendova rasta/opadanja kroz godine. Unutar zadnjih 23 godine, srednje mjesečne vrijednosti oborine, potencijalne evapotranspiracije i njihove razlike tijekom vegetacijske sezone su po godinama uspoređene s prethodnim 30-godišnjim nizom istih parametara (tj. za period od 1990. - 2013. godine je za svaku godinu izračunat trend u posljednjih 30 godina). Trend količine oborine (Slika 19.) opada u gotovo svim godinama osim u periodima od 1996. do 1999. i od 2010. do 2012. godine. Također trend potencijalne evapotranspiracije (Slika 20.) opada u gotovo svim godinama osim u razdoblju od 2004. do 2006. godine. Sukladno trendu količine oborine i potencijalne evapotranspiracije, trend pada ima i njihova međusobna razlika (Slika 21.) u gotovo svim godinama osim u periodima od 1995. do 2000. i od 2010. do 2013. godine. Razlog tomu je smanjenje količine oborine i povećanje temperature .

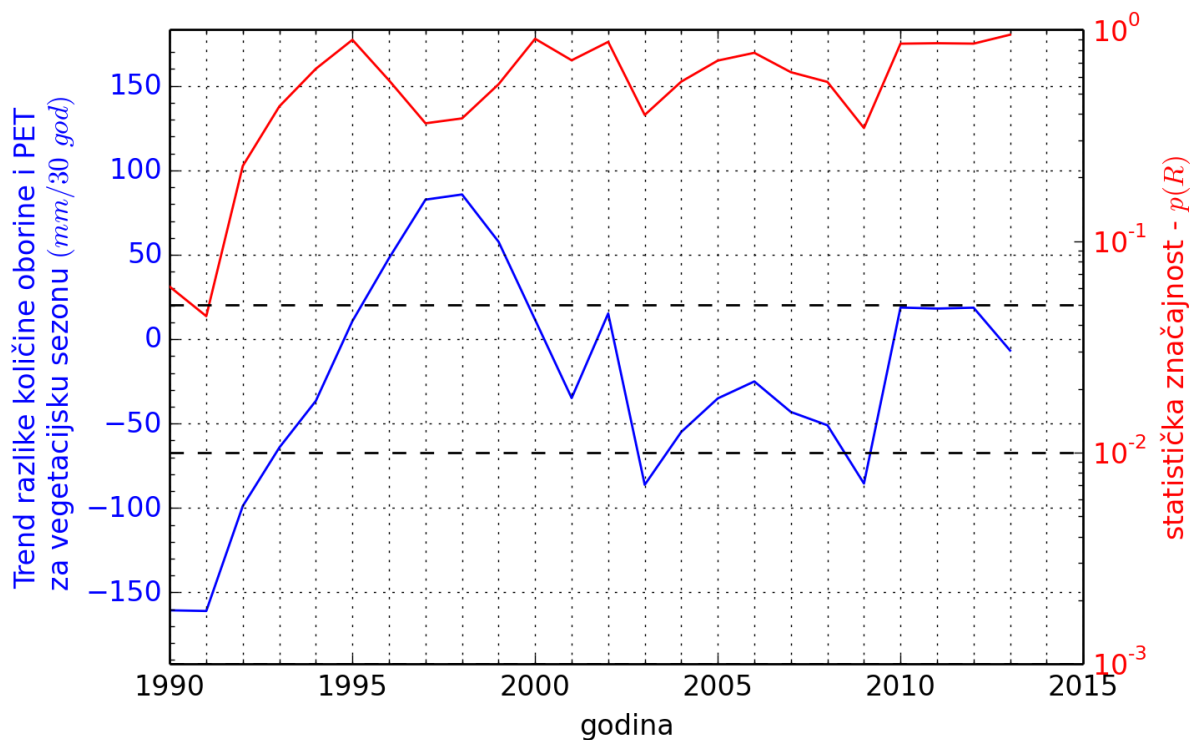
Slika 19. i Slika 20. prikazuju trendove rasta/pada (plava linija) i statističke značajnosti (crvena linija) usporedbe parametara. Također su prikazane i granice strožeg (0,01) i blažeg uvjeta (0,05) statističke značajnosti koje upućuju na to da odabrani parametri nisu slučajni s 99%-tnom odnosno 95%-tnom vjerojatnošću. Iz priloženih slika se može zaključiti da na području promatranog ekosustava koji ima pojačane potrebe za vodom, trendovi ključna tri klimatološka parametara nisu statistički značajni. Izuzetak je pad trenda potencijalne evapotranspiracije (Slika 20.) koji je statistički značajan u razdoblju od 1990. do 2001. godine.



Slika 19. Trend količine oborine za vegetacijsku sezonu



Slika 20. Trend potencijalne evapotranspiracije za vegetacijsku sezonu



Slika 21. Trend razlike količine oborine i potencijalne evapotranspiracije za vegetacijsku sezonu

3.1.7 Walterovi klimatski dijagrami

Walterovi klimatski dijagrami se koriste za prikaz međusobnog odnosa srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka i količine oborine te detekciju sušnih razdoblja kada šumska vegetacija manjak vode nadoknađuje iz podzemne vode.

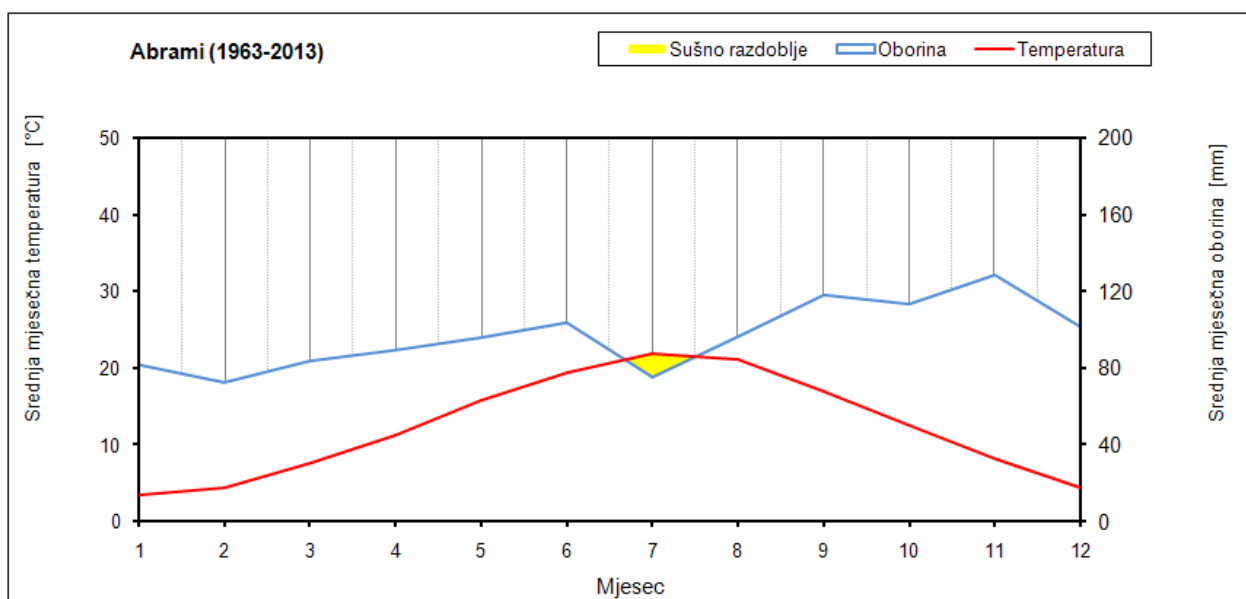
Walterovi dijagram radi se na temelju prosječne mjesečne oborine i temperature zraka s tim da se isti crtaju u različitim odnosima:

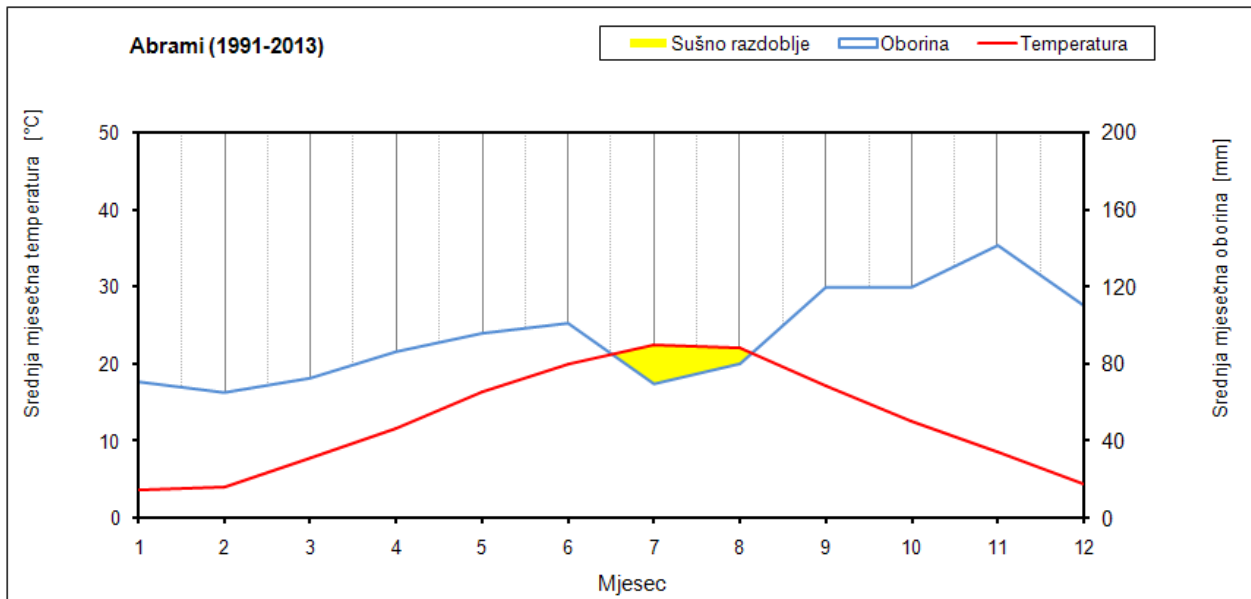
- temperatura (°C): količina oborina (mm) :
 - o **1:2** za sušna područja i izražavanje jake suše
 - o **1:3** za umjerenu vlažnost
 - o **1:4** za humidna područja i suvišnu vlažnost u godini.

Budući da područje Motovunske šume pripada humidnom tipu klime, podaci na skali temperature (primarna y-os) i skali oborine (sekundarna y-os) su nacrtani u omjeru 1:4, tako da 1°C odgovara količini od 4 mm oborine. Na dijagramu su jasno izražena razdoblja u kojima ostaje višak oborinske vode nakon što se podmiri isparavanje - temperaturna krivulja je u tom

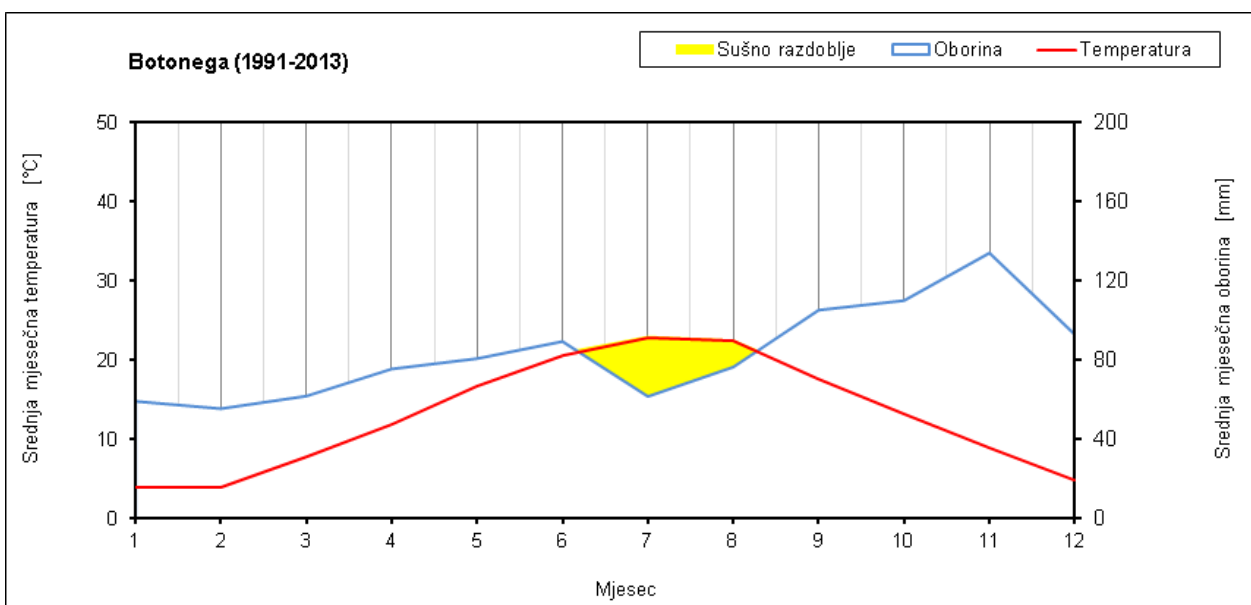
slučaju ispod krivulje oborine. Razdoblje s manjkom vode prepoznaje se po položaju oborinske krivulje ispod krivulje temperature.

Slika 22. i Slika 23. prikazuju Walterove klimatske dijagrame za postaje Abrami i Botonega za dva razdoblja analize (1991.-2013. i 1963.-2013. samo za postaju Abrami). Maksimum temperature zraka u srpnju i minimum u siječnju zajedničko je obilježje obiju postaja. No razdoblja s manjkom vode se za postaju Abrami razlikuju ovisno o promatranom nizu podataka. Uvidom u klima dijagram postaje Abrami unutar 51-godišnjeg razdoblja, može se uočiti da razdoblje s manjkom vode traje oko 3 tjedna, od zadnje četvrtine lipnja do polovine srpnja. No, ako se na istoj postaji gleda 23-godišnje razdoblje (1991.-2013.), manjak vode traje nešto više od mjesec i pol dana, odnosno od polovine lipnja do početka mjeseca kolovoza. Za isto promatrano 23-godišnje razdoblje, na postaji Botonega manjak vode traje oko dva mjeseca, od prve četvrtine lipnja do prve četvrtine kolovoza. Kroz ostale mjesece na objema postajama puno više oborine padne no što ispari, čime je količina vode za potrebe Motovunske šume dostatna kroz gotovo cijelu godinu. Iz dobivenih dijagrama za postaju Abrami, može se uočiti da su se količine oborine u zadnje 23 godine u prosjeku smanjile dok su se temperature u prosjeku povećale pogotovo unutar toplog dijela godine. Za navedeno 23-godišnje razdoblje, količine oborine su u prosjeku veće od rujna do prosinca no na godišnjoj razini i dalje su manje nego u 51-godišnjem nizu (Slika 15. i Slika 18.). Valja napomenuti da je prikaz klima dijagrama pouzdaniji za 51-godišnji niz podataka.





Slika 22. Walterovi klimatski dijagrami za postaju Abrami za 23-godišnje i 51-godišnje razdoblje



Slika 23. Walterovi klimatski dijagrami za postaju Botonega (1991.-2013.)

LITERATURA

- Bajić, A. i Vučetić, V. (2008): Meteorološka podloga za procjenu potencijala energije vjetra u Republici Hrvatskoj, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb.
- Bertović, S. (1975): Prilog poznavanju odnosa klime i vegetacije u Hrvatskoj. Acta Biologica VII/2.
- Hrvatske vode (2009): Plan upravljanja slivom rijeke Mirne, Hrvatske vode - Vodnogospodarski odjel za vodno područje primorsko istarskih slivova (2009), Rijeka.



- Šegota, T., Filipčić, A. (2003): Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje. *Geoadria* 8/1, 17-37.
- Santin G., Rubnić J., Šebelja M., Blašković L. (1999): Revitalizacija područja srednje Mirne uz korito "Stare Mirne" - hidrotehnička rjesenja, Hrvatske vode- Vodnogospodarski odjel za vodno područje primorsko istarskih slivova.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. i sur. (2008): Klimatski atlas Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 200str.



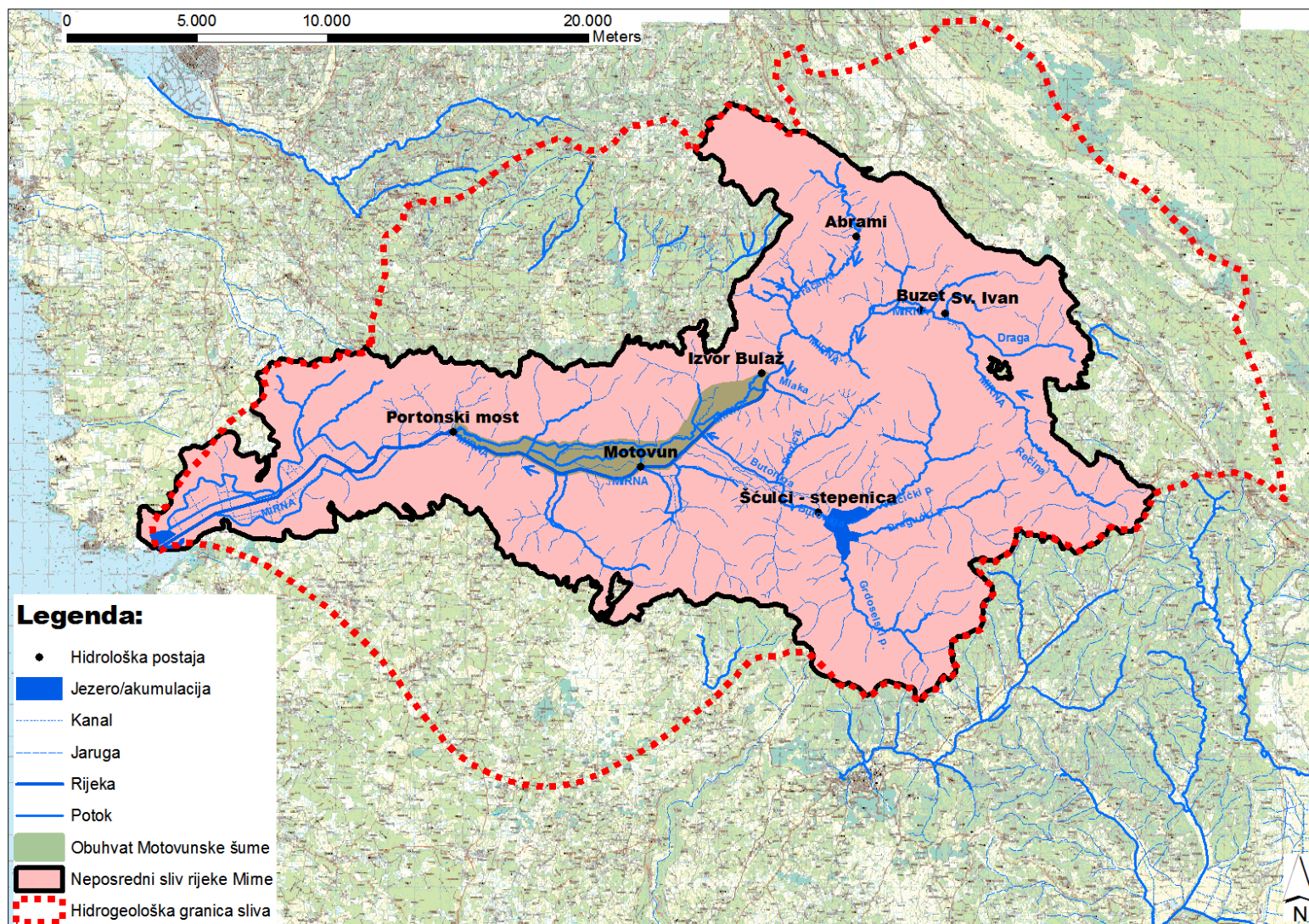
3.2 Osnovne značajke vodotoka

3.2.1 Vodni režim starog toka Mirne, kanala Mirne, prilaznih vodotoka, obuhvatnog kanala Srednja Mirna i izvorišta Bulaž

Rijeka Mirna je najznačajniji površinski vodotok na području Istarske županije obzirom na veličinu njenog slivnog područja (Slika 24.) koje iznosi oko 725 km² (utjecajni tj. hidrogeološki sliv, od čega je približno 380 km² neposrednog površinskog sliva) i vodne bilance, koja čini oko 30% ukupne vodne bilance istarskog područja. Spoj bujičnih ogranaka Rečine i Drage, na oko 2,3 km uzvodno od Buzeta, uzima se početkom glavnog toka Mirne (Hrvatske vode 2009.). Hidrografska mreža površinskih vodnih tokova rijeke Mirne je vrlo razvedena zbog geološkog sastava terena. U njoj prevladavaju uglavnom povremeni površinski vodotoci s naglašeno bujičnim karakterom koji nakon 38,5 km dugog toka utječu u Tarsku valu na zapadnoj obali Istre (Hrvatske vode 2009.).

Vodni režim starog toka Mirne

Po napuštenom koritu "Stare Mirne", danas protječu samo preljevne vode iz izvora Bulaž i površinske vode iz nizinskog sliva između obuhvatnog kanala Srednje Mirne i ceste Buzet-Portonski most. Vode iz izvora Bulaž, nakon evakuacije obuhvatnim kanalom Bulaž, se preljevaju u korito Stare Mirne: Nakon tri kilometra po koritu Stare Mire izvorske vode ulaze (kontraprag) u regulirano korito vodotoka Gradinje i utiču u regulirano korito rijeke Mirne kod Senjskog mosta. Nizvodno od ceste Gradinje-Senj korito Stare Mirne je prekinuto tako da u njega ulaze samo površinske vode iz vlastitog nizinskog sliva. Korito Stare Mirne između ceste Gradinje-Senj i Livade-Motovun ne prima nikakve slivne vode tako da je korito vodotoka retencija površinskih voda, koja se u sušnom razdoblju pretvori u baru. Zadnja dionica vodotoka Stare Mirne između ceste Livade-Motovun i utoka u Mlinski potok evakuira samo površinske vode iz nizinskog sliva. Za vrijeme visokih vodostaja rijeke Mirne vodni valovi iz korita rijeke Mirne preko Mlinskog potoka preljevaju se povratno, u korito Stare Mirne i poplavljuju okolne poljoprivredne i šumske površine. U sušnom periodu i navedena dionica vodotoka postaje bara (Santin 1999.).



Slika 24. Slivno područje rijeke Mirne s lokacijama hidroloških postaja i obuhvatom Motovunske šume

Obradeni su hidrološki podaci za tri postaje na rijeci Mirni (Buzet, Motovun i Portonski most), dvije pritoke rijeke Mirne (Bračana i odteretni kanal Butoniga) te postajama na izvorištima Bulaž i Sv. Ivan. Analize statističke obrade podataka vodostaja i protoka napravljene su na setovima podataka različitih vremenskih razdoblja, ovisno o dostupnosti hidroloških podataka.

Režim voda opisan je na temelju višegodišnjih podataka vodostaja [m] i protoka [m³/s]. Da bi hidrološka analiza bila pouzdana potreban je što veći uzorak podataka odnosno što dulji niz konzistentnih i neprekidnih mjerenja za koji se vrši analiza, koji moraju zadovoljiti osnovne statističke kriterije: članovi niza moraju biti slučajne veličine, međusobno neovisne i stacionarne, a sam niz mora biti dovoljno dugi i homogen.

Homogenost podataka potrebno je ispitati ako postoje razlozi za to, odnosno ako je unutar niza podataka tijekom vremena nastupila neka statistički značajna promjena (promjena u koritu ili promjena kote nule vodokaza). Tada se nakon provedenih ispitivanja homogenosti vremenski niz podataka može statistički obrađivati. Homogenost nizova minimalni protoka sušnog razdoblja testirana je pomoću *Wilcoxon-ovog neparametarskog testa*. Iz ukupnoga niza podatak od n članova izdvajaju se dva osnovna niza (podskupa) - originalni i modificirani, za koji se pretpostavlja da ima "modificiranu" genezu podataka.

Test homogenosti izvršen je na nizovima srednjih protoka za sedam hidroloških postaja. U prvom koraku promatrani su srednji godišnji vodostaji kako bi se ustvrdilo je li tokom godina došlo do promjene u vodnom režimu i postoji li potreba za ispitivanjem homogenosti. Zatim je Wilcoxon-ovim testom testirana homogenost niza podataka srednjih protoka. Utvrđene su kritične godine (Tablica 2.) nakon kojih su podaci o vodostaju značajno izmijenjeni, te je na temelju njih ukupan skup podataka o srednjim protocima sušnog razdoblja razdijeljen na originalni i modificirani niz (Tablica 2.; Slika 25. -Slika 27.).

Tablica 2. Vrijednost opaženog standardnog jediničnog odstupanja Wilcoxon-ovog testa (U₀) - crveno su označene vrijednosti testa za koje postoji značajna razlika u nizu

Postaja	Originalni niz	Modificirani niz	U ₀
Mirna - Buzet	1954.-1976.	1976.-2012.	-3,04
Mirna - Motovun	1980.-1997.	1997.-2012.	-1,80
Mirna - Portonski most	1955.-1980.	1980.-2012.	-2,77
Šćulci-stepenica (Botonega)	1986.-2004.	2004.-2012.	-1,39
Abrami (Bračana)	1985.-2004.	2004.-2012.	-0,12
Izvor Bulaž	1988.-1995.	1995.-2012.	-0,91
Sv. Ivan	1986.-1996.	1996.-2012.	-1,28

Test homogenosti pokazao je da na postajama Portonski most i Buzet (Tablica 2.; Slika 25.) niz srednjih godišnjih protoka nije homogen, dok su nizovi na ostalim postajama zadovolji uvjete homogenosti. Prema tome statistička analiza varijabli na hidrološkim postajama Buzet i Portonski most neće biti izvršena na cijelom setu podataka, već samo na odabranom nizu podataka koji su kontinuirani i konzistentni.

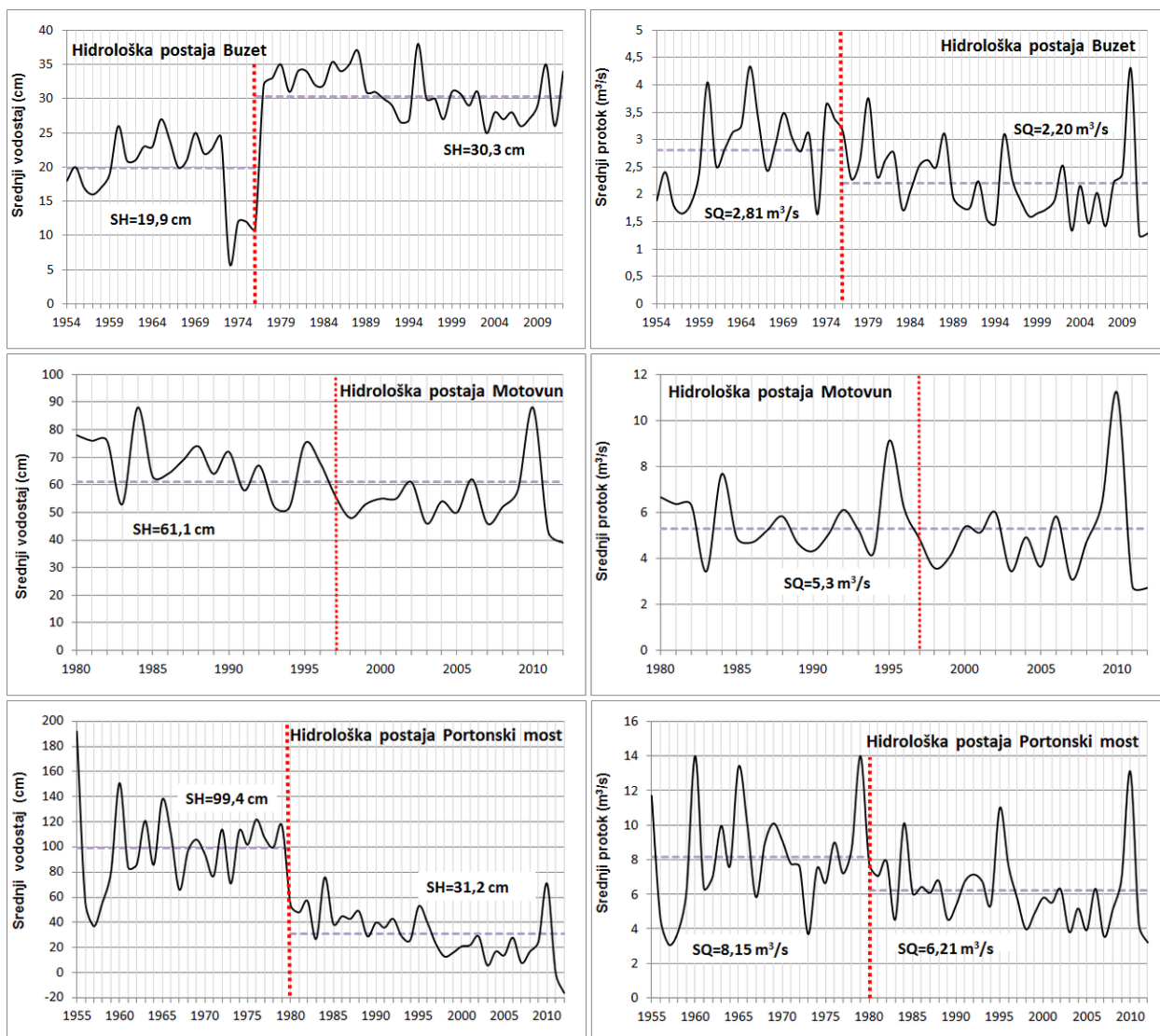
Za postaju Buzet rezultati testova homogenosti u skladu su s podacima historijata. Nova limnigrafska postaja Buzet osnovana je 1976. godine, 100 metara nizvodno od postojeće postaje, zbog čega je navedene godine došlo do promijene vodnog režima (Slika 25). Dok na postaji Portonski most nije jasno zabilježen razlog velike nehomogenosti niza vodostaja (razlika u srednjim vrijednostima vodostaja je 68,2 cm). Utvrđeno je da je sredinom 1979. godine došlo do neke veće promjene, a koja nije zabilježena u historijatu postaje. Ne postoji niti druga pismena

dokumentacija koja bi mogla razjasniti ovakvu razliku u vrijednostima vodostaja. Usmenom komunikacijom sa dionicima navode se dva moguća objašnjenja:

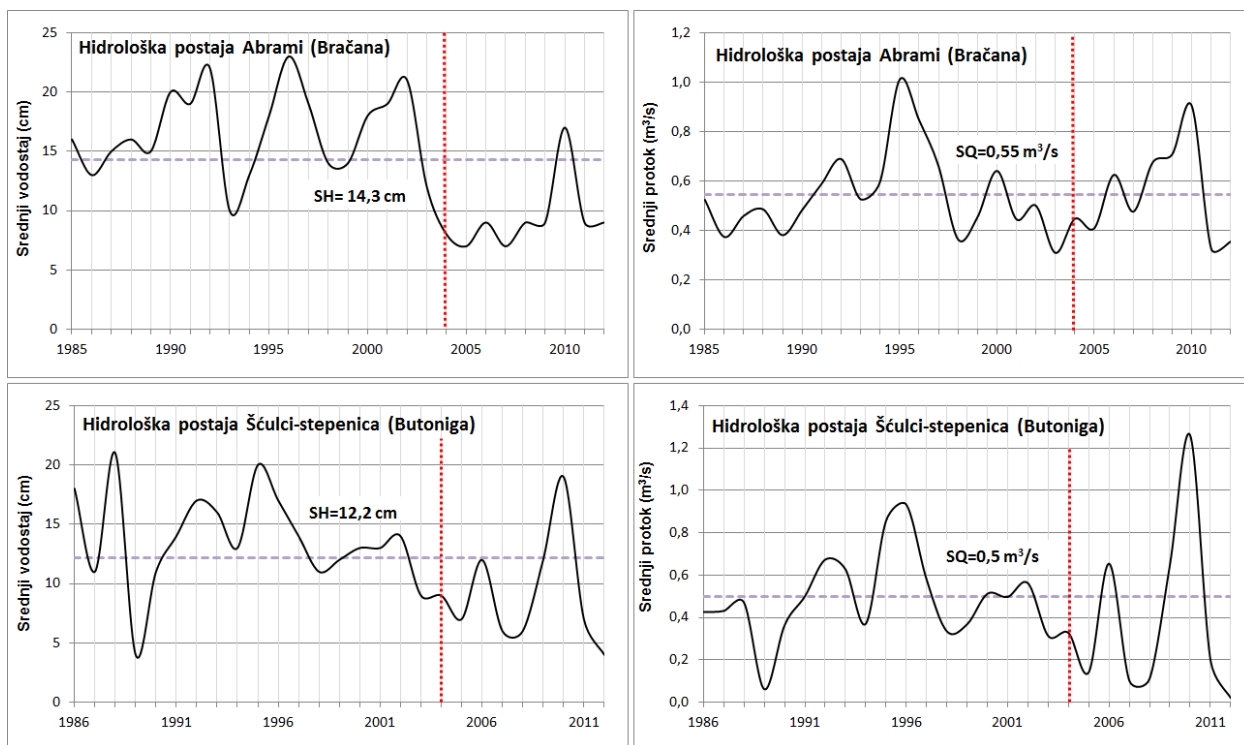
- „u 8. mjesecu 1979. je Vodoprivreda građevinskim radovima korito produbila za 1 m“ (usmeno DHMZ) - za ovo objašnjenje nismo dobili potvrdu iz Vodoprivrede Buzet (vjerojatnog izvođača ovih radova)
- prema usmenoj komunikaciji sa djelatnicima Vodoprivrede Buzet mogući razlog ove nehomogenosti niza su radovi kojima je čišćena vegetacija u području mjerne postaje. Navodno je postaja u to vrijeme (1979/1980) bila obrasla gustom šumskom vegetacijom i čijim uklanjanjem je možda došlo do većih promjena u profilu korita.

Ne postoji jasno i jednoznačno objašnjenje, koje bi k tome bilo i dokumentirano, zbog čega postoji ovakva razlika u mjerenjima vodostaja na postaji Portonski most prije i poslije 1980. godine. Ipak s obzirom na rezultate analize vremenski niz vodostaja prije 1980 i nakon 1980. godine moguće je koristiti samo uz korekciju niza (u ovoj studiji je korištena korekcija niza na način da je pretpostavljeno da je razlika u vremenskom nizu produkt samo lokalnih promjena na postaji Portonski most te je korigiran niz za period 1955-kolovoz 1979. vodostajima oduzeta prosječna razlika između nizova 68,2 cm.

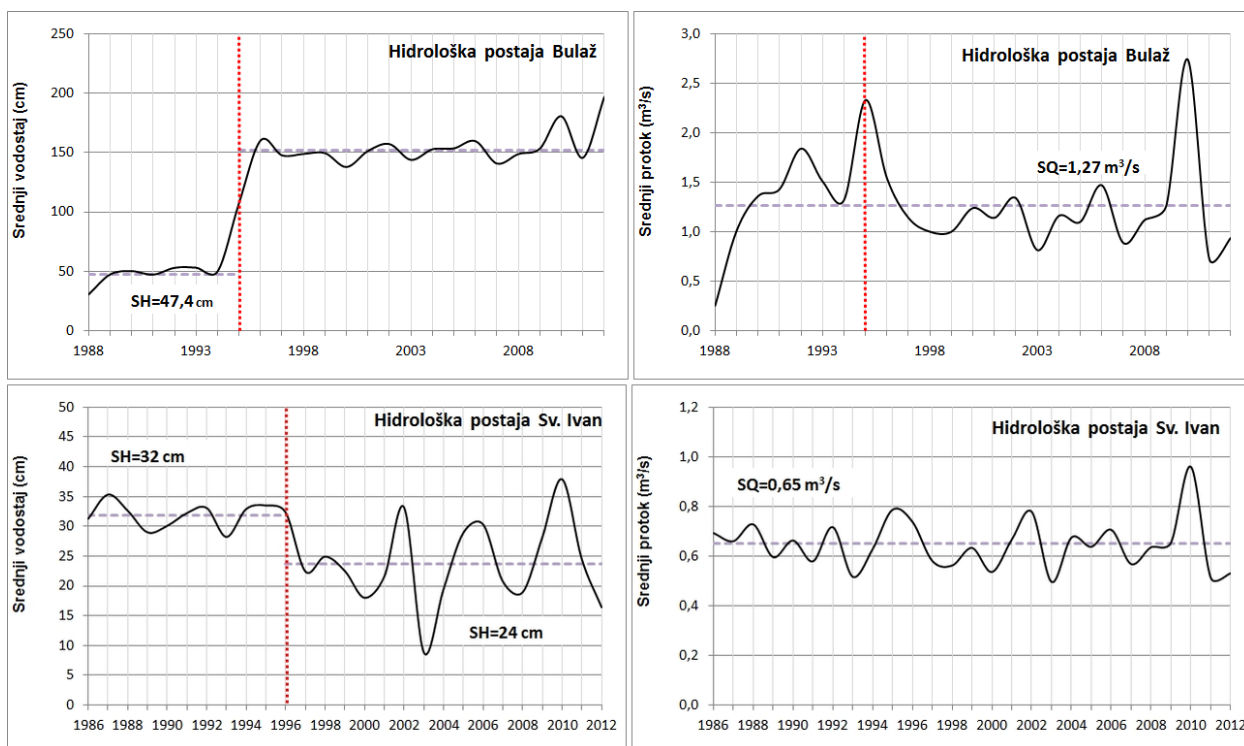
Na postaji Bulaž prokopan je nasip 1995. godine, tako da voda otiče novim prokopom, a pri vodostajima $H > 214$ cm aktivira se i preljev. Montirani su novi limnigraf i vodokaz, pa se stoga mijenjaju i mjerene vrijednosti vodostaja (Slika 27.). Na postaji Sv. Ivan 1987. godine stanica je nadopunjena limnigrafom. Na ostalim postajama od osnutka pa do danas nisu mijenjani vodokazni instrumenti, niti su se dešavale bitne promjene koje bi utjecale na pouzdanost podataka.



Slika 25. Nivogram srednjih godišnjih vodostaja (lijevo) i hidrogram srednjih godišnjih protoka (desno) za hidrološke postaje na rijeci Mirni (crvenom isprekidanom linijom označena je granica podataka između homogenog i nehomogenog niza)



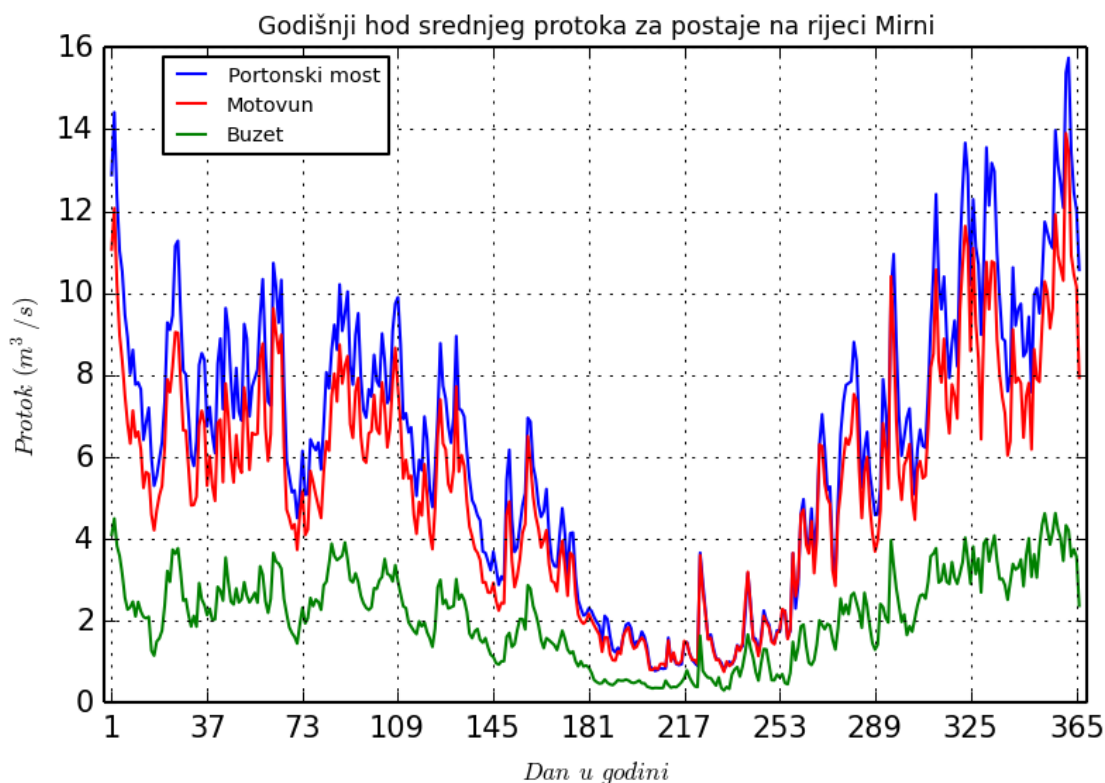
Slika 26. Nivogram srednjih godišnjih vodostaja (lijevo) i hidrogram srednjih minimalnih protoka sušnog razdoblja (desno) za hidrološke postaje na pritokama rijeke Mirne



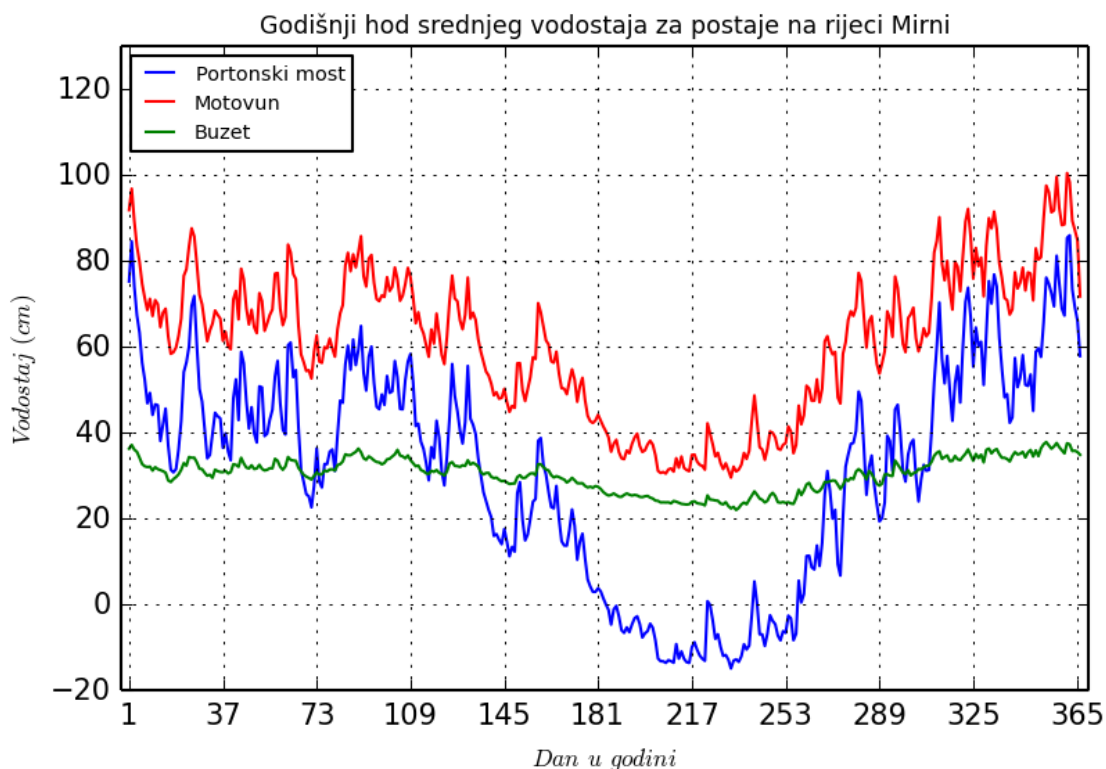
Slika 27. Nivogram srednjih godišnjih vodostaja (lijevo) i hidrogram srednjih godišnjih protoka (desno) na preljevima kaptiranih izvora Bulaž i Sv. Ivan (crvenom isprekidanom linijom označena je granica podataka između homogenog i nehomogenog niza)

3.2.1.1 Analiza vodnog režima na hidrološkim postajama na rijeci Mirni

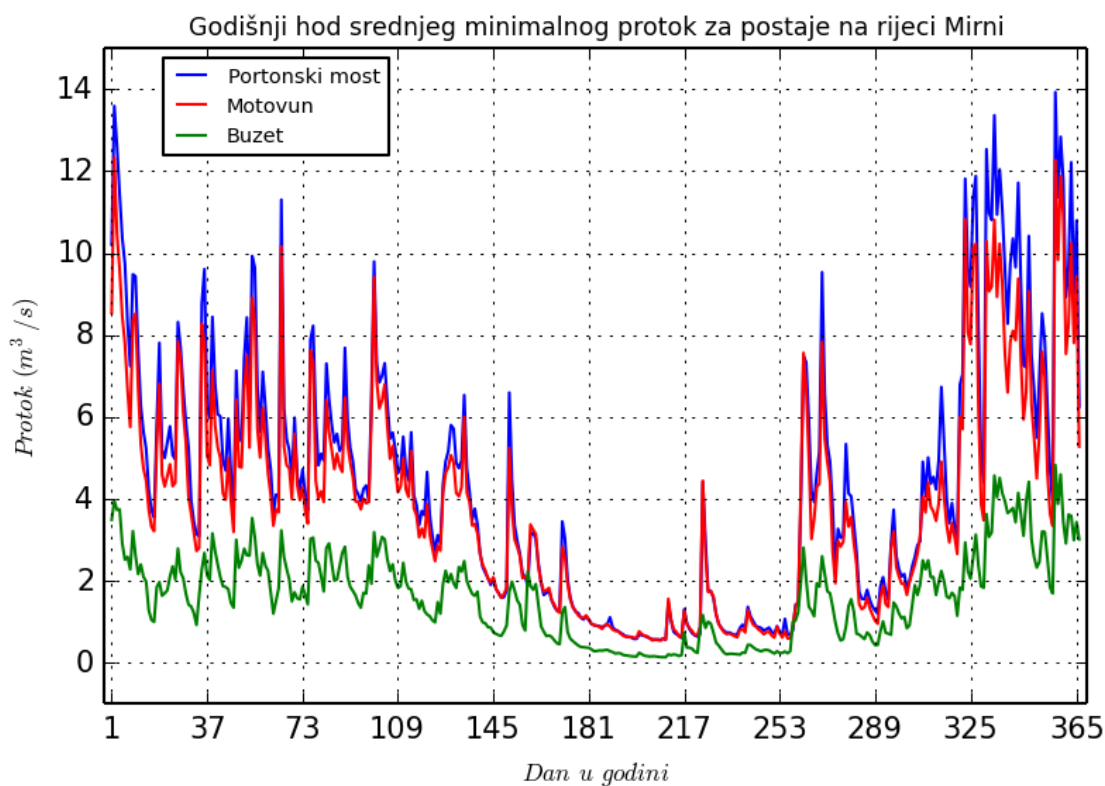
Na temelju podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda za hidrološke postaje na rijeci Mirni: Buzet, Motovun i Portonski most, napravljena je statistička obrada višegodišnjih nizova dnevnih protoka i vodostaja. Analizom su dobivene srednje dnevne, srednje dnevne minimalne i maksimalne te apsolutne minimalne i maksimalne mjesečne i godišnje vrijednosti protoka i vodostaja na promatranim postajama (Prilog 1., Tablica 1.). Također su dani grafički prikazi godišnjih hodova srednjih dnevnih (Slika 28. i Slika 29.) i srednjih dnevnih minimalnih (Slika 30. i Slika 31.) protoka i vodostaja te pripadne krivulje trajanja za razmatrani period (Slika 32.).



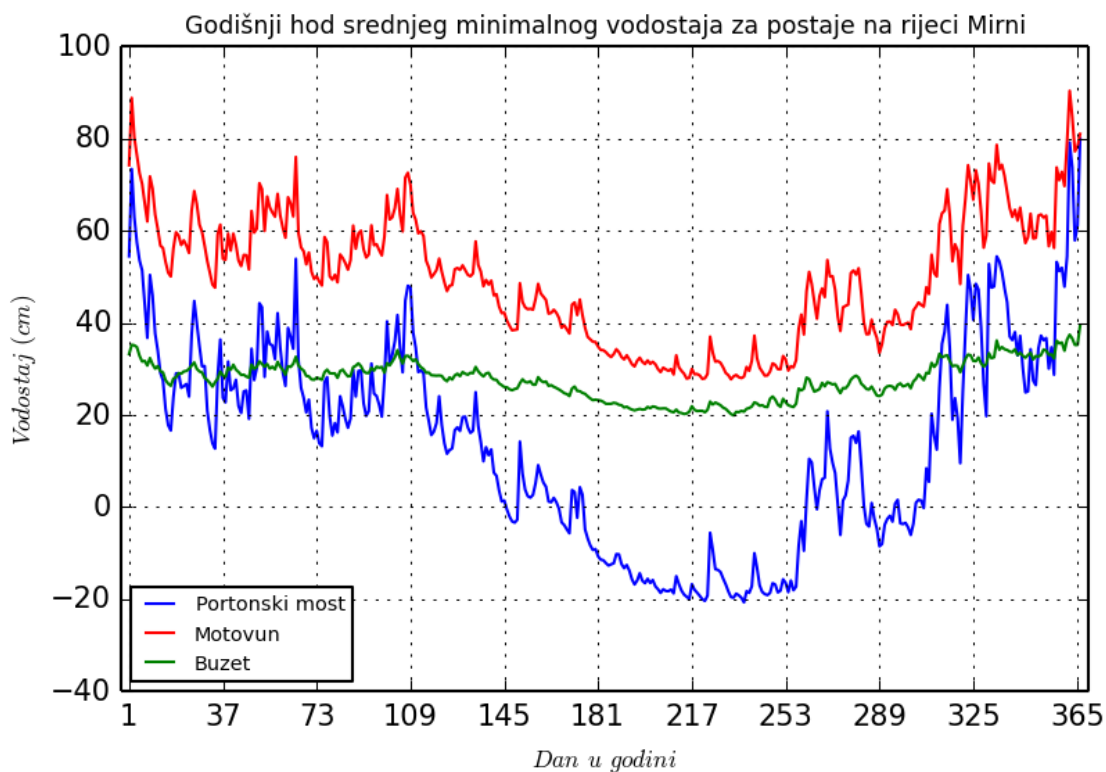
Slika 28. Godišnji hod srednjih dnevnih protoka na postajama Buzet, Motovun i Portonski most za period 1980.-2012. godine



Slika 29. Godišnji hod srednjih dnevnih vodostaja na postajama Buzet, Motovun i Portonski most za period 1980.-2012. godine



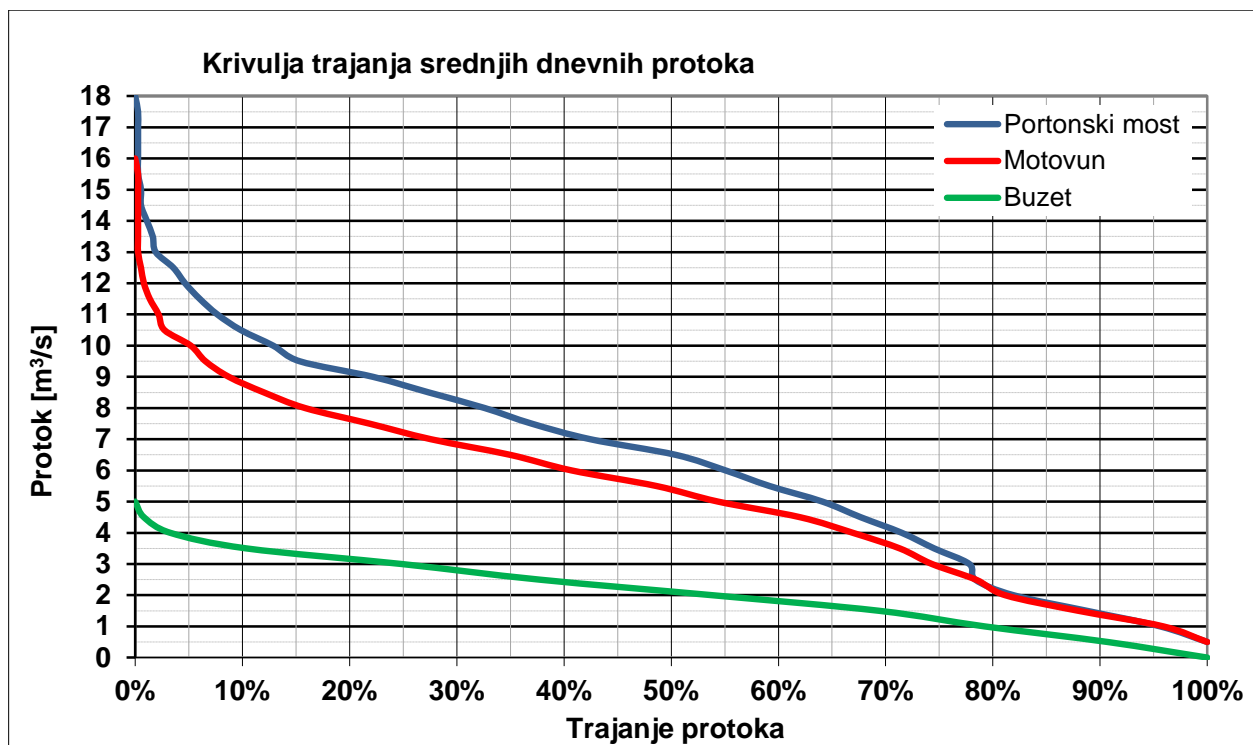
Slika 30. Godišnji hod srednjeg dnevnog minimalnog protoka dobiven na temelju analize satnih mjerenja na postajama Buzet, Motovun i Portonski most za period 2001.-2012. g.



Slika 31. Godišnji hod srednjeg dnevnog minimalnog vodostaja na postajama Buzet, Motovun i Portonski most za period 1994.-2012. g.

Analiza podataka pokazala je da prosječni godišnji vodostaji na postajama Mirna-Portonski most, Mirna-Motovun i Mirna-Buzet, za promatrani vremenski period 1980.-2012. godine, iznose redom 32,6 cm, 61,8 cm i 30,3 cm. Srednja vrijednost godišnjeg protoka na navedenim postajama za isti period analize iznosi 6,33 m³/s, 5,35 m³/s i 2,13 m³/s, s pojavom minimuma protoka u srpnju i kolovozu, a maksimumom u prosincu. Na godišnjem hidrogramu srednjih dnevnih protoka (Slika 28.) može se jasno uočiti trajanje malovodnog razdoblja, koje se javlja u ljetnom, sušnom periodu.

Prema krivuljama trajanja, koje pokazuju učestalost odnosno broj pojavljivanja neke vrijednosti u nekom određenom razdoblju, godišnji protok prisutan u 95% vremena na postaji Portonski most (Slika 32.) iznosi 1,1 m³/s dok protok prisutan u 80% vremena iznosi 2,35 m³/s. Prosječni godišnji protok na postaji Portonski most, koji iznosi 6,33 m³/s, javlja se u 52% vremena. Na postaji Motovun godišnji protok prisutan u 95% vremena iznosi 1,15 m³/s dok protok prisutan u 80% vremena iznosi 2,25 m³/s. Srednji godišnji protok od 5,35 m³/s na postaji Motovun javlja se u oko 50% slučajeva (Slika 32.). Godišnji protok na postaji Buzet prisutan u 95% vremena iznosi 0,45 m³/s dok je protok od 0,95 m³/s prisutan u 80% vremena. Srednji godišnji protok od 2,13 m³/s na postaji Buzet javlja se u 52% slučajeva (Slika 32.).

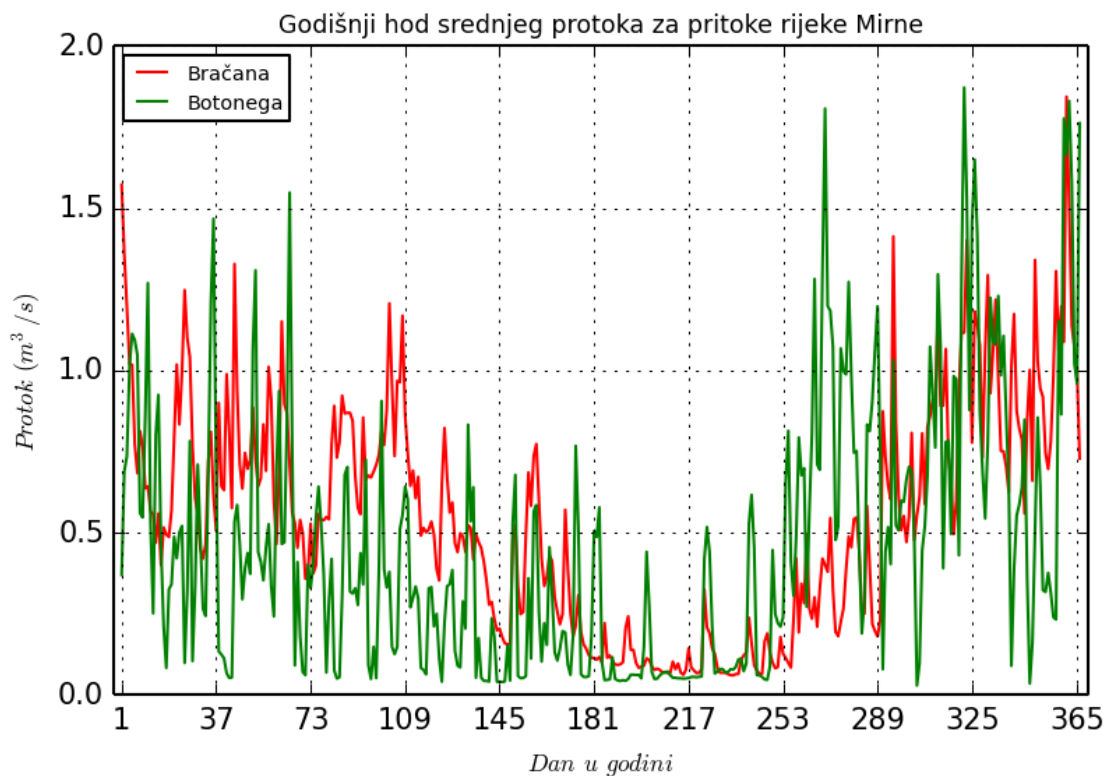


Slika 32. Krivulja trajanja protoka na postajama Portonski most, Motovun i Buzet za period 1980.-2012.

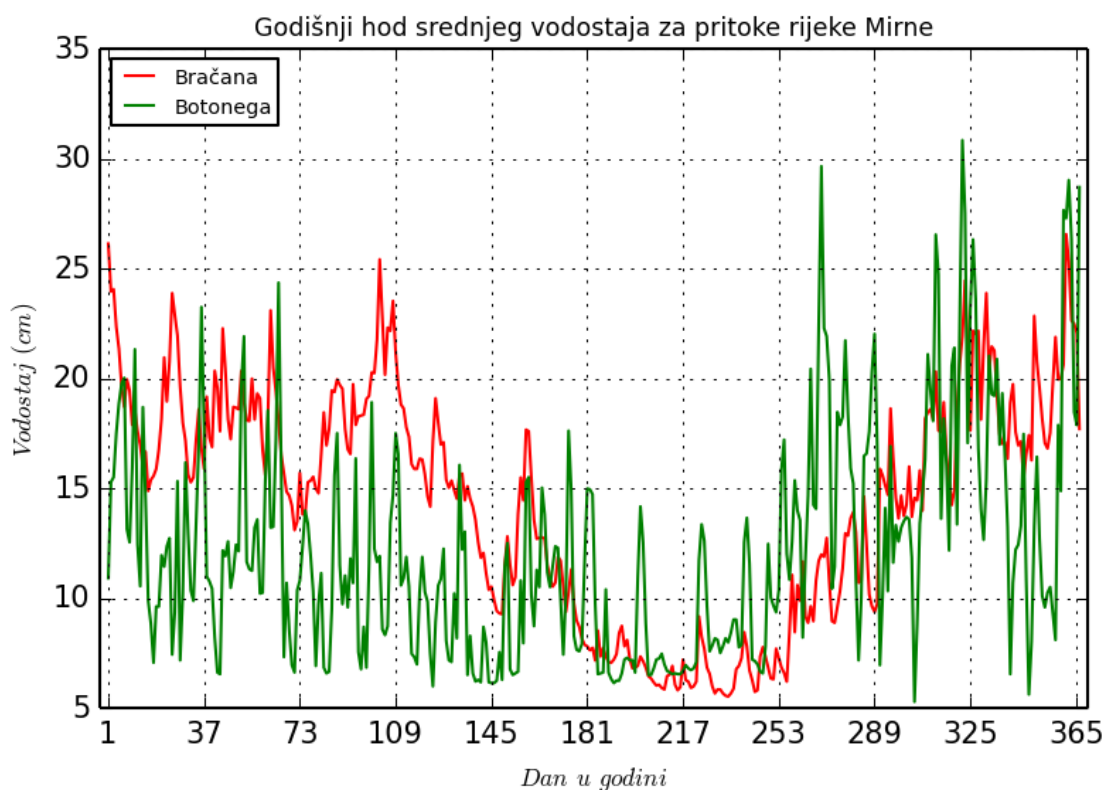
Analizirani su i dnevni ekstremi protoka za period 2001.-2012. godine te dnevni ekstremi vodostaja za period od 1992.-2012. godine. Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi protoka na Portonskom mostu iznose $4,59 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$, na postaji Motovun $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ te na postaji Buzet $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi vodostaja na Portonskom mostu iznose $17,1 \text{ cm}$ i -39 cm , na postaji Motovun $50,6 \text{ cm}$ i 12 cm te na postaji Buzet $27,3 \text{ cm}$ i 1 cm . Detaljniji rezultati statističke analize u obliku srednjih mjesečnih i godišnjih vrijednosti prikazani su u prilogu (Prilog 1., Tablica 1.) te je iznad svake promatrane varijable istaknut period analize.

3.2.1.2 Analiza vodnog režima na hidrološkim postajama na pritokama rijeke Mirne (Bračana i Botonega)

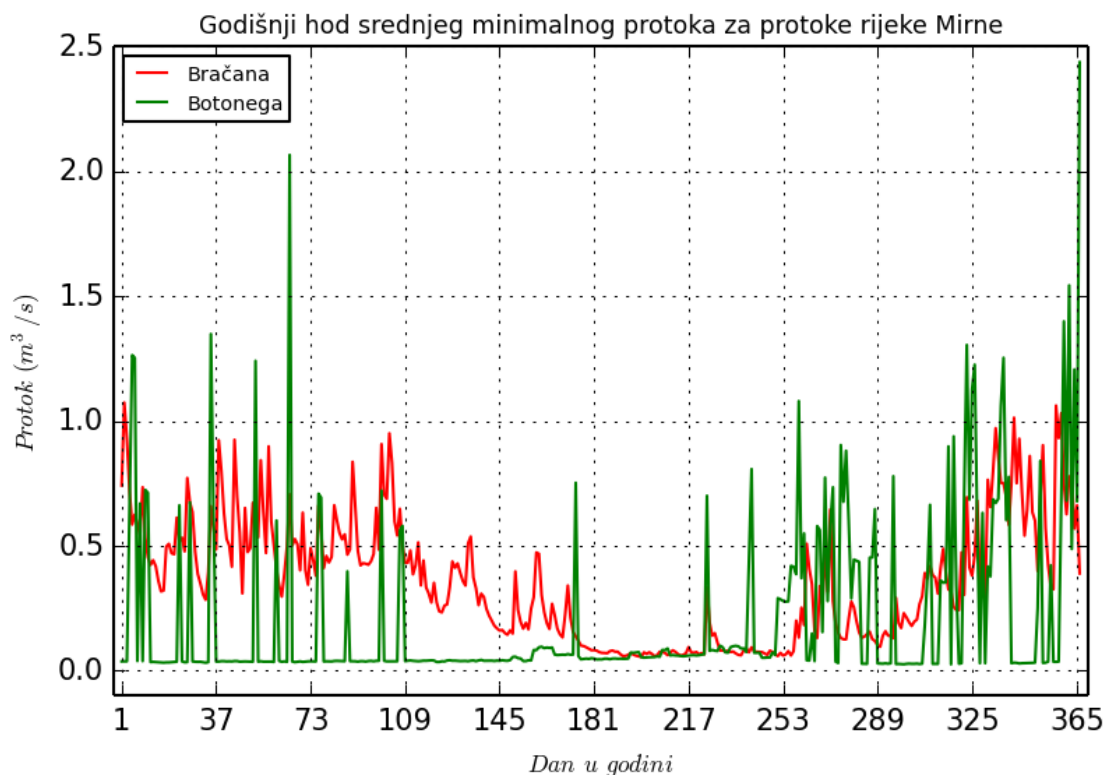
Na temelju podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda za hidrološke postaje Abrami (Bračana) i Šćulci-stepenica (Botonega) napravljena je statistička obrada višegodišnjih nizova dnevnih protoka i vodostaja. Analizom su dobivene srednje dnevne, srednje dnevne minimalne i maksimalne te apsolutne minimalne i maksimalne mjesečne i godišnje vrijednosti protoka i vodostaja na promatranim postajama (Prilog 1., Tablica 2.). Također su dani grafički prikazi godišnjih hodova srednjih dnevnih (Slika 33. i Slika 34.) i srednjih dnevnih minimalnih (Slika 35. i Slika 36.) protoka i vodostaja te pripadne krivulje trajanja (Slika 37.) za razmatrani period.



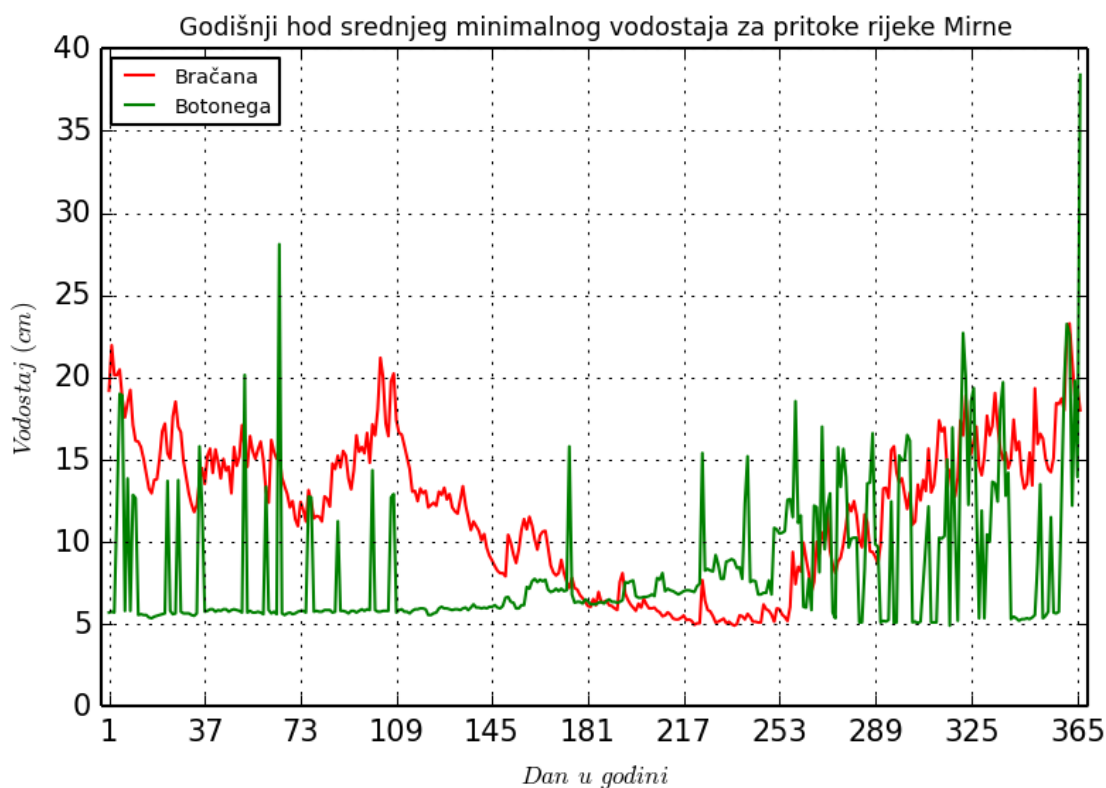
Slika 33. Godišnji hod srednjih dnevnih protoka na hidrološkim postajama Abrami (Bračana) za period 1985.-2012. i Šćulci-stepenica (Botonega) za period 1986.-2012.



Slika 34. Godišnji hod srednjih dnevnih vodostaja na hidrološkim postajama Abrami (Bračana) za period 1985.-2012. i Šćulci-stepenica (Botonega) za period 1986.-2012.



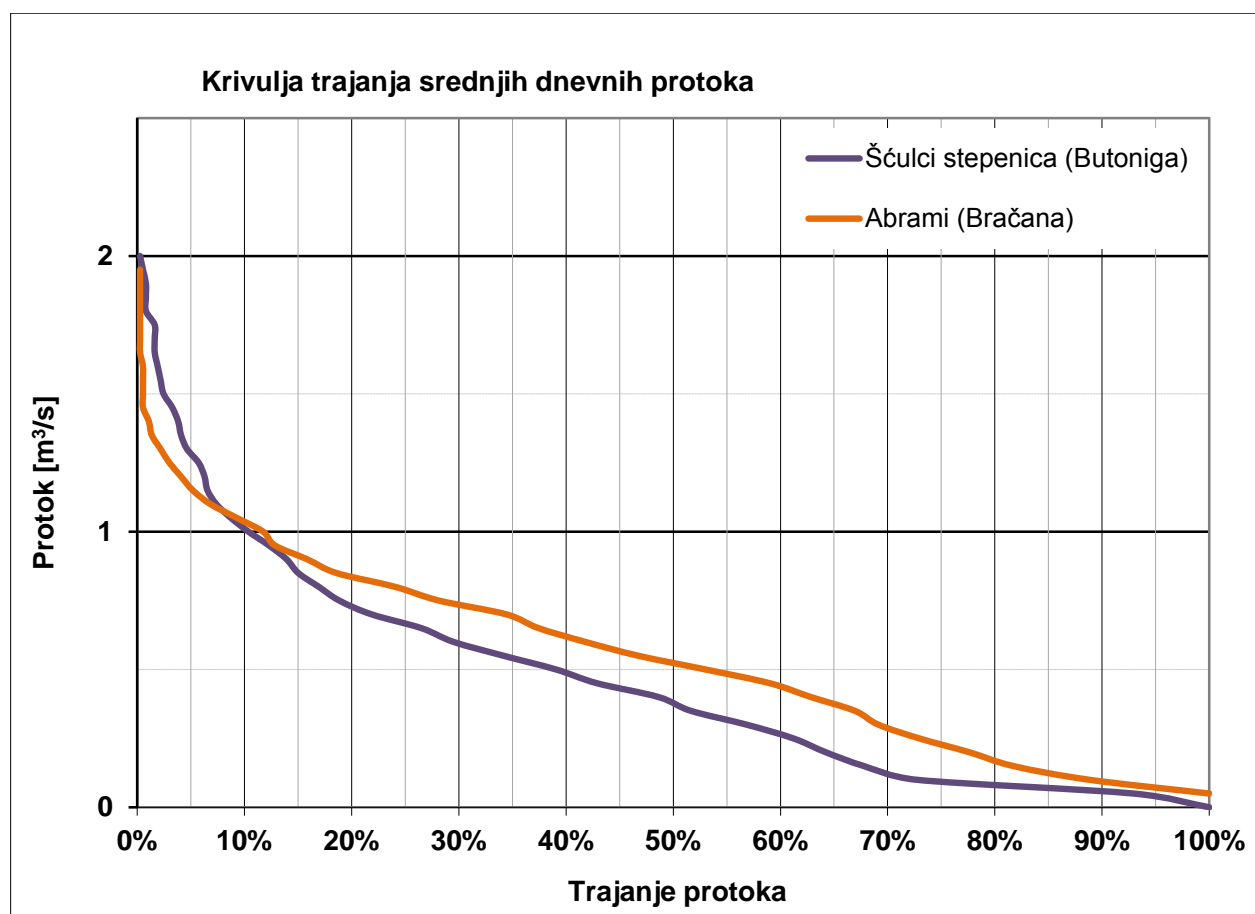
Slika 35. Godišnji hod srednjih dnevnih minimalnih protoka dobiven na temelju analize satnih vrijednosti na hidrološkim postajama Abrami (Bračana) i Šćulci- stepenica (Botonega) za period analize 2001.-2012. g.



Slika 36. Godišnji hod srednjih dnevnih minimalnih vodostaja na hidrološkim postajama Abrami (Bračana) i Šćulci- stepenica (Botonega) (1993.-2012.)

Pritok Bračana ima bujični karakter i u tom ogranku rijeke Mirne vode većinu vremena ima jako malo dok za vrijeme kišnih razdoblja visoke vode brzo nadolaze, ali kratko traju. Prosječni godišnji vodostaji na postajama Abrami (Bračana) i Šćulci- stepenica (Botonega) iznose 14,6 cm i 12,5 cm, a srednji godišnji protoci $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prema krivulji trajanja na postaji Abrami (Bračana) godišnji protok prisutan u 95% vremena iznosi $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ dok protok prisutan u 80% vremena iznosi $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednji godišnji protok od $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ na postaji Abrami (Bračana) javlja se u skoro 49% slučajeva (Slika 37.). Godišnji protok na postaji Šćulci-stepenica (Botonega) prisutan u 95% vremena iznosi $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ dok je protok od $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ prisutan u 80% vremena. Srednji godišnji protok od $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$ na postaji Šćulci- stepenica (Botonega) javlja se u 41% slučajeva (Slika 37.).



Slika 37. Krivulja trajanja protoka na postajama Abrami (Bračana) i Šćulci-stepenica (Botonega) za period 1986.-2012.

Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi protoka na postaji Abrami (Bračana) su $0,37 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0 \text{ m}^3/\text{s}$ te na postaji Šćulci-stepenica (Botonega) $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi vodostaja na postaji Abrami (Bračana) (Abrami) su 12,1 cm i 1 cm te na postaji Šćulci- stepenica (Botonega) 8,5 cm i 2 cm. Detaljniji rezultati statističke analize u obliku srednjih mjesečnih i godišnjih vrijednosti i period analize svake varijable prikazani su u Prilogu 1.(Tablica 2.).

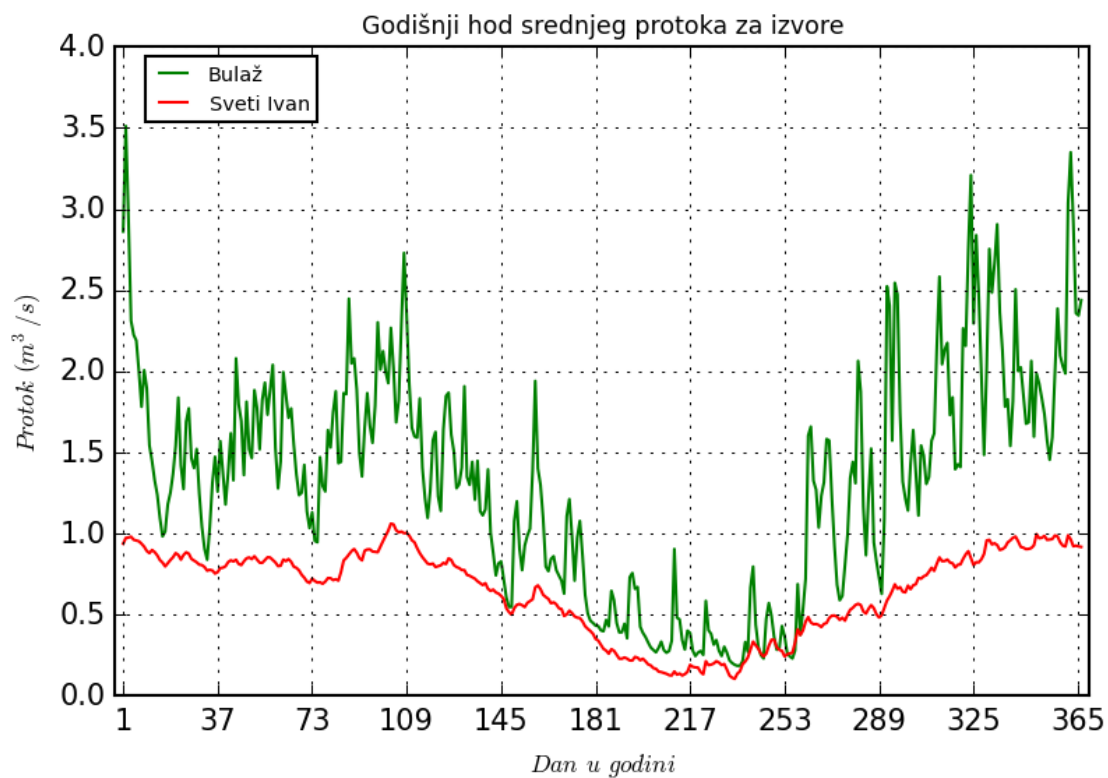


3.2.1.3 Analiza vodnog režima na hidrološkim postajama na izvorima Bulaž i Sv. Ivan

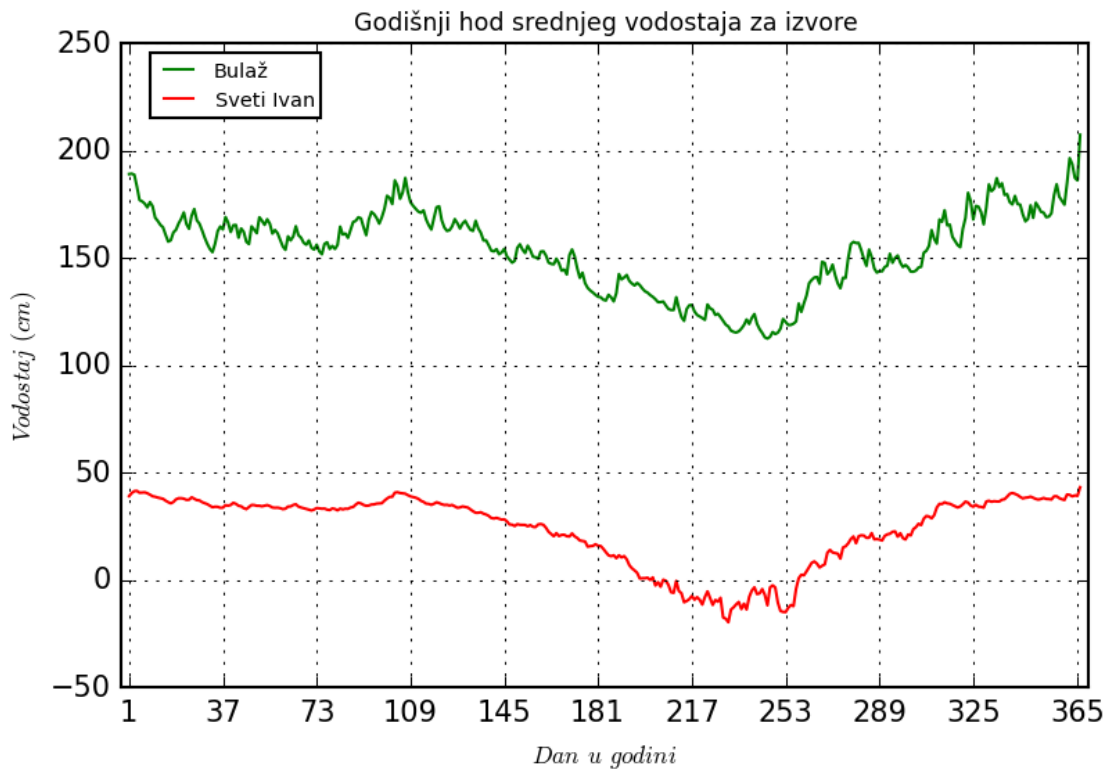
Izvor Bulaž je krško vrelo uzlaznog tipa, a nalazi se na početku prostrane doline srednjeg toka Mirne u neposrednoj blizini termalnog izvorišta Istarske toplice. Vode sa ovog izvora trenutno su jedini izvor vode za najuzvodniji dio starog toka Mirne (3. kazeta), koji se spaja sa vodotokom Gradinje. Na površini ima oblik jezerca promjera oko 50m. Izvor je podzemnih voda koji se koristi kao rezervno crpilište Istarskog vodovoda, a aktivira se isključivo tijekom ljetnih izrazitih sušnih razdoblja.

Izvor Sv. Ivan nalazi se u dnu doline rijeke Mirne, oko 1 km jugoistočno od Buzeta. U neposrednoj blizini glavnog izvora nalazi se još desetak jezeraca iz kojih povremeno ili stalno istječe voda, a svi zajedno čine izvorišnu zonu. Kod većih voda prorade svi okolni izvori kao preljevne vode glavnog izvora. Važnu ulogu u regulaciji maksimalnih izdašnosti na izvoru Sv. Ivan ima povremeni izvor Tombazin, koji u stvari predstavlja preljev podzemnih voda iz krškog vodonosnika pri ekstremnim vodostajima.

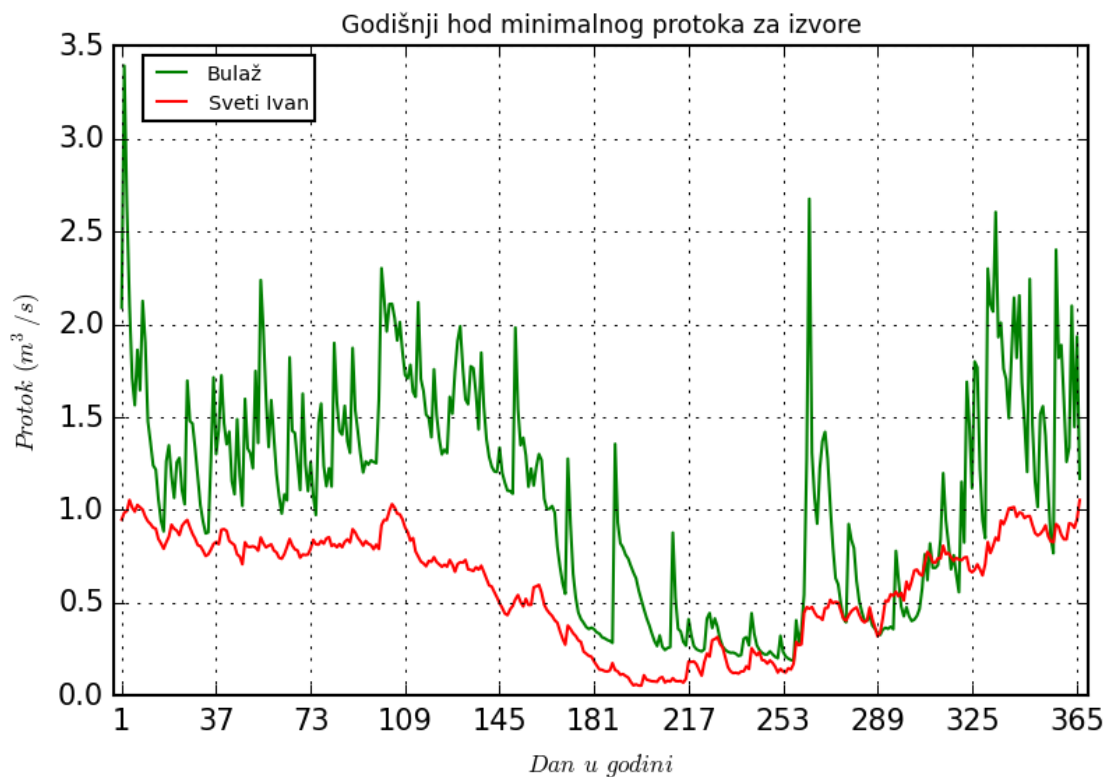
Na temelju podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda za hidrološke postaje na izvorima Bulaž i Sv. Ivan napravljena je statistička obrada višegodišnjih nizova dnevnih protoka i vodostaja. Analizom su dobivene srednje dnevne, srednje dnevne minimalne i maksimalne te apsolutne minimalne i maksimalne mjesečne i godišnje vrijednosti protoka i vodostaja na promatranim postajama (Prilog 1., Tablica 3.). Također su prikazani godišnji hodovi srednjih dnevnih (Slika 38. i Slika 39.) i srednjih dnevnih minimalnih (Slika 40. i Slika 41.) protoka i vodostaja te pripadne krivulje trajanja za razmatrani period (Slika 42.).



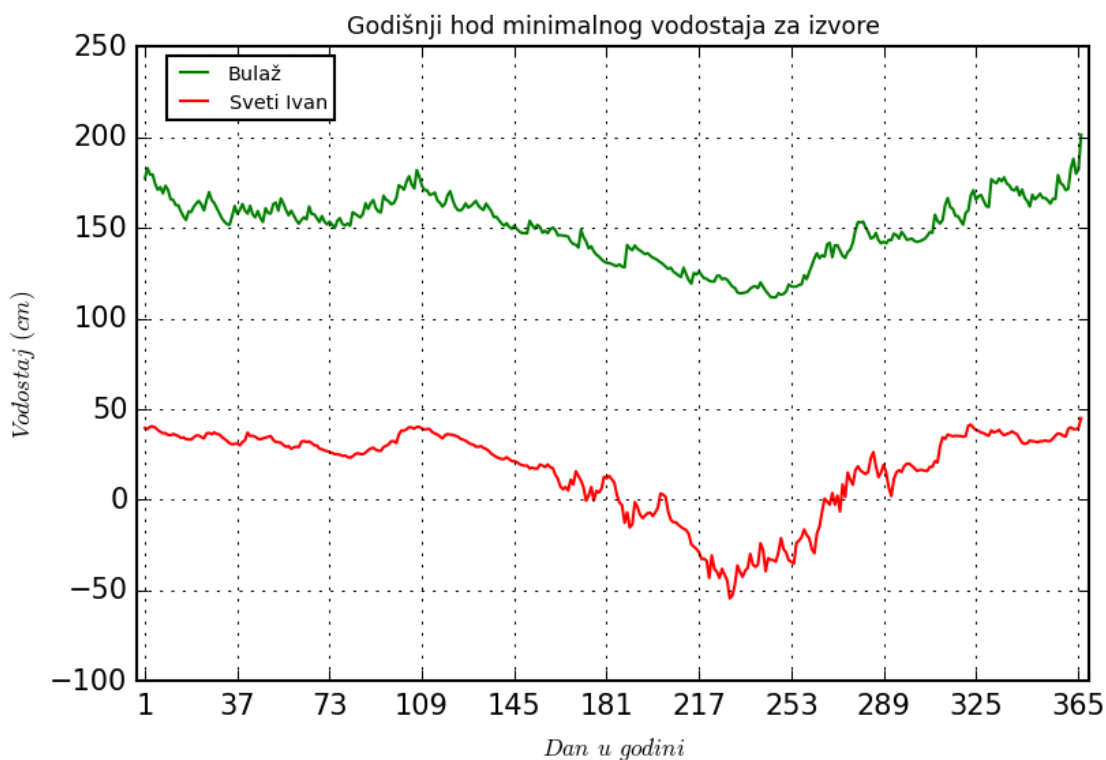
Slika 38. Godišnji hod srednjih dnevnih protoka na izvorima Bulaž (1989.-2012.) i Sv. Ivan (1986.2012.)



Slika 39. Godišnji hod srednjih dnevnih vodostaja na izvorima (1989.-2012.) i Sv. Ivan (1986.2012.)



Slika 40. Godišnji hod srednjih dnevnih minimalnih protoka na izvorima Bulaž i Sv. Ivan (2001.-2012.)

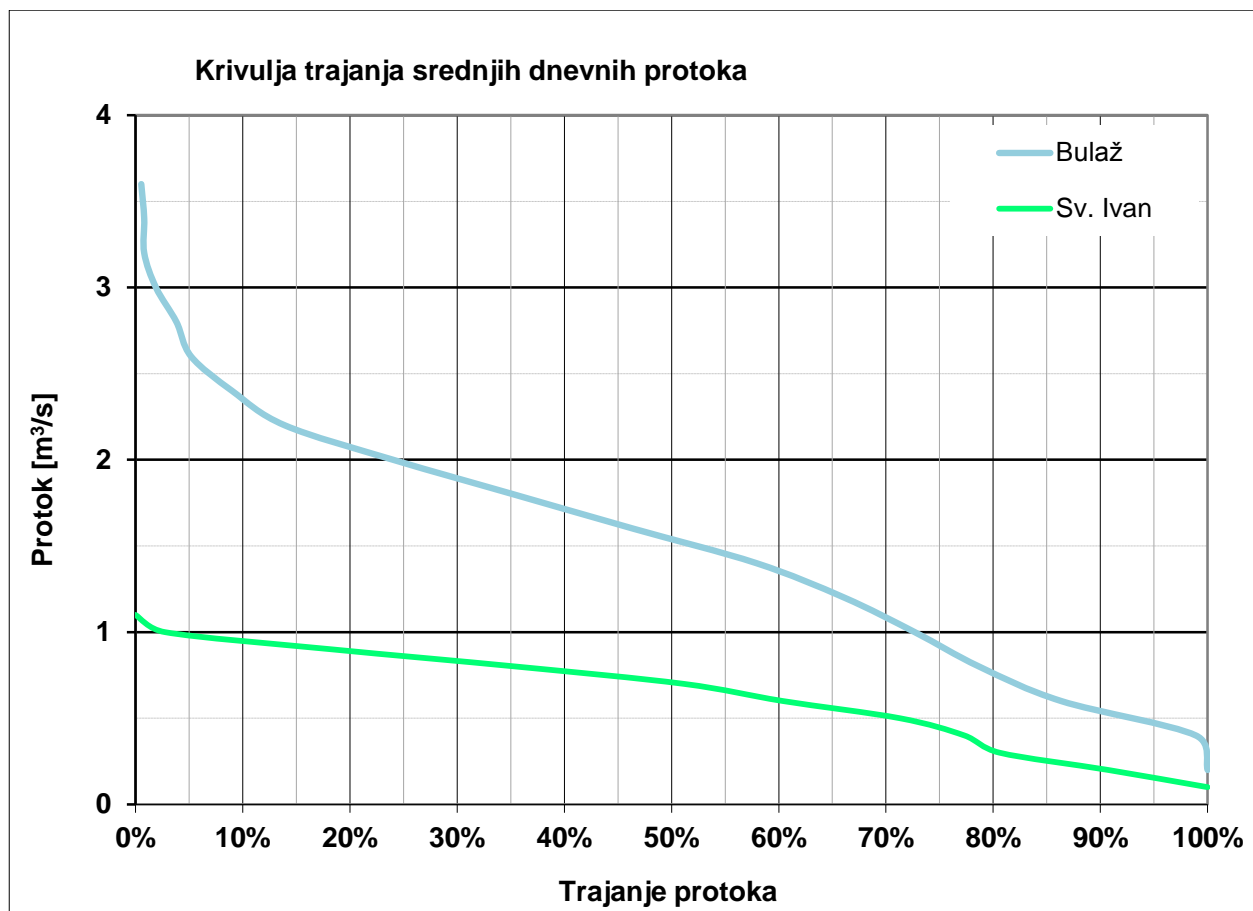


Slika 41. Godišnji hod srednjih dnevnih minimalnih vodostaja na izvorima Bulaž i Sv. Ivan (1997.-2012.)

Podaci o vodostaju na postaji Bulaž nisu u potpunosti konzistentni što se vidi iz višegodišnjeg hoda srednje visine vode (Slika 27.). Godine 1995. dolazi do naglog skoka vodostaja, koji također u nekim periodima poprima i negativne vrijednosti, do promjene je došlo zbog premještanja vodokazne letve s izvora na crpnu stanicu. Za period 1989.-1995. godine srednji vodostaj (SH) iznosio je 47,3 cm, dok je u razdoblju 1995.-2012. godine srednji vodostaj iznosio 149,3 cm. Tijekom 1995. godine mjerenja vodostaja su obavljena u stanju još nestabiliziranog profila nakon izvršenog prokopa nasipa, stoga su u analizi uzeti u obzir podaci od 1996.-2012. godine.

Podaci o vodostaju na postaji Sv. Ivan od 1997. godine poprimaju i negativne vrijednosti, a zbog nekonzistentnosti podataka napravljena je analiza podataka za dva perioda: bez (1986.-1997.) i s negativnim podacima (1997.-2012.). Za period 1986.-1997. godine srednji vodostaj iznosio je 31.8 cm, dok je u razdoblju 1997.-2012. godine srednji vodostaj iznosio 24 cm, te će za njega biti obavljane daljnje analize srednjih vodostaja i njegovih ekstrema.

Prosječni godišnji vodostaj na postaji Bulaž iznosi 152 cm dok na postaji Sv. Ivan iznosi 24 cm. Srednji godišnji protok na preljevu izvora Bulaž iznosi 1,31 m³/s dok isti na preljevu izvora Sv. Ivan iznosi 0,64 m³/s. Prema krivulji trajanja izvora Bulaž (Slika 42.) godišnji protok prisutan u 95% vremena iznosi 0,27 m³/s, protok prisutan u 80% vremena iznosi 0,55 m³/s dok se srednji godišnji protok od 1,31 m³/s javlja u 62% slučajeva. Uvidom u krivulju trajanja izvora Sv. Ivan (Slika 42.) godišnji protok prisutan u 95% vremena iznosi 0,15 m³/s, protok prisutan u 80% vremena iznosi 0,33 m³/s dok se srednji godišnji protok od 0,64 m³/s javlja u 57% slučajeva.



Slika 42. Krivulja trajanja protoka na izvorima Bulaž (1989.-2012.) i Sv. Ivan (1986.2012.)

Srednji godišnji minimum i apsolutni minimum protoka na izvoru Bulaž iznose 1,08 m³/s i 0,12 m³/s dok na izvoru Sv. Ivan 0,6 m³/s i 0,0 m³/s. Srednji godišnji minimum i apsolutni minimum vodostaja su 148,3 cm i -62 cm na izvoru Bulaž te 19 cm i -108 cm na izvoru sv. Ivan. Detaljniji rezultati statističke analize u obliku srednjih mjesečnih i godišnjih vrijednosti prikazani su u prilogu (Prilog 1., Tablica 3.).

3.2.1.4 Analiza vodnog režima na području Motovunske šume

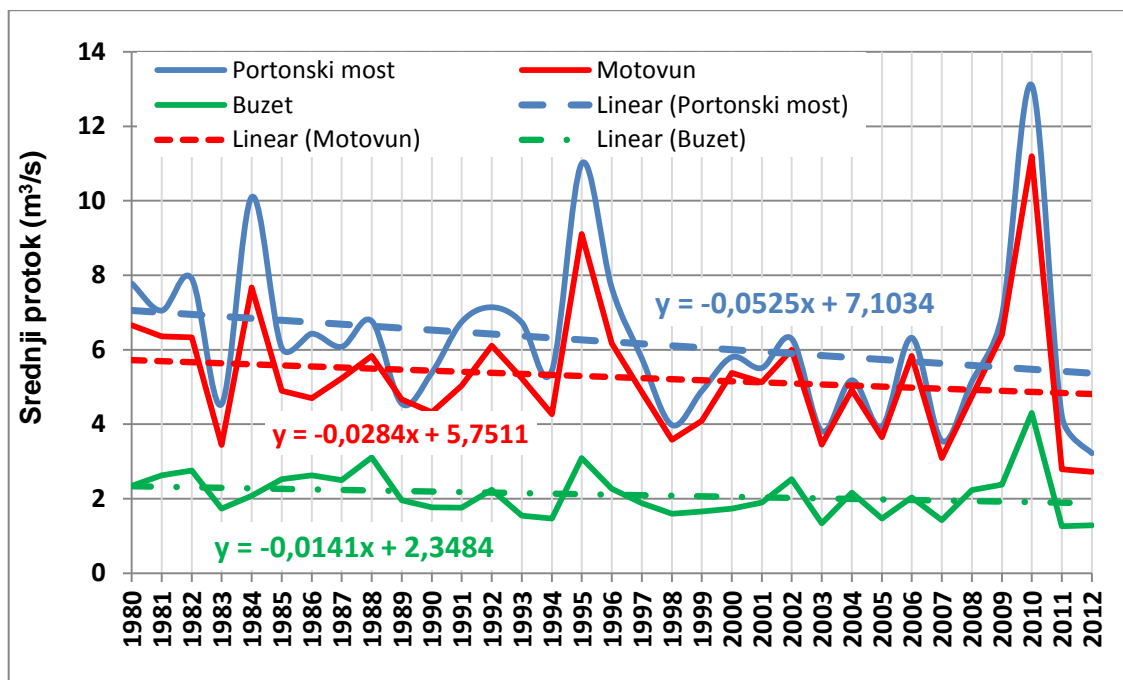
Prema obrađenim podacima sa sedam relevantnih hidroloških postaja iz prethodnih poglavlja, napravljena je analiza vodnog režima na području Motovunske šume. Vodni režim je sagledan s aspekta srednjih godišnjih protoka koji se javljaju na obrađenim hidrološkim postajama.

Tablica 3. Srednji godišnji protoci koji se javljaju na promatranom području

Hidrološka postaja	Srednji protok* (m ³ /s)	Napomena
Abrami (Bračana)	0,6	nizvodno od postaje postoje značajni pritoci
Sv. Ivan	0,6	nizvodno od postaje utjeće prtok Rečica
Buzet (Mirna)	2,1	nizvodno od postaje značani pritoci utjeću u rijeku Mirnu
Istarske toplice (Mirna)	3,6	1975.-1985.
Izvor Bulaž	1,3	sam izvor značajno doprinosi, a nakon njega utiče pritoka Mlaka
Šćulci stepenica (Botonega)	0,5	nizvodno od utoka u rijeku Mirnu postoje značajni pritoci
Motovun (Mirna)	5,4	na dionici vodotoka između tih postaja, postoji značajni pritoci
Portonski most (Mirna)	6,3	

Prema pregledu srednjih godišnjih protoka (Tablica 3.) te prema lokacijama relevantnih hidroloških postaja na hidrološkoj karti (Slika 24.) može se uočiti da se najveći srednji protok od 6,3 m³/s očekivano javlja na postaji Portonski most (regulirano korito Mirne) koja prihvaća gotovo sve vode sliva Mirne jer se nalazi na najnižvodnijoj točki ovog dijela sliva, na kraju Motovunske šume. Srednji godišnji protoci na hidrološkim postajama Abrami (Bračana) i Buzet (Mirna) od 0,6 m³/s i 2,1 m³/s upućuju na to da se protok na Istarskim toplicama u prošlosti kretao oko 3,6 m³/s. Nizvodno od postaja Abrami (Bračana) i Buzet (Mirna) priključuju se brojni vodotoci stalnih i povremenih tokova, dok na početku Motovunske šume značajan doprinos daje izvor Bulaž sa srednjim godišnjim protokom od 1,3 m³/s te lijeva pritoka Mlaka. Doprinos Butonige sa 0,5 m³/s, i ostalih stalnih i povremenih pritoka, na postaji Motovun (regulirano korito Mirne) uzrokuje srednji godišnji protok od 5,4 m³/s. Obzirom da se do hidrološke postaje Portonski most (Mirna) ne mjeri vodostaj i protok, može se zaključiti, da se na toj dionici priključuje nekoliko stalnih i povremenih vodotoka (Slika 24.) koji na navedenoj postaji povećavaju prosječni godišnji protok vode za oko 1 m³/s.

Usporedba srednjih godišnjih protoka na hidrološkim postajama rijeke Mirne tijekom razdoblja 1980.-2012. (Slika 43.) pokazuje da se hodovi i trendovi srednjih godišnjih protoka prate relativno dobro. Na nizvodnim postajama vrijednosti srednjih godišnjih protoka su očekivano veće.



Slika 43. Hod srednjih godišnjih protoka hidroloških postaja na rijeci Mirni (1980.-2012)

Također se može uočiti da je kod svih postaja izražen trend opadanja srednjih godišnjih protoka. Opadanje je najmanje izraženo na postaji Buzet, a najviše na postaji Portonski most što svakako ovisi o položaju navedenih postaja (najnižvodnija i najuzvodnija postaja). Taj trend opadanja se može protumačiti povećanom potrošnjom voda unutar sliva (povećanje vodoopskrbnih potreba sa pripadajućih izvorišta u slivu, pojave uzimanja vode iz korita za potrebe navodnjavanja manjih poljoprivrednih površina) kao i trendom smanjenja godišnjih količina oborina na području sliva (Matković, 2011.).

3.2.1.5 Postojeće i planirano korištenja voda na režim otjecanja voda u slivu rijeke Mirne

Glavni postojeći i planirani korisnici voda, koji imaju ili bi mogli imati utjecaj na režim otjecanja voda na području sliva rijeke Mirne su:

1. Vodoopskrba (sustav javne vodoopskrbe)
2. Navodnjavanje - trenutno u donjem dijelu sliva, ali je planirana izgradnja nekoliko akumulacija kroz tri razvojne faze (Sažetak novelacije plana navodnjavanja Istarske županije, 2007.)
3. Golf igrališta - planirano golf igralište kod Motovuna
4. Proizvodnja električne energije - Prema *Prostornom planu Istarske županije* predviđeno je korištenje hidroenergetskog potencijala unutar vodoopskrbnog sustava "Istarski vodovod Buzet" (10 malih hidroelektrana u sastavu vodosprema na zapadnom priobalju Županije) i 9 na rijeci Mirni od Buzeta do Ponte Portona.
5. Akvakultura - prema *Prostornom planu Istarske županije* potrebno je valorizirati uzgoj riječnih rakova u uzvodnom dijelu toka rijeke Mirne

Trenutno su u sustavu javne vodoopskrbe na prostoru sliva Mirne uključena tri značajnija izvora: Sv. Ivan, Bulaž i Gradole te akumulacija Botonega koja iskazuje nedostatke u

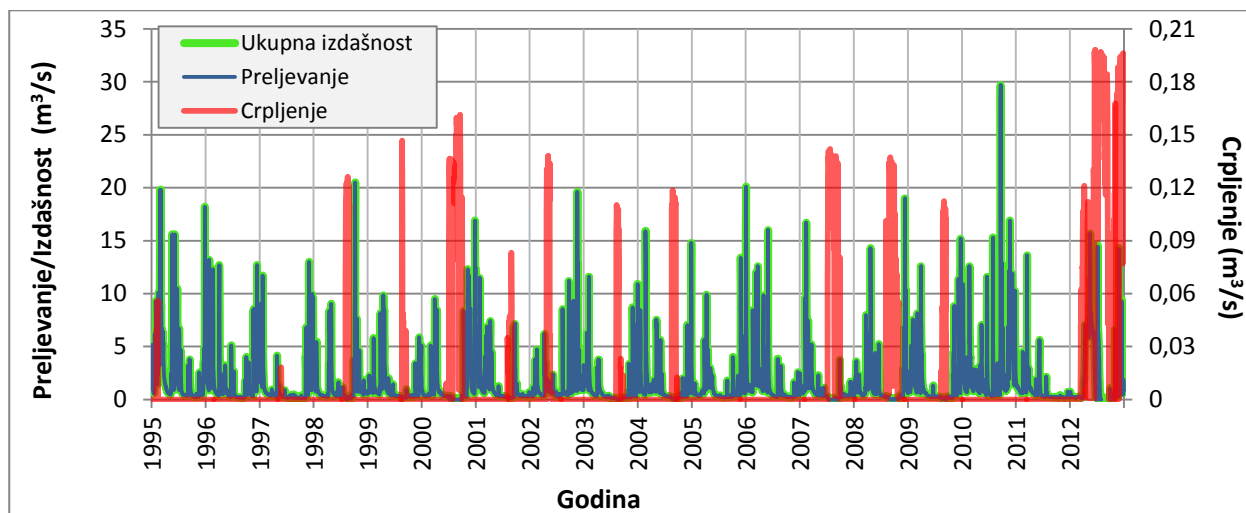
kakvoći vode u odnosu na podzemne vode navedenih izvorišta. Tijekom jesenskog i zimskog razdoblja su najveće izdašnosti spomenutih izvora te u tom razdoblju veći dio preljevni voda izvora neposredno odlazi u rijeku Mirnu. Nakon razdoblja najveće izdašnosti slijedi pražnjenje podzemnih rezervi, a najviše se crpi tijekom srpnja i kolovoza kada su vodne zalihe najmanje.

Svi gore navedeni korisnici voda mogu imati utjecaj na vodni režim u području Motovunske šume te su isti sadržani unutar obrađenih podataka na relevantnim hidrološkim postajama. No lokalno gledajući utjecaj na stanje u tom dijelu starog toka Mirne (3. kazeta) ima vodocrpilište Bulaž, kao trenutno jedini izvor vode u starom toku Mirne koji prolazi 3. kazetom. S druge strane, akumulacija Butoniga ima veliki utjecaj na režim pojave visokih voda i poplava.

3.2.1.5.1 Vodocrpilište Bulaž

Vodocrpilište Bulaž aktivira se isključivo tijekom ljetnih izrazitih sušnih razdoblja na način da se ili neposredno upušta u vodoopskrbni sustav, ili ga se precrpkuje u kaptažu izvora Gradole. Kapacitet spojnog cjevovoda prema izvoru Gradole je $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$, a kota preljeva izvora Bulaž je na oko 17 m n.m

U razdoblju od 1989. do 2012. godine minimalna izdašnost izvora u sušnom razdoblju (VI-IX mjesec) opada na $0 \text{ m}^3/\text{s}$ dok maksimalna izdašnost povremeno premašuje $20 \text{ m}^3/\text{s}$. U rujnu 2010. godine zabilježena je maksimalna mjesečna izdašnost koja je iznosila $33,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Tijekom novijega razdoblja (1995.-2012.) srednja godišnja izdašnost je iznosila $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$, a srednja godišnja količina crpljenja $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ (315.360 m^3 godišnje). Dosadašnjim režimom rada vodocrpilišta u ljetnim mjesecima (iako rijetkim) crpljena je sva raspoloživa voda na izvorištu, odnosno nije bilo prelijevanja i prihranjivanja rijeke Mirne (Slika 44). Također i u prirodnim uvjetima (bez crpljenja) ponekad nema prelijevanja (Slika 42.).



Slika 44. Dijagram raspodjele mjesečne ukupne izdašnosti, preljevanja i crpljenja (m^3/s) na izvoru Bulaž za niz 1995.-2012. g. (izdašnost = preljevanje+crpljenje)

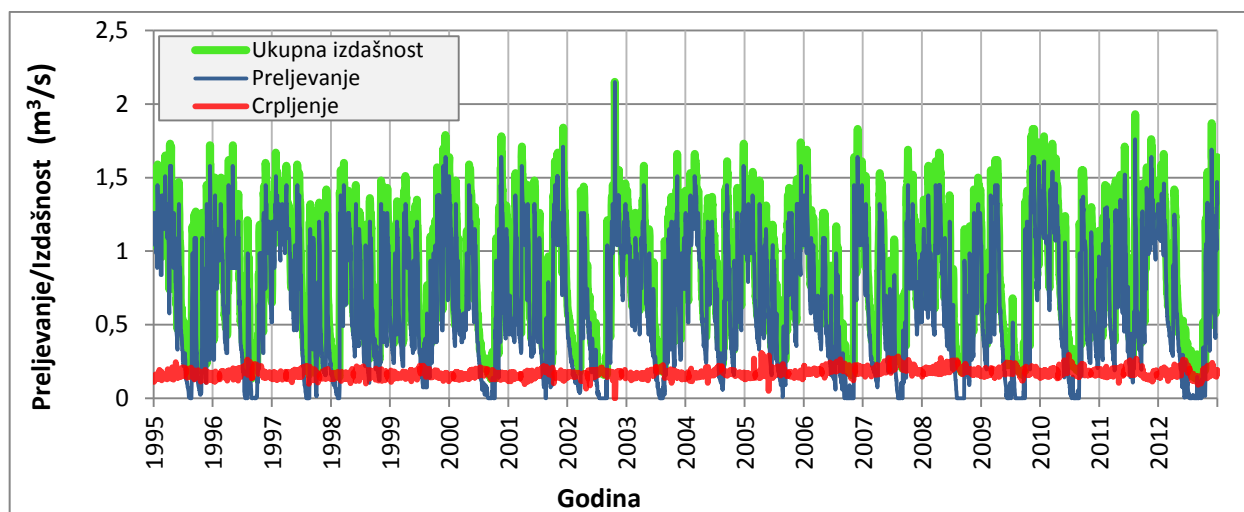
3.2.1.5.2 Vodocrpilište Sv. Ivan

Izvor Sv. Ivan je prvi značajniji krški izvor koji je kaptiran i uključen u vodoopskrbni sustav Istre od 1933. godine. Zahvatna građevina iznad izvora je kružnog oblika s polumjerom od 22 m i otvorenog dna. Prag preljeva je na koti od 46,92 m n.m., a preljevne vode se evakuiraju odvodnim kanalom u rijeku Mirnu. Iz zahvatne građevine voda se odvodi na oko 4 m ispod razine terena do zgrade za preradu vode u kojoj su ugrađene crpke s usisnom košarom na 4 m dubine, što omogućava sniženja u sušnim razdobljima.

Prema minimalnim mjesečnim vrijednostima niza od 1986. do 2012. godine izdašnost izvora u sušnom razdoblju (VI-IX mjesec) spusti se na 0,063 do 0,124 m³/s dok maksimalna izdašnost povremeno premašuje 2 m³/s. Izvor karakterizira relativno velika minimalna izdašnost i relativna ujednačenost maksimalne izdašnosti u odnosu na uobičajene hidrološke uvjete na krškim izvorima. Realni odnos minimalne i maksimalne izdašnosti izvora teško je odrediti jer se u ranijem razdoblju nisu provodila sustavna mjerenja, a u novijem razdoblju se ostvaruje crpljenje ispod kote preljeva, pa taj odnos ovisi više o količini crpljenja u sušnom razdoblju nego o maksimalnim izdašnostima.

Analiza preljevanja i crpljenja te ukupne izdašnosti izvora Sv. Ivan (Slika 45.) tijekom novijega razdoblja (1986.-2012.) pokazuje da je srednja godišnja izdašnost 0,812 m³/s, a srednja godišnja količina crpljenja 0,167 m³/s (5,27 milijuna m³ godišnje). Crpi se svega 21 % raspoloživih količina vode.

Dosadašnjim režimom rada vodocrpilišta u ljetnim mjesecima crpljena je sva raspoloživa voda na izvorištu odnosno nije bilo preljevanja i prihranjivanja rijeke Mirne osim u iznimno kišnim godinama (Definiranje ekološki prihvatljivog protoka Mirne, Oikon d.o.o. , 2013.).



Slika 45. Dijagram raspodjele mjesečne ukupne izdašnosti, preljevanja i crpljenja (m³/s) na na izvoru Sv. Ivan za niz 1986.-2012. g. (Izdašnost = preljevanje+crpljenje)

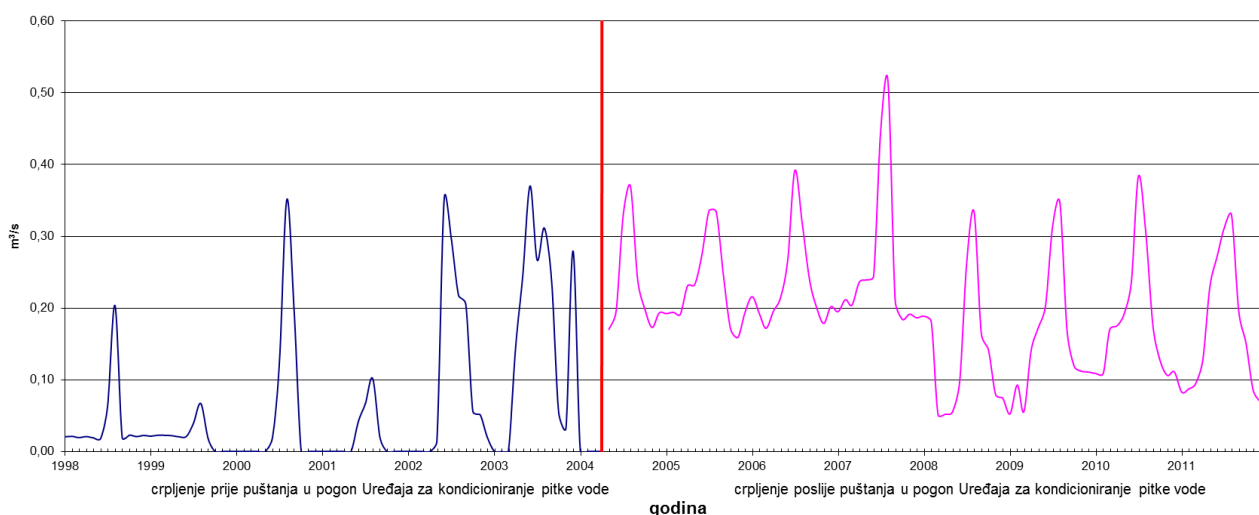
3.2.1.5.3 Akumulacija Butoniga

Osim izvorišta podzemnih voda, u vodoopskrbi Istre koristi se i jedna površinska akumulacija u središnjoj Istri - Butoniga, koja predstavlja umjetno jezero formirano 1987/88. godine s dvojnog namjenom zaštite od štetnog djelovanja voda i vodoopskrbe.

Jezero je u proteklom razdoblju svoju važnost dokazalo i u funkciji zaštite od štetnog djelovanja voda i u funkciji vodoopskrbe. U nekoliko navrata spriječene su velike poplave u dolini rijeke Mirne, od kojih najveće u rujnu 1993. i kolovozu 2002. godine. Svoj pravi značaj i važnost za vodoopskrbu akumulacija Butoniga dokazala je nakon puštanja u rad postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga instaliranog kapaciteta 1 m³/s u ljetnoj sezoni 2002. godine, a naročito 2003. godine. Od proljeća 2004. godine postrojenje je u neprekidnom radu tj. voda se direktno zahvaća iz akumulacije i pročišćava, a pročišćena voda se transportira u magistralni cjevovod kapaciteta 2 m³/s, (profil cjevovoda na glavnom pravcu je od 1.600 mm do 600 mm).

Slika 46. prikazuje mjesečno crpljenje iz akumulacije Butoniga (1998.-2011.). Dijagram je podijeljen na dva dijela - crpljenje prije i poslije puštanja u pogon Uređaja za kondicioniranje pitke vode koji je započeo s kontinuiranim radom u proljeće 2004. godine (2002. je započela prva faza pročišćavanja 1 m³/s).

U 2007. godini došlo do povećanog crpljenja vode iz akumulacije Butoniga (Slika 46.) zbog pojačanog zagađenja nekolicine zdenaca u Puli koji su time isključeni iz vodoopskrbe te zbog osiguranja kakvoće vode na izlazu iz cjevovoda. Uslijed povećanja crpljenja iz akumulacije, smanjilo se crpljenje na izvorima podzemne vode.



Slika 46. Dijagram raspodjele mjesečnog crpljenja (m³/s) na akumulaciji Butoniga za niz 1998.-2012.

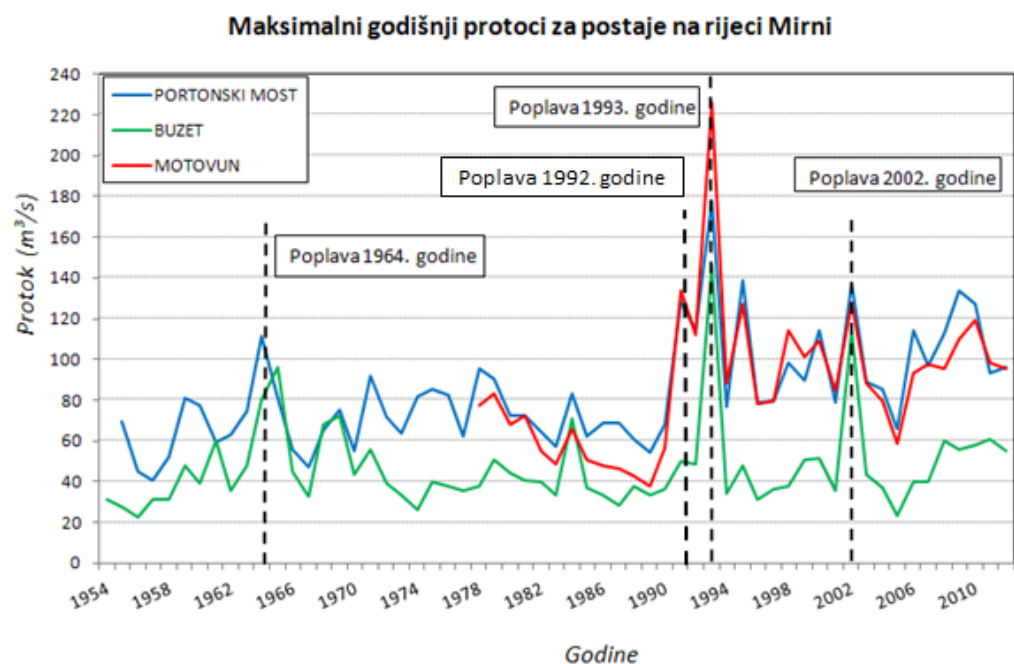
Postojeće korištenje vode, koje ima utjecaj na režim otjecanja voda u slivu Mirne, je korištenje vode za vodoopskrbu. Pri tome postoje periodi kada je korištenje vode iz akumulacije Botonega takvo da se ne ispušta projektirani biološki minimum od 0,05 m³/s u regulirano korito Botonege pa samim time niti u rijeku Mirnu (Hrvatske vode 2005).

3.2.1.6 Analiza velikih voda sliva rijeke Mirne

Pod pojmom velika voda podrazumijevaju se pojave označene maksimalnim ordinatama nivograma ili hidrograma velikih vodnih valova, koje se očituju kao naglo izdizanje vodostaja ili protoka tijekom vremena. Oblici i volumeni velikih vodnih valova također su vrlo važni hidrološki pokazatelji, a izravno su povezani s maksimalnim vodostajima i protocima (Žugaj, 2000).

Raspored i veličina velikih voda ovise i o sezonama, odnosno sušnom i vodnom razdoblju unutar godine. Raspored oborina na području sliva Mirne je neravnomjeran i prilično nepovoljan. U vegetacijskom razdoblju padne obično ispod 50 % ukupnih godišnjih oborina, pri čemu visinski dijelovi dobiju daleko više oborina od nizinskih. Upravo taj visinski raspored oborina u kombinaciji sa slabo propusnim terenom uzrokuje veoma kratko vrijeme koncentracije vodnog vala te time otežava obranu od poplava u gornjem toku. Velike vode javljaju se obično tijekom jeseni i zime, no nije neobična pojava velikih voda i ljeti.

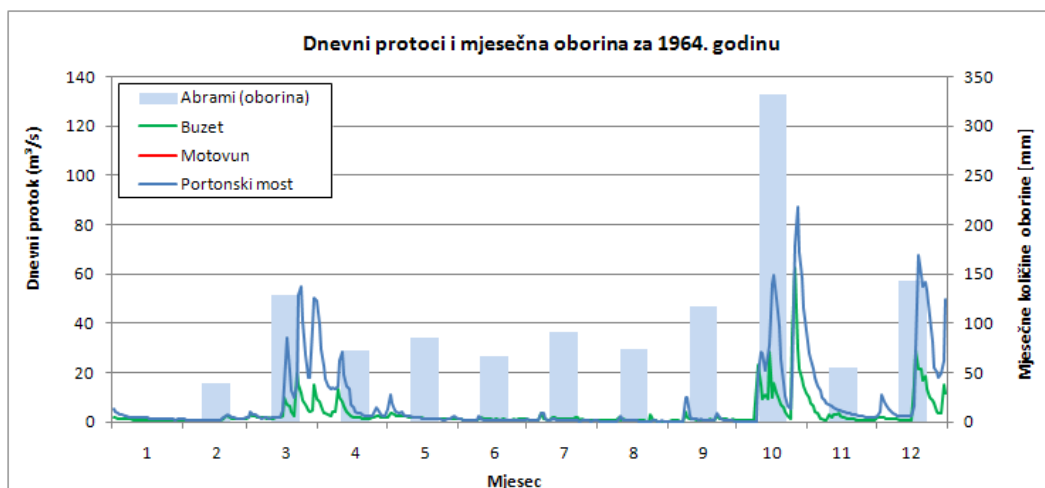
Hidrološki parametri koji daju najbolji prikaz velikih vodnih valova su maksimalni protoci i maksimalni vodostaji. Budući da su promatrana riječna korita i hidrološke postaje bile podložne promjenama tijekom godina, promatraju se maksimalni protoci dobiveni preko odgovarajućih protočnih krivulja. Prema višegodišnjem hodu maksimalnih protoka na postajama rijeke Mirne, zabilježene su četiri velike poplave: 1964., 1992., 1993. i 2002. godine (Slika 47.). Pod pojmom maksimalni protoci podrazumijeva se jedno od karakterističnih stanja vodnog režima koje je posljedica naglog dizanja razine vode, tj. kada se na vodotocima javljaju poplavni vodni valovi.



Slika 47. Maksimalni godišnji protoci na postajama Buzet, Motovun i Portonski most

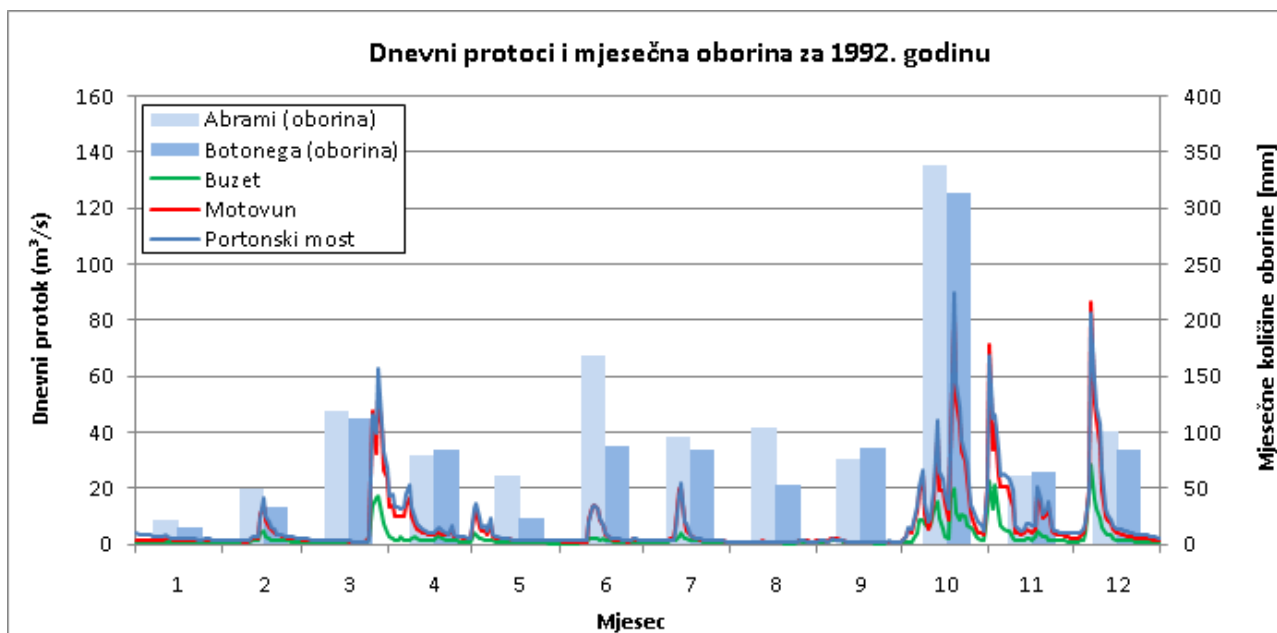
Nakon katastrofalne poplave 1964. godine (Slika 48.), na području Srednje Mirne je projektirano i izvedeno novo korito. Preregulacijom su preusmjereni svi tokovi voda u novoregulirano korito koje je nasipom tj. trupom ceste odijeljeno od ostalog dijela doline. Time je na dijelu područja Motovunske šume promijenjena razina podzemnih voda u tlu, a staro je korito Mirne u srednjem dijelu toka ostalo izvan funkcije. S druge strane, zbog hidrotehničkog napuštanja starog korita rijeke Mirne, koje je meandriralo dolinom srednje Mirne, bitno je smanjena protočnost sustava

izgrađenih odvodnih kanala u samoj šumi, tako da se pojavljuje zabarivanje na pojedinim područjima. Izvedena varijanta ima još jednu veliku manu, a to je uspor rijeke Mirne (blizina utoka), koji uvjetuje visoke vodostaje u obuhvatnom kanalu Srednja Mirna. Visoki vodostaji vrlo nepovoljno djeluju naročito na odvodnju površinskih voda sa poljoprivrednih površina između Ponte Portona i Mlinskog potoka (Revitalizacija područja srednje Mirne uz korito "Stare Mirne", Hrvatske vode, 1999.).



Slika 48. Dnevni protoci na postajama Buzet i Portonski most te mjesečne količine oborine na klimatološkoj postaji Abrami za 1964. godinu

Velikoj poplavi koja se odvila u prosincu 1992. godine prethodilo je 3 do 4 dana dnevnih količina oborina od 10 do 20 mm. Na vodom zasićeno tlo padajući neprekidno u trajanju 24 sata od 5. na 6. prosinca 1992. g. pala je značajna količina oborina na područje gornjeg dijela sliva rijeke Mirne, odnosno njenih pritoka Rečine i Drage (preko 100 mm). Najintenzivniji vodni val javio se u gornjem dijelu sliva Mirne, na hidrološkoj postaji Buzet i Abrami (bujica Bračana) gdje su zabilježeni maksimalni vodostaji (Slika 49.). Pojava velikih voda u gornjem dijelu sliva Mirne imala je karakter rijedeg javljanja dok je akumulacija Butoniga značajno pridonijela sprječavanju poplava dolinskog dijela područja Mirne uključujući i dijelove područja Motovunske šume.



Slika 49. Dnevni protoci na postajama Buzet i Portonski most te mjesečne količine oborine na klimatološkoj postaji Abrami i Botonega za 1992. godinu

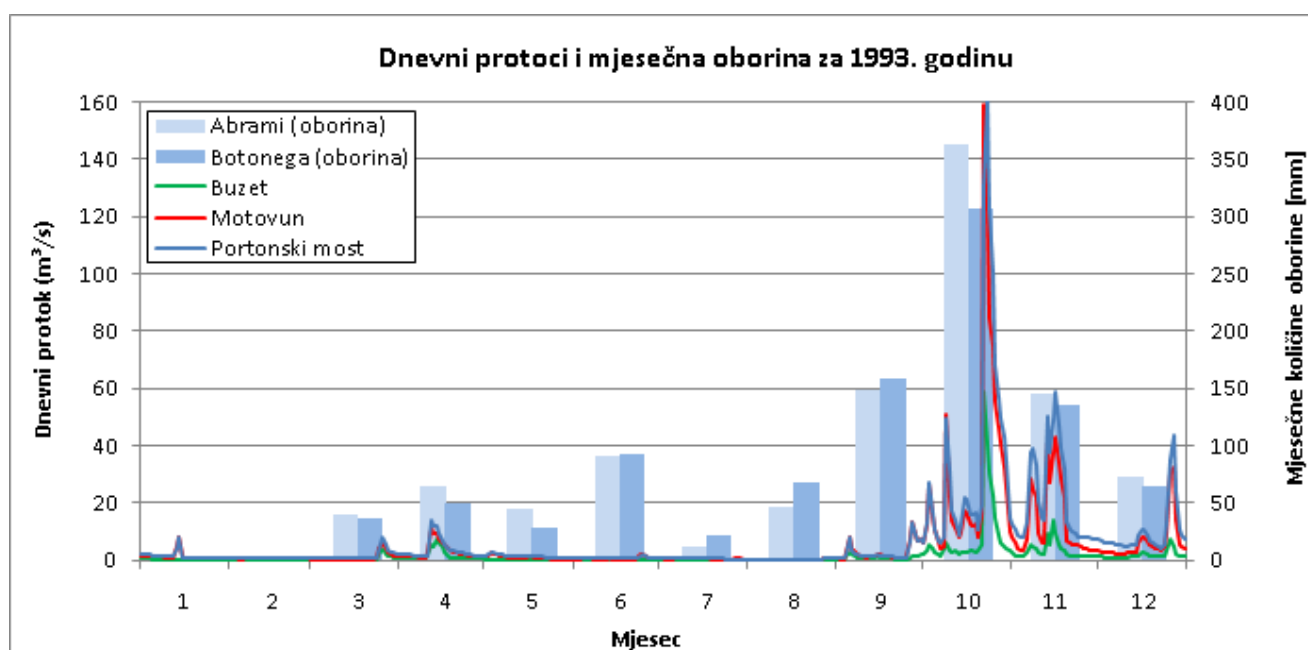
Poplava u listopadu 1993. godine je bila sljedeća ekstremna poplava koja je k tome i ugozila stanovništvo i materijalna dobra. Nakon dugotrajnog sušnog razdoblja, koje je trajalo od sredine prosinca 1992. godine pa sve do kolovoza 1993. godine, uslijedilo je razdoblje znatno učestalijih i značajnijih oborina (Slika 50.). Obilna kiša u noći 22.10.1993. godine pala je na već saturirano tlo i prouzročila ekstremne poplave. Područje uzvodno od Buzeta bilo je u zoni najintenzivnijih oborina. Na izvorišnim ograncima Draga i Rečina došlo je do formiranja do tada najvećeg registriranog vodnog vala, a na izvorištu Sv. Ivan potpuno je poplavljena crpna stanica. U Buzetu je došlo do prelijevanja i oštećenja pristupne ceste s desne obale mosta. Isto tako došlo je do plavljenja nizinskih dijelova i oštećenja ceste na potezu od Buzeta do Istarskih toplica, preljevanja vode u široj zoni oko izvora Bulaž, preljevanja i oštećenja retencijske pregrade Jukani te plavljenja poljoprivrednih površina.

Također se procjenjuje da je akumulacija Butoniga reducirala veliki vodni val na slivu Butonige, i to tako da je sama akumulacija zadržala gotovo 8 mil. m³ vode te svakako spriječila katastrofalni vodni val, koji bi pogodio područje rijeke Mirne nizvodno od same akumulacije.

Velika poplava u listopadu 1993. godine pokazala je da bi plavljenje širega područja dolinskog toka Mirne bilo većeg obima, tj. zahvatilo bi i područje Motovunske šume, da nije bila u funkciji akumulacija Butoniga (izgrađena 1986. godine). Akumulacija je zadržala cijeli vodni val i spriječila da razine voda Mirne nizvodno od utoka Butonige u Mirnu ne uzrokuje veće poplave. Nakon izgradnje akumulacija Butoniga je postala temeljni objekt zaštite od poplava srednjeg i donjeg toka rijeke Mirne. Naime, velike vode iz uzvodnog dijela sliva vodotoka Butoniga, prihvaćaju se u akumulaciji i reduciraju na znatno manji protok čime se utječe na smanjenje maksimalnih protoka na Mirni (nizvodno od utoka vodotoka Botonege). Obzirom da se akumulacija duži niz godina nije u većoj mjeri koristila za vodoopskrbu, bilo je moguće u akumulaciji prihvatiti sve velike vode iz uzvodnog dijela sliva, čime je efekt redukcije na vodotoku Butoniga bio maksimalan. Međutim, kako se potrebe za vodom povećavaju iz godine u godinu i potrebno je održavati više razine vode u

akumulaciji, te više nije moguć prihvat cjelokupnog vodnog vala (100 god. ili rjeđeg), pa će i efekt redukcije biti manji (Plan upravljanja slivom rijeke Mirne, 2009.).

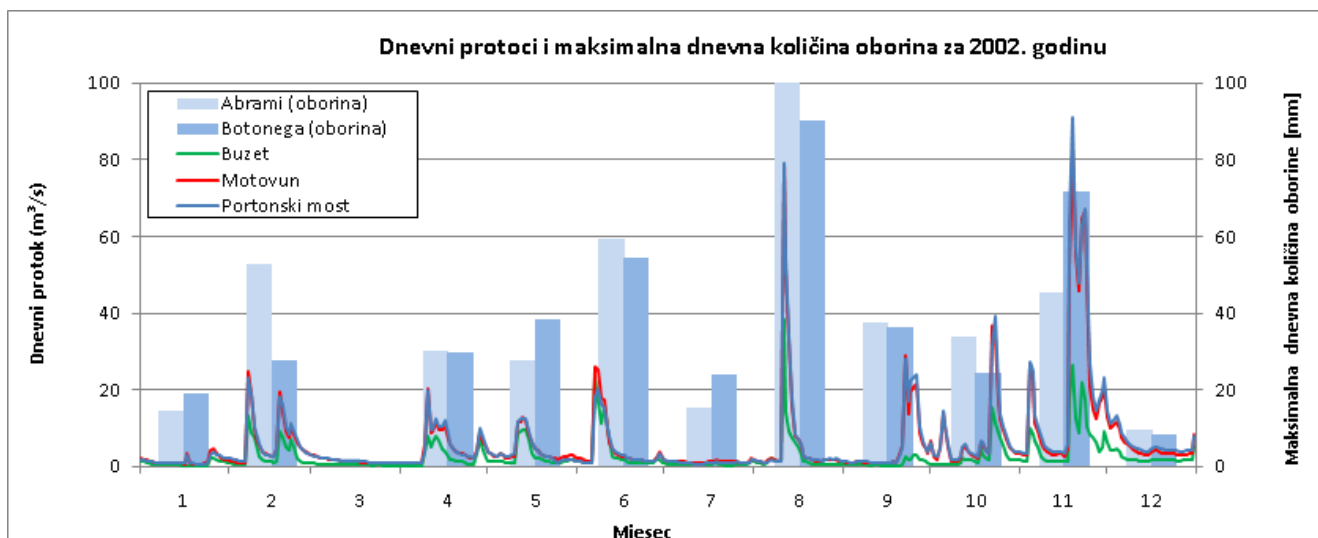
Godina 2002. je bila izrazito kišna, a maksimum oborine iznimno se javio u kolovozu kada je pala jaka kiša, kao posljedica djelovanja ciklone čije se središte nalazilo nad samom Istrom. Ukupna dnevna količina oborine označena je kao natprosječna, a kako je tlo nakon dugotrajnog kišnog razdoblja već bilo zasićeno vlagom, došlo je do pojave velikog vala na bujičnim tokovima sliva Mirne i Pazinskog potoka. Zbog toga je došlo do izlivanja vode iz korita na tri lokacije: uzvodno od mosta Buzet, između Kamenih vrata i Istarskih toplica te manje prelijevanje nasipa obuhvatnih kanala srednje i donje Mirne. Izlivanja su prouzročila plavljenja i štetu na uređaju za kondicioniranje VSI Butoniga zbog čega je došlo do prekida rada vodoopskrbnog objekta, plavljenja i odrona na magistralnoj cesti Buzet-Ponte Porton, plavljenja poljoprivrednih površina te plavljenja podrumskih dijelova obiteljskih gospodarstava. U istoj godini u studenom se pojavio još veći maksimum protoka, no isti je bio uzrokovan od 20 % (Botonega) do 60 % (Abrami) manjom maksimalnom dnevnom količinom oborine te nije uzrokovao poplavu na promatranom području.



Slika 50. Dnevni protoci na postajama Buzet, Portonski most i Motovun te mjesečne količine oborine na klimatološkim postajama Abrami i Botonega za 1993. godinu

Na temelju niza zabilježenih protoka u godinama kada su poplave pogodile slivno područje rijeke Mirne, mogu se vidjeti periodi izrazitog rasta protoka i pojava velikih voda (Slika 48. - Slika 51.) koji koincidiraju sa mjesečnim (za 1992. i 2002. godinu dnevnim maksimumima) količine oborina na postajama Abrami i Botonega.

Maksimumi oborine na području sliva obično se pojavljuju u jesenskom razdoblju (listopad, studeni), pa je pojava velikih vodnih valova godina 1964. i 1993. u skladu klimatološkim karakteristikama područja. No iznimno su se poplave desile u prosincu 1992. i kolovozu 2002. godine, a koje su bile uzrokovane iznimno velikim dnevnim količinama oborina.



Slika 51. Dnevni protoci na postajama Buzet, Portonski most i Motovun te maksimalne dnevne količine oborine na klimatološkim postajama Abrami i Botonega za 2002. Godinu

Državnim planom obrane od poplava (NN 84/10) na državnim vodama utvrđenim Odlukom o popisu Državnih voda (NN 20/96) određuju se područja, sektori i dionice vodotoka i zaštitne vodne građevine na kojima se provode mjere obrane od poplava. Planom je Mirna svrstana u Branjeno područje 22: Područje malih slivova Mirna-Dragonja i Raša-Boljunčica kojim su utvrđena slijedeća stanja obrane od poplava: pripremno stanje, redovna obrana od poplava, izvanredna obrana od poplava i izvanredno stanje. U cilju bolje zaštite od poplava na vodotocima su izgrađeni brojni hidrotehnički objekti, preregulacije prirodnog toka kao i napravljena idejna rješenja akumulacija i retencija u gornjem dijelu sliva Mirne (Slika 52.). Na osnovi provedene analize vodnoga režima te geoloških i hidrogeoloških značajki gornjega toka Mirne odabrane su dvije lokacije (Slika 53.): retencija Čiritež i akumulacija Benčići (za navodnjavanje ili vodooskrbu). Njihovom izgradnjom Buzet bi bio siguran od poplava 100-godišnje velike vode. Retencijski prostori povećali bi dodatno stupanj sigurnosti u dolini Mirne, naročito u predjelu Rušnjaka i Istarskih Toplica (Hrvatske vode 2009.).

U slučaju izvanredne obrane od poplava predviđeno je rasterećenje vodnog vala probijanjem nasipa i plavljenjem tri kazete (Slika 53.):

Kazeta br. 1 - Ponte Porton-Mlinski potok (desno zaobalje srednje Mirne) rasterećenje se vrši probijanjem lijevog nasipa na desnom obuhvatnom kanalu srednje Mirne cca 50-100 m uzvodno od utoka

Kazeta br. 2 - Bastija (desno zaobalje donje Mirne) rasterećenje se vrši probijanjem lijevog nasipa obuhvatnog kanala cca 50-100 m uzvodno od utoka

Kazeta br. 3 (lijevo zaobalje donje Mirne) rasterećenje se vrši probijanjem lijevog nasipa cca 50-100 m uzvodno od utoka (Hrvatske vode 2009.).

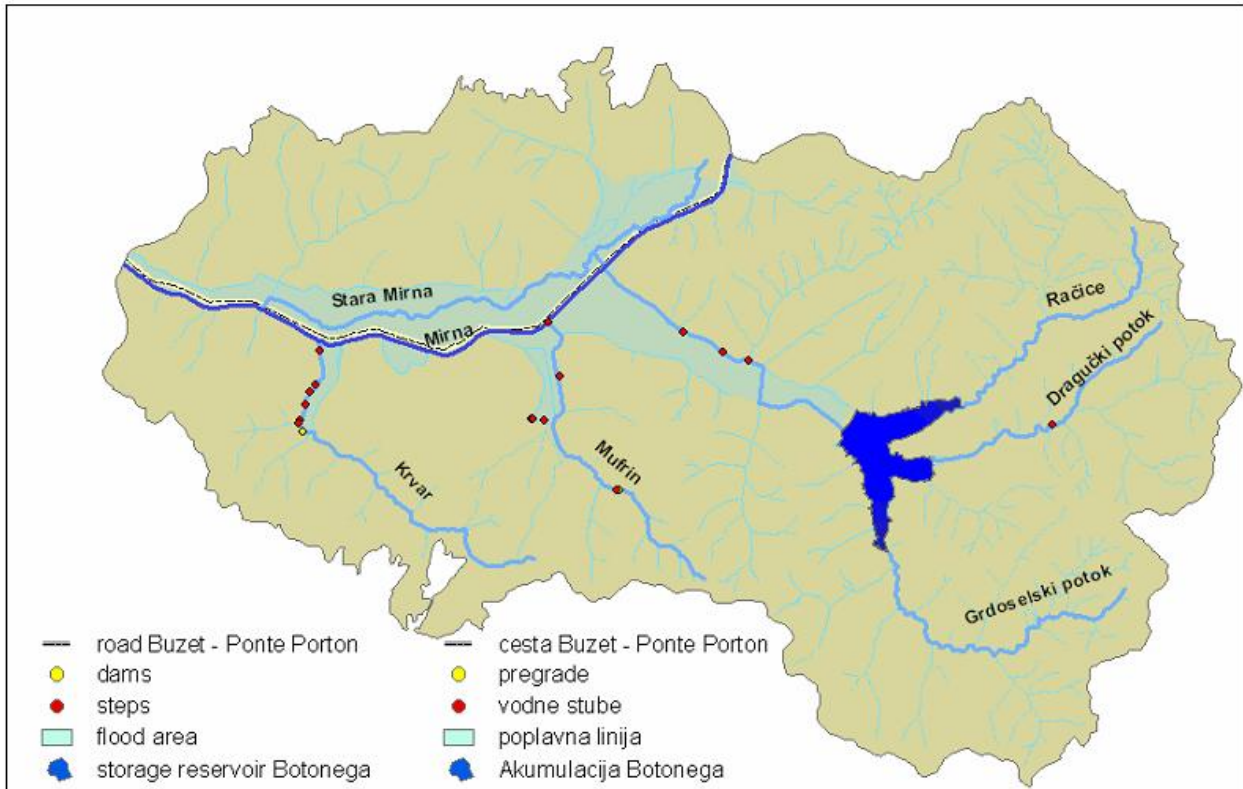
Iz prikaza trenutnog sustava obrane od poplava vidi se da su nizvodno od Starog toka Mirne planirane lokacije za prihvat izvanrednih vodnih valova. U slučaju usmjeravanja dijela voda Mirne na staro korito može se pretpostaviti da će doći do češćih poplavlivanja područja Motovunske šume, no sama dinamika tog poplavlivanja, kao i intenzitet će ovisiti o načinu upravljanja prihvata izvanrednih vodnih valova. Ovaj sustav će ovisiti o idejnom rješenju revitalizacije starog toka Mirne



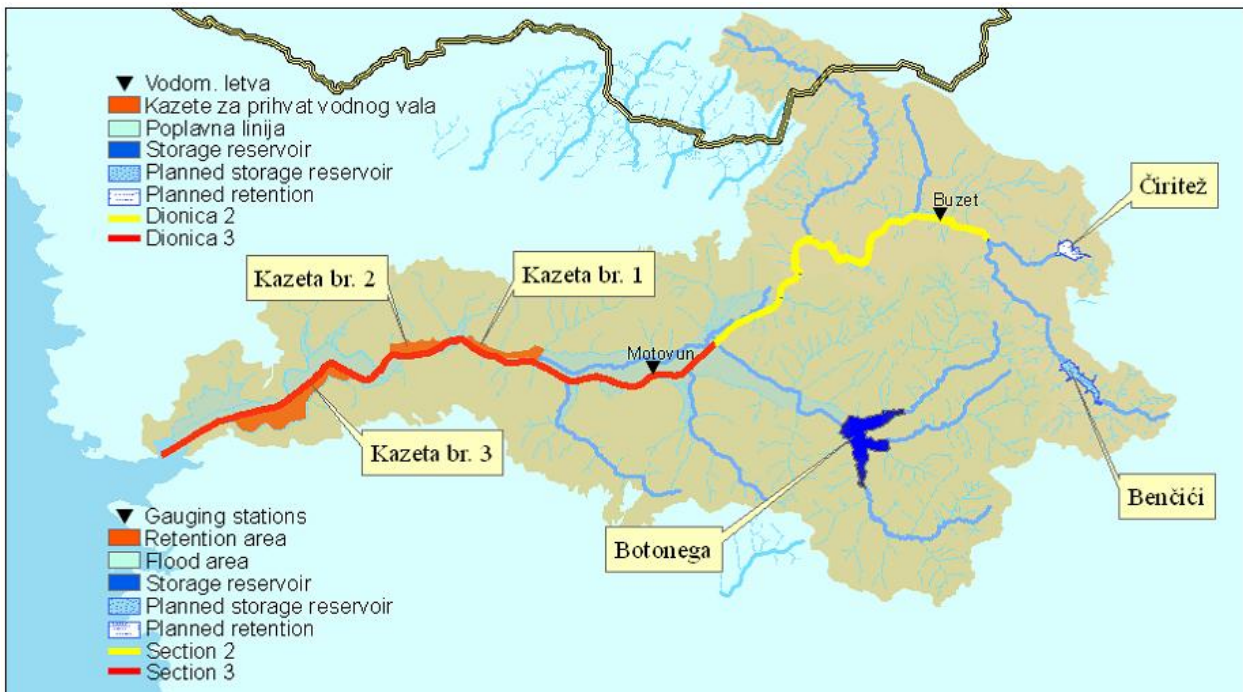
tj. intenziteta korištenja trenutnog kanaliziranog dijela Mirne i korita Stare Mirne, a koji teoretski može obuhvatiti sljedeća rješenja:

1. Rješenje kojim će se u potpunosti napustiti trenutni kanalizirani dio rijeke Mirne, a sve vode rijeke Mirne i pritoka će se vratiti u korito Stare Mirne (povezano između kazeta), čime će se vjerojatno povećati učestalost i intenzitet poplava Motovunske šume
2. Rješenje kojim će se postojeći (glavni) kanalizirani tok rijeke Mirne koristiti tijekom normalnih situacija (srednjih protoka), a revitalizirani (i spojeni) tokovi Stare Mirne (svih kazeta Motovunske šume) će se koristiti samo u slučaju velikih voda (pri čemu i u sadašnjem rješenju dio korita Stare Mirne u kazeti 3. povezuje izvor Bulaž sa Gradolom i Mirnom). Ovo rješenje je najsličnije trenutnoj situaciji.
3. Rješenje kojim će se Stara Mirna koristiti kao glavni tok Mirne tijekom normalnih situacija (srednjih protoka) i osigurati povremeno plavljenje područja Motovunske šume, a postojeći (glavni) kanalizirani tok rijeke Mirne će se koristiti samo u slučaju velikih voda kao sustav zaštite od poplava. Ovakvim rješenjem bi se vjerojatno povećala učestalost i intenzitet poplava Motovunske šume.
4. Rješenje kojim će se napraviti sustav upravljanja gdje će se naizmjenično (ovisno o situaciji) koristiti za usmjeravanje voda rijeke Mirne i revitalizirano (spojeno) korito Stare Mirne i kanalizirani dio Mirne. Ovakvo rješenje ustvari predstavlja varijantu prethodnog rješenja, a koje bi zadržalo nešto veću važnost reguliranog dijela Mirne. Mogućnost i učestalost poplavlivanja područja Motovunske šume bi se mogla upravljati prema ostalim zahtjevima (npr. za održavanje optimalnih ekoloških uvjeta).

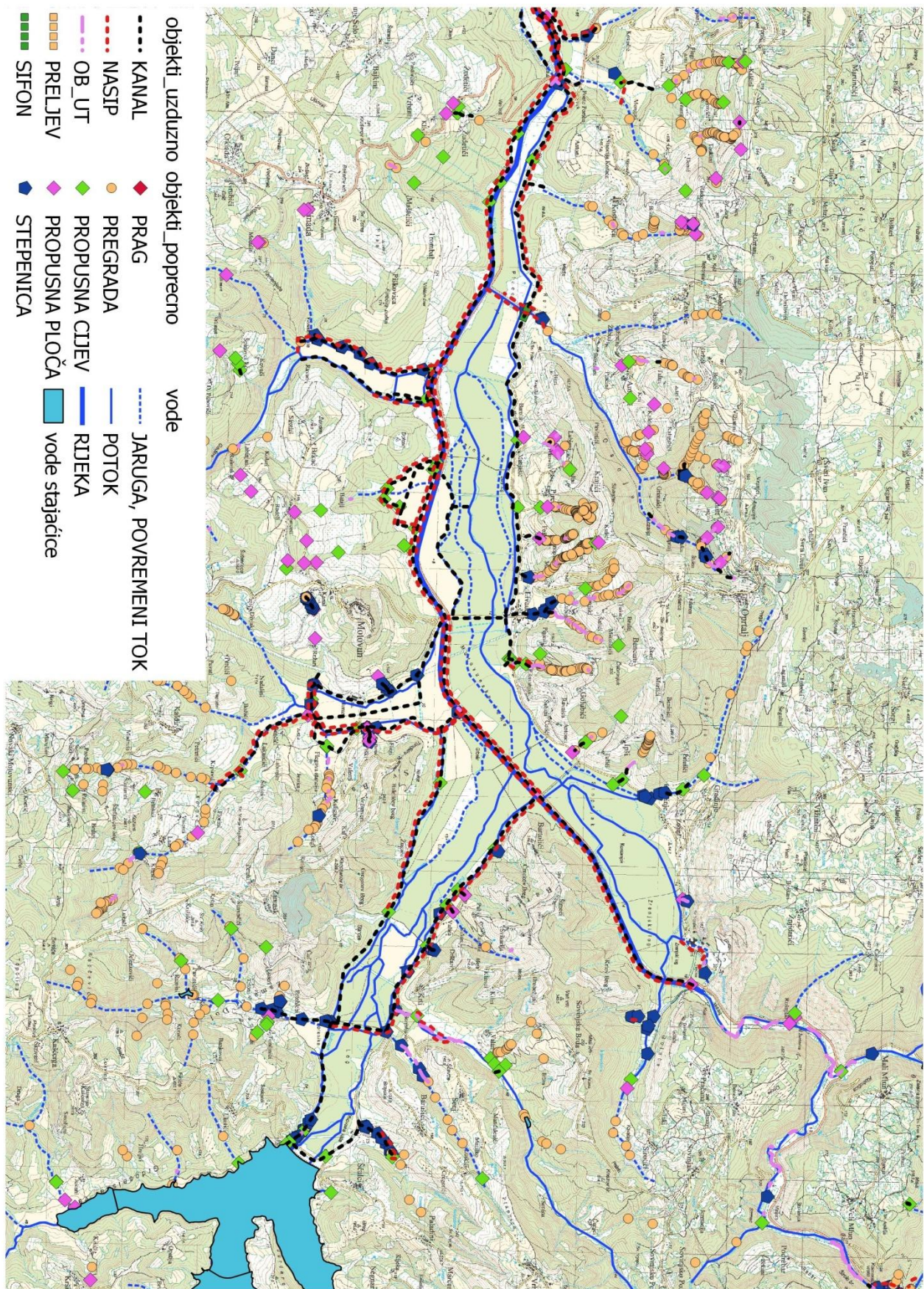
Osim o odabranom rješenju revitalizacije Stare Mirne intenzitet i učestalost poplava Motovunske šume će ovisiti i o drugim izvedenim i/ili planiranim zahvatima zaštite od poplava na području sliva Mirne. Za točniju procjenu intenzitet i učestalost poplavlivanja Motovunske šume potrebno je izraditi hidrološke i hidrauličke modele za pojedina (ili odabrano) rješenje revitalizacije Mirne.



Slika 52. Regulacijski objekti srednje Mirne (Hrvatske vode 2009.)



Slika 53. Sustav obrane od poplava rijeke Mirne (Hrvatske vode 2009.)



Slika 54. Regulacijski objekti na širem području Motovunske šume

3.2.1.7 Planirana hidrotehnička rješenja na području starog toka Mirne

Prema hidrotehničkom rješenju revitalizacije područja srednje Mirne uz korito „Stare Mirne“ (Santin 1999.) planirano je usmjeravanje dijela vode rijeke Mirne u staro korito, kojim bi se rasteretilo regulirano korito rijeke Mirne, pogotovo u vrijeme velikih voda. Krajnji vodostaj Mirne kod Istarskih toplica bio bi nakon uređenja znatno niži od današnjeg, što bi bitno utjecalo na kvalitetnu odvodnju područja i na zaštitu od poplava. Prilikom planiranja ovog hidrotehničkog rješenja također je procijenjeno da bi odvodnja sa svih površina kvalitetno utjecala na rast šumskih i poljoprivrednih nasada. Stalni protok minimalne vode u vodotoku korita Stare Mirne i njenih pritoka bi eliminirao bare i sve negativne utjecaje trenutnog stanja odnosno nepostojanja toka. No, zahvat bi negativno utjecao na biološki minimum reguliranog korita rijeke Mirne jer u navedeni vodotok više ne bi ulazile vode iz izvora Bulaž. Međutim, procjenjuje se da izvor Bulaž ne može dugoročno spašavati biološki minimum rijeke Mirne. Problem minimuma korita bi se trebao riješiti na drugačiji način (izgradnjom retencije), na razini kompleksnijeg uređenja sliva rijeke Mirne. Valja napomenuti da utjecaj na biološki minimum reguliranog korita rijeke Mirne imaju i pritoci povremenog i stalnog toka od kojih je najznačajnija Butoniga (Santin 1999.).

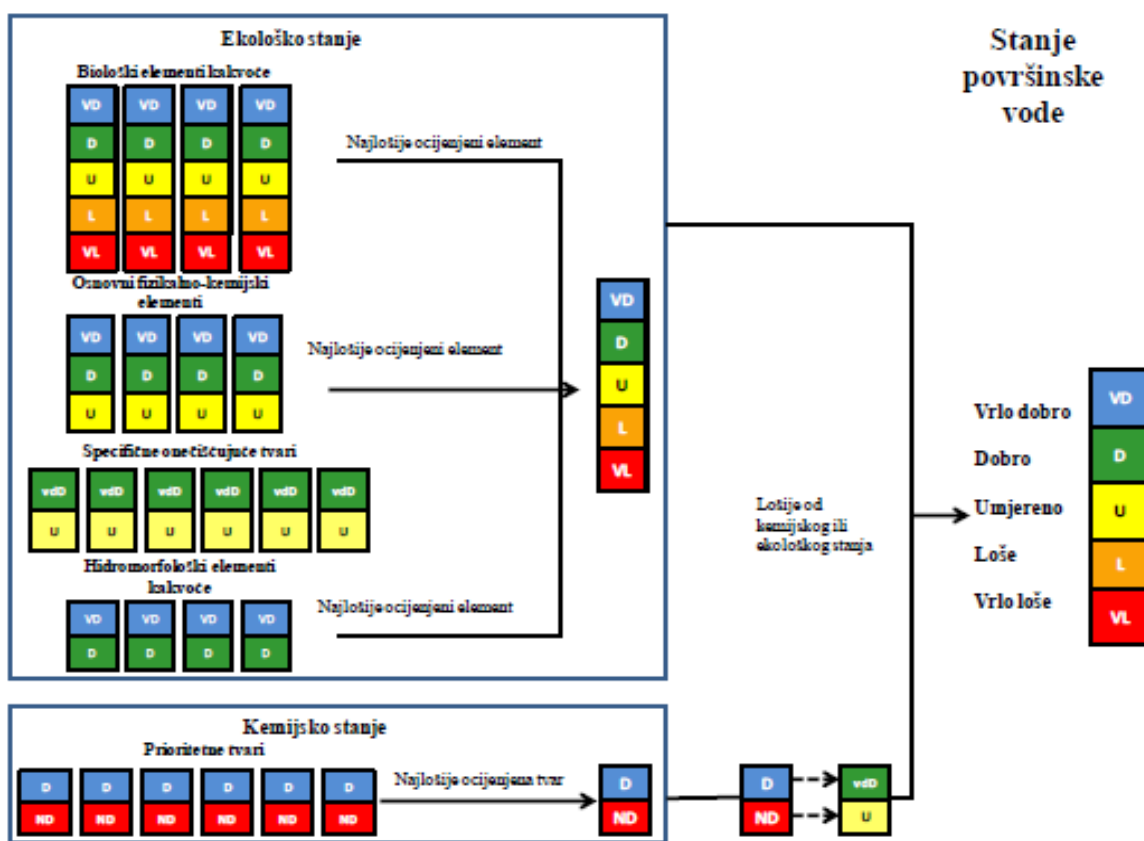
LITERATURA

- Hrvatske vode (2005): Akumulacija Botonega - Korištenje i upravljanje; Hrvatske vode - Vodnogospodarski odjel Rijeka, Služba planiranja, pripreme i razvoja projekata, Rijeka
- Oikon d.o.o. (2013): Definiranje ekološki prihvatljivog protoka Mirne
- Matković B., Ožanić N. (2011): Hidrološka analiza rijeke Mirne, Zbornik radova sveučilišta u Rijeci, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
- Pavletić LJ. i sur. (2009): Plan upravljanja slivom rijeke Mirne, Hrvatske vode VGO Rijeka
- Hrvatske vode (2009): Plan upravljanja slivom rijeke Mirne, Hrvatske vode - Vodnogospodarski odjel za vodno područje primorsko istarskih slivova, Rijeka
- Hrvatske vode (2014): Provedbeni plan obrane od poplava branjenog područja 22: Područje malih slivova Mirna-Dragonja i Raša-Boljunčica, Hrvatske vode, Zagreb
- Santin G., Rubnić J., Šebelja M., Blašković L. (1999): Revitalizacija područja srednje Mirne uz korito "Stare Mirne" - hidrotehnička rjesenja, Hrvatske vode-Vodnogospodarski odjel za vodno područje primorsko istarskih slivova
- IGH PC Rijeka (2007): Sažetak novelacije plana navodnjavanja Istarske županije
- Žugaj, R. (2000.): Hidrologija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

3.2.2 Ocjena stanja voda u rijeci Mirni, Staroj Mirni i njenim pritokama

Ukupna ocjena stanja vodnih tijela površinskih voda, rijeke Mirne i njenih pritoka, prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13, 151/14) određena je njegovim ekološkim i kemijskim stanjem, ovisno o tome koja od dviju ocjena je **lošija** (Slika 55.).

Stanje površinskih voda određuje se na temelju ekološkog i kemijskog stanja tijela ili skupine tijela površinskih voda. Smatra se da je stanje tijela površinske vode **dobro** ako ima vrlo dobro ili dobro ekološko stanje i ima dobro kemijsko stanje, a **nije u dobrom stanju** ako ima umjereno, loše ili vrlo loše ekološko stanje i/ili nije postignuto dobro kemijsko stanje.



Slika 55. Klasifikacija stanja tijela površinske vode prema Uredbi o standardu kakvoće voda (Uredba je usklađena sa zahtjevima koji proizlaze iz Okvirne direktive o vodama)

Kod određivanja ekološkog stanja voda primijenjeni su standardizirani postupci opisani u *Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće i Metodologiji monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, koje su Hrvatske vode donijele na temelju odredbi iz članka 19., odnosno članka 21. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 73/13, 151/14).

Istraženo je ukupno šest postaja za biološke elemente i još jedna dodatna postaja za hidromorfološke elemente kakvoće na rijeci Mirni i njenim pritokama (Tablica 4.). Sve postaje

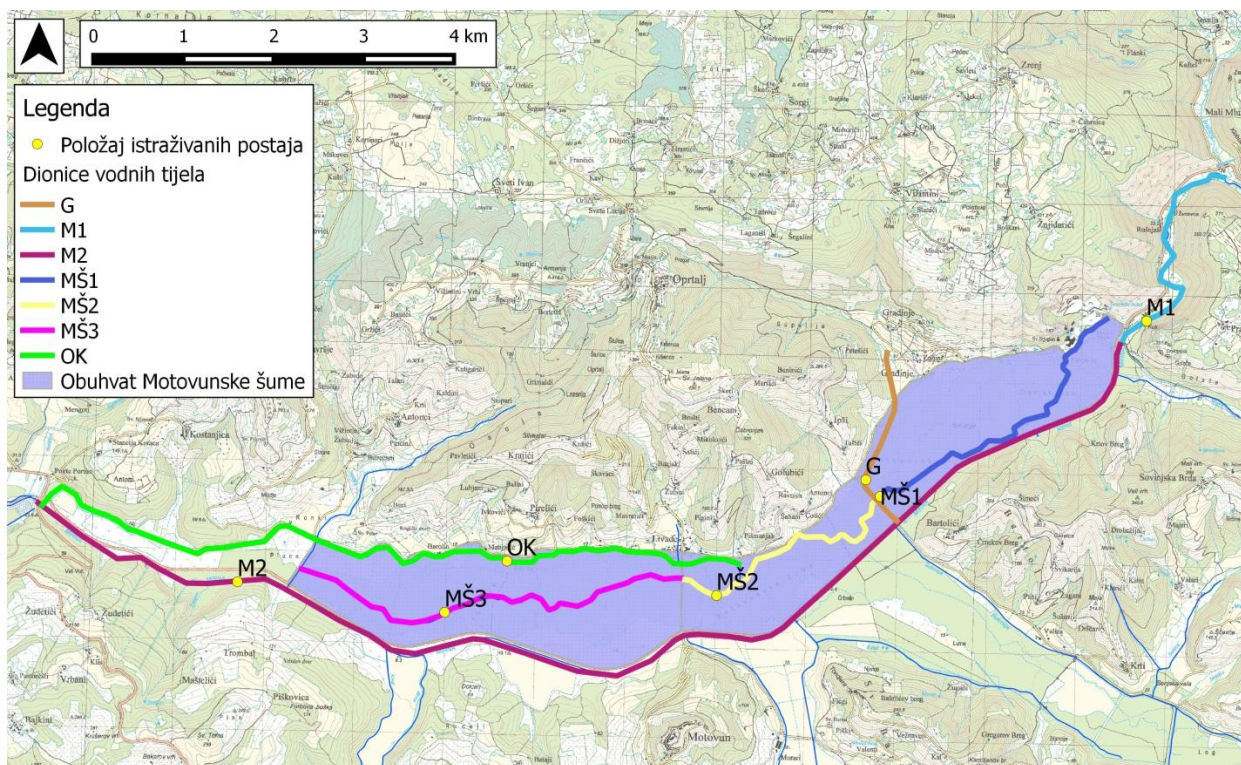


nalaze se unutar Dinarske ekoregije, primorska subekoregija - Istra. Vodotoci na području projekta podjeljeni su u dva referentna tipa:

- 1) Tip 17. Nizinske i prigorske male tekućice - Gradinje (G) , obuhvatni Kanal Srednja Mirna kod Istarskih toplica (OK) i Mirna kod Rušnjaka (M1)
- 2) Tip 18. Nizinske srednje velike tekućice - Stara Mirna (MŠ1 i MŠ2) i Mirna uzvodno od Portonskog Mosta (M2)

Tablica 4. Koordinate postaja definiranih projektnim zadatkom

Naziv toka	Broj i opis postaja	Biotički tip	HTRS koordinate (X, Y)
Mirna	1 postaja kod naselja Rušnjak (M1)	Tip 17	295869, 5029918
	1 postaja nakon utoka Mlinskog potoka (M2)	Tip 18	285787, 5027025
Stara Mirna	1 postaja u uzvodnom dijelu starog toka, prije utoka u kanal bujice Gradinje (MŠ1)	Tip 18	292918 , 5027965
	1 postaja u srednjem dijelu starog toka, u nizvodnom dijelu vodotoka (MŠ2)	Tip 18	291100 , 5026873
	nova postaja u srednjem dijelu starog toka zbog otežanog pristupa predviđenoj lokaciji MŠ2 (MŠ2*)		290717, 5027067
	1 postaja u donjem dijelu starog toka, u nizvodnom dijelu vodotoka (MŠ3)	(Tip 18)	288084, 5026686
Gradinje	1 postaja u nizvodnom dijelu (G)	Tip 17	292746 , 5028151
Obuhvatni kanal Srednja Mirna	1 postaja u nizvodnom dijelu (OK)	Tip 17	288776, 5027255



Slika 56. Položaj vodnih tijela s lokacijama istraživanja postaja

Ocjena ukupnog stanja voda na istraživanim postajama, prema svim elementima kakvoće za ocjenu ekološkog i kemijskog stanja, nalazi se u poglavlju 3.2.2.3. U nastavku teksta je prikazan pregled ocjene stanja voda prema pojedinačnim elementima.

3.2.2.1 Ekološko stanje površinskih voda

Ekološko stanje vodnog tijela površinske vode ocjenjuje se na osnovu relevantnih:

1. bioloških,
2. fizikalno-kemijskih i
3. hidromorfoloških elemenata.

Na temelju rezultata ocjene elemenata kakvoće tijelo površinske vode razvrstava se u pet kategorija ekološkog stanja, koje se prikazuju različitim bojama (vrlo dobro, dobro, umjereno, loše i vrlo loše).

3.2.2.1.1 Biološki elementi kakvoće

Procjena stanja ekološke kakvoće voda za potrebe ove Studije napravljena je na temelju sljedećih bioloških elemenata kakvoće: ribe, makrozoobentos i perifiton. Metodologija uzorkovanja, analiza rezultata i izračun indeksa za ocjenu ekološkog stanja voda prema biološkim elementima temeljila se na Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće



bioloških elemenata kakvoće te na rezultatima Studije *Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (ODV) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije* (PMF Sveučilišta u Zagrebu, 2011).

3.2.2.1.1.1 Ribe

Metodologija uzorkovanja

Područje Istre karakterizira velika bioraznolikost koja uključuje izuzetno bogatstvo flore i faune. Rijeka Mirna se posljednjih godina posebice izdvojila kao stanište brojnih endemskih vrsta slatkovodnih riba. Ovim istraživanjem napravljena je analiza recentnih promjena i sastavljen popis vrsta rijeke Mirne s pritocima i Stare Mirne na području Motovunske šume.

U skladu s preporukama europske Okvirne direktive o vodama (EU Water Framework Directive ili WFD, 2000) načinjena je i standardizacija postupka uzorkovanja riba elektroribolovom članica Europske unije (CEN 14011, 2003), na temelju koje je FAME konzorcij (2004) dao upute za uzorkovanje za potrebe izračunavanja europskog indeksa biotičkog integriteta (EFI) kojih smo se u najvećoj mogućoj mjeri pridržavali tijekom ovog istraživanja (PMF Sveučilišta u Zagrebu, 2011). Istraživanje je provedeno po europskom protokolu za elektroribolov (STARFISH protokol; <http://www.eu-star.at/pdf/FishSamplingProtocol.pdf>).

Na svakom lokalitetu uzorkovan je dio toka duljine 200 m (ako je morfologija vodotoka to dopuštala) na kojem je obavljan izlov ribe leđnim elektroagregatom SAMUS 725. Izlov je obavljan uzvodno duž određenog transekta na način da osoba sa elektroagregatom ribu ošamućuje, a dva pomoćnika skupljaju ribu pomoću kracera širokog otvora. Kako riba ne bi pobjegla van istraživanog transekta, na njegovom daljem kraju je postavljena mreža. Cilj je bio izloviti sve jedinke unutar određenih 200 m transekta kako bi se odredila apsolutna brojnost pojedinih vrsta.

Uzorkovanje riba obavljeno je 11. i 12. lipnja 2014. godine na rijeci Mirni, Staroj Mirni i njihovim pritokama na području Motovunske šume na ukupno 6 istraživanih lokacija. Postaja MŠ2 je pomaknuta oko 500 m zbog otežanog pristupa izvorno predviđenoj lokaciji. Nova lokacija se nalazi na X: 290717; Y: 5027067 (HTRS koordinate) i označena je oznakom MŠ2* u daljnjem tekstu.

Zabilježene vrste riba 11. i 12. lipnja 2014. godine, njihova brojnost i raspodjela po istraživanim lokalitetima prikazani su u tablici (Tablica 5.).

Tablica 5. Brojnost i raspodjela zabilježenih vrsta riba tijekom istraživanja 11.-12. lipnja 2014. godine po istraživanim lokalitetima u slivu Mirne (siva polja predstavljaju invazivne/unesene vrste)

Lokalitet	Šifra Naziv	Tip 17			Tip 18				
		M1 Mirna - naselje Rušnjak	G Gradinje	OK Obuhvatni kanal Srednja Mirna	M2 Mirna - Mlinski potok	MŠ1 Stara Mirna - uzvodni dio	MŠ2* Stara Mirna - srednji dio	Tip zajednica - Tip18	
Vrsta									
<i>Alburnus arborella</i>		6	3		2	4	8	13	38
<i>Gambusia affinis</i>			31	3			10	6	
<i>Gasterosteus aculeatus</i>			2	11			1	10	
<i>Squalius squalus</i>		42			123	16	7	4	42
<i>Barbus plebejus</i>		16				10	1		
<i>Padogobius bonelli</i>		2			3	2	5		
<i>Anguilla anguilla</i>		1					1		14
<i>Carassius gibelio</i>		2						6	
<i>Cyprinus carpio</i>		1							
<i>Phoxinus phoxinus</i>					7		1		64
<i>Pseudorasbora parva</i>							1		
<i>Romanogobio benacensis</i>		1							
<i>Rutilus rutilus</i>								16	
Ukupan broj jedinki		71	36	14	149	32	35	55	158
Ukupno vrsta		8	3	2	5	4	9	6	4

Metodologija ocjenjivanja ekološkog stanja temeljem riba

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13, 151/14) ribe su jedan od bioloških elemenata kakvoće za ocjenjivanje ekološkog stanja rijeka, a ukazuju na opću degradaciju vodotoka. Za ocjenu ekološkog stanja vodotoka koristi se izračun omjera ekološke kakvoće za Hrvatski indeks biotičkog integriteta (IBI-HR). Za potrebe izračuna indeksa, ihtiofauna je uzorkovana na standardizirani način. Tako je dobiven reprezentativan uzorak koji se može usporediti s tipskom ihtiofaunom i na temelju usporedbe donesen je zaključak o biološkoj kakvoći. U slučajevima kada je na terenu zabilježena samo jedna do tri vrste u ulovu bilo je potrebno procijeniti biološku kakvoću u usporedbi s tipskom zajednicom, ali ne kvantitativno nego kvalitativno. Preporuka je da se za tako siromašne zajednice vrstama koriste, kao mjerodavni, ostali indeksi biološke kakvoće (makrozoobentos, fitobentos, makrofita) te da se izostavi indeks riblje zajednice iz ocjene ukupne biološke kakvoće vode (PMF Sveučilišta u Zagrebu, 2011).

Tablica 6. Ekološke značajke riba obuhvaćenih indeksom IBI-HR (OMNI-omnivor, INS-insektivor, INV-invertivor, PLANK-planktivor, PISC-piscivor, HERB-herbivor, DET-detritivor, FITO-fitofil, LITO-litofil, PSAM-psamofil, SPEL-speleofil, OSTR-ostrakofil; PEL-pelagofil; EU-euritopska; RE-reofilna; LI-limnofilna

Vrsta	Prehrambena strategija	Supstrat za mrijest	Ekološki zahtjevi	Stupac vode	Invazivnost
<i>Alburnus arborella</i>	OMNI	FITO/LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Anguilla anguilla</i>	INV/PISC	more	EU	bentička	
<i>Barbus plebejus</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Carassius gibelio</i>	OMNI	FITO	EU	bentička	invazivna
<i>Cyprinus carpio</i>	OMNI	FITO	EU	bentička	
<i>Gambusia affinis</i>	INS/INV	OSTR	LI	vodeni stupac	invazivna
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	OMNI	FITO	EU	bentička	
<i>Padogobius bonelli</i>	INS/INV	FITO/LITO	EU	bentička	
<i>Phoxinus phoxinus</i>	INS/INV	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Pseudorasbora parva</i>	OMNI	FITO/LITO	EU	vodeni stupac	invazivna
<i>Romanogobio benacensis</i>	INS/INV	PSAM	RE	bentička	
<i>Rutilus rutilus</i>	OMNI	FITO/LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Squalius squalus</i>	OMNI	LITO	EU	vodeni stupac	

Ocjena biološke kakvoće istraživanih lokaliteta temeljem zajednice riba

Vrijednost IBI-HR dobivena je kvantitativno usporedbom mjerenih parametara s vrijednostima referentnog uzorka. Ocjena biološke kakvoće tekućica temeljem riblje zajednice moguća je usporedbom s tipskim (referentnim) vrijednostima. Sam indeks je jednostavan za primjenu, a osnovni je problem nedostatak prethodnih podataka ili neuzorkovanje na standardni način. Informacija o izvornoj zajednici ponekad postoji, ali nije kvantitativna i pomaže za formiranje referentnog uzorka, ali same vrijednosti tipskih uzoraka još nisu do kraja definirane (PMF Sveučilišta u Zagrebu, 2011).

Kod izračuna IBI_{HR}, za vrstu *Gambusia affinis* korišteni su podaci za ekološke značajke vrste *Gambusia holbrooki*, budući da su ranije bile definirane kao podvrste: *Gambusia affinis affinis* i *Gambusia affinis holbrooki*.

Zbog nedostatka podataka za vrstu *Romanogobio benacensis* koja je na području Hrvatske otkrivena 2011. godine na rijeci Mirni, podaci o ekološkim značajkama vrste preuzeti su iz međunarodne baze podataka <http://www.fishbase.org/>.

Bitno je napomenuti da je prilikom ovog terenskog istraživanja pronađen puno veći broj ribljih vrsta nego u Studiji *Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (ODV) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije* (PMF Sveučilišta u Zagrebu, 2011) prema kojoj se vršila tipizacija tekućica i odabir tipskih vrsta za izračun ekološke kakvoće. Vrste kao što su *Romanogobio benacensis* i *Gasterosteus aculeatus* nisu uvrštene u tipske zajednice tekućica obuhvaćenih ovim istraživanjem (tip 17 i 18). Gledano sa stajališta procjene kakvoće, kod izračuna indeksa biološke kakvoće temeljem riba, broj bentičkih vrsta riba je vrlo bitan zato što su bentičke vrste osjetljive na zagađenje i potrošnju bentičkog kisika, jer se hrane i razmnožavaju na bentičkim staništima. Obzirom da je ocjena biološke kakvoće tekućica temeljem riblje zajednice moguća samo

usporedbom s tipskim (referentnim) vrijednostima, podatke o pronalasku novih značajnih vrsta treba iskoristiti za proširenje same baze i finiju kalibraciju indeksa.

Na postaji OK - Obuhvatni kanal Srednja Mirna zabilježene su samo 2 vrste riba, koje nisu usporedive s referentnom tipskom zajednicom. U ovom slučaju, procjena je napravljena u skladu s preporukom iz Studije PMF-a Sveučilišta u Zagrebu (2011).

Tablica 7. Izračun indeksa biološke kakvoće temeljem riblje zajednice na postajama ekotipa 17

INDEKSI	Postaja	M1		G	
	Tip 17	Vrijednosti	Usporedba	Vrijednosti	Usporedba
Relativna zastupljenost insektivornih/invertivornih vrsta	0,600	0,250	0,417	0,333	0,556
Relativna zastupljenost fitofilnih vrsta*	0,400	0,500	0,800	0,667	0,600
Relativna zastupljenost litofilnih vrsta	1	0,375	0,375	0,333	0,333
Relativna zastupljenost reofilnih vrsta	0,400	0,250	0,625	0	0
Relativna zastupljenost bentičkih vrsta	0,400	0,750	1	0,333	0,833
Relativna zastupljenost invazivnih i unesenih vrsta	0	0,125	0	0,333	0
Simpsonov indeks raznolikosti	0,309	0,590	1	0,248	0,804
Ujednačenost za recipročni Simpsonov indeks raznolikosti	0,289	0,305	1	0,444	1
Vrijednosti indeksa			0,652		0,516

Tablica 8. Izračun indeksa biološke kakvoće temeljem riblje zajednice na postajama ekotipa 18

INDEKSI	Postaja	M2		MŠ1		MŠ2*	
	Tip 18	Vrijednosti	Usporedba	Vrijednosti	Usporedba	Vrijednosti	Usporedba
Relativna zastupljenost insektivornih/invertivornih vrsta	0,250	0,333	1	0,444	1	0,167	0,667
Relativna zastupljenost fitofilnih vrsta*	0,250	0,667	0,375	0,556	0,450	0,833	0,300
Relativna zastupljenost litofilnih vrsta	0,750	0,333	0,444	0,778	1	0,500	0,667
Relativna zastupljenost reofilnih vrsta	0,250	0	0	0,222	0,889	0	0
Relativna zastupljenost bentičkih vrsta	0,250	0,333	1	0,333	1	0,333	1
Relativna zastupljenost invazivnih i unesenih vrsta	0	0,333	0	0,222	0	0,333	0
Simpsonov indeks raznolikosti	0,704	0,249	0,353	0,802	1	0,797	1
Ujednačenost za recipročni Simpsonov indeks raznolikosti	0,832	0,444	0,533	0,560	0,673	0,823	0,989
			0,902		0,752		0,578



Ukupna ocjena biološke kakvoće voda temeljem riblje zajednice po pojedinim postajama prikazana je u tablici (Tablica 9.).

Tablica 9. Ekološko stanje površinskih voda na temelju biološkog elementa kakvoće ribe na postajama ekotipa 17 (*Zbog nemogućnosti usporedbe s tipskom zajednicom, ocjena kakvoće nije provedena)

Ekotip	Postaja	Vrijednost indeksa	Ocjena stanja	Broj vrsta
Ekotip 17	M1	0,6521	Umjereno	8
	G	0,5158	Umjereno	3
	OK*	/	/	2
Ekotip 18	M2	0,9022	Dobro	4
	MŠ1	0,7515	Dobro	9
	MŠ2*	0,5777	Umjereno	6

3.2.2.1.1.2 *Fitobentos*

Metodologija uzorkovanja

Na šest postaja u slivu rijeke Mirne u svibnju 2014. godine provedeno je istraživanje bentoskih alga s ciljem određivanja kvalitativnog i kvantitativnog sastava zajednice u svrhu procjene kakvoće vode. Točna lokacija mjernih točaka određena je na terenu, a uzorak bentosa uziman je s različitih, dostupnih supstrata, ovisno o zastupljenosti i položaju supstrata na svakom lokalitetu (Tablica 10.). Stručna istraživanja mikrofitobentosa (perifitona) sastojala su se od:

- uzorkovanja mikrofitobentosa (perifitona) s navedenih šest postaja u slivu Mirne,
- determinacije organizama iz uzoraka mikrofitobentosa (perifitona), do razine vrste (ako je bilo moguće), kako bi se za procjenu kakvoće vode mogli koristiti i različiti indeksi.

Iako se za uzorkovanje kao reprezentativno mikrostanište smatra površina potopljenog kamena, na nekim su postajama uzeti uzorci s alternativnih mikrostaništa, poput makrofitske vodene vegetacije, nepomičnih stijena te finih supstrata - mulja i pijeska (Tablica 10.). Uzorci su uzeti za vrijeme stabilnog protoka, s podloga koje su dovoljno dugo uronjene u vodu, te se na njima mogla stvoriti obraštajna zajednica. Za svaki uzorak nije bilo moguće odrediti površinu uzorkovanja, pa je u tim slučajevima uzet poznati volumen uzorka. Također se na nekim postajama nije moglo uzorkovati na nezasjenjenim, dubljim područjima ili izbjegavati ujezerena područja, pa je to moglo utjecati na formiranje netipične zajednice.

Tablica 10. Opis istraživanih postaja u slivu rijeke Mirne, svibanj 2014.godine i supstrat s kojeg je uzorkovano

POSTAJA					Supstrat
Naziv	Uzorak	opis	dubina(cm)	protok(m/s)	
Mirna (M1, M2)	M1-1	puno sedimenta, mulj, zemlja	50	0,55	Drvo, kamen
	M1-2		20	0,33	
	M2-1	puno sedimenta, mulj, zemlja	25	0,04	Drvo, makrofita
	M2-2		20	0,07	
	M2-3		35	0,07	
Stara Mirna (MŠ1, MŠ2)	MŠ1-1	ujezerenje	30	0,02	Sediment dna, makrofita
	MŠ1-2		30	0,02	
	MŠ2	zasjenjeno-šuma, mutna, tamna voda	15	<0,01	Drvo
Gradinje (G)	G-1	90% vode prekriveno makrofitima, muljevito dno	14	<0,01	Drvo+sediment, makrofita
	G-2		14	<0,01	
Obuhvatni kanal Srednja Mirna (OK)	OK-1	velika zastupljenost makrofita, voda neugodna mirisa	15	0,13	Sediment dna, makrofita
	OK-2		15	0,13	

Determinacija taksona utvrđenih u perifitonu učinjena je uz pomoć binokularnog svjetlosnog mikroskopa Olympus BX 51 (20x, 40x, 60x i 100x imerzija) i standardnih priručnika za determinaciju (Hindák i sur., 1978; Krammer i Lange-Bertalot, 2004, 2007, 2008, 2010; Lange-Bertalot, 2001, 2003; Lange-Bertalot i sur., 2011; Lange-Bertalot i Krammer, 2002; Levkov, 2009; Zabelina i sur., 1951). Tijekom postupka mikroskopske analize načinjena je i baza mikrofotografija u programu DPController na Olympus BX 51 mikroskopu, a fotografije su sortirane po uzorcima i taksonomski po rodovima dijatomeja. U svrhu sigurnije i potpunije taksonomske analize dijatomeja, kao i izrade fotodokumentacije, napravljeni su trajni preparati (Zabelina i sur., 1951). Identifikaciji i izradi preparata je prethodio proces čišćenja, pri čemu se za uklanjanje kremenih ljušturica dijatomeja koristila klorovodična kiselina (36,5% HCl), a za uklanjanje organske tvari koncentrirana H₂SO₄ (96%).

Ocjene biološke kakvoće istraživanih lokaliteta temeljem fitobentosa

U slivu rijeke Mirne, na lokalitetima istraživanim tijekom svibnja 2014. godine, ukupno je utvrđeno **84 taksona dijatomeja (Bacillariophyceae)**. U Prilogu 2. (Tablica 4.) prikazan je popis svih vrsta s definiranim indikatorskim vrijednostima i indikatorskim težinama za izračunavanje TID_{RH} i SI_{HRIS} indeksa. Gledajući po postajama možemo zaključiti da je **najveća bioraznolikost (36 taksona)** utvrđena na postaji **MŠ2**, a **najmanja (13,5)** na postaji **OK**. Iako je postaja MŠ2 na zasjenjenom mjestu, u šumi, velika bioraznolikost govori o povoljnim uvjetima za razvoj obraštajne komponente. Istodobno na postaji OK vjerojatno postoji nedostatak vode (moguće isušivanje), ali i kontinuirana eutrofikacija od farme koja je u blizini, što je reduciralo bioraznolikost dijatomejske zajednice u obraštaju na ovom lokalitetu.

Gledajući **prosječne abundancije** (obzirom na sve uzorke sakupljene na istom lokalitetu) po broju **dijatomejskih stanica** ističe se postaja **MŠ1** sa **6,8 x 10⁴ stanica po cm³**, a slijedi je postaja **M1** sa **3,7 x 10⁴ stanica po cm²**. **Najmanje stanica dijatomeja 10⁴ stanica po cm²** utvrđeno je u uzorcima

sakupljenim na postaji G gdje je zamjetan razvoj vodene vegetacije (90% pokrivenosti) i prilično ujezeren vodotok (Tablica 10.). Promatrajući cijelu dijatomejsku zajednicu, utvrđenu na odabranim postajama u analiziranim uzorcima, možemo vidjeti da se frekvencijom pojavljivanja ističu taksoni: *Cocconeis pediculus* (92%), *Diploneis oblongella* (75 %), *Encyonema minutum* (75%), *Cocconeis placentula* (67%), *Gomphonema angustum* (67%), *Gomphonema parvulum* (67%), *Ulnaria ulna* (58%), *Amphora copulata* (50%), *Cymbella affinis* (50%) i *Navicula tripunctata* (50%). S najvećom abundancijom ukupno u svim uzorcima javlja se vrsta *Melosira varians* $7,7 \times 10^4$ stanica, *C. pediculus* 4×10^4 stanica i vrsta *E. minutum* $2,1 \times 10^4$ stanica (po cm^2/cm^3).

Iz sastava dominantne zajednice obzirom na abundanciju i frekvenciju pojavljivanja ističu se vrste *C. pediculus* koja je tolerantna na vode s visokom količinom nutrijenata - eutrofne vode i vrsta *E. minutum* koja pripada mezo-eutrofnim vrstama. Također možemo reći da su *C. placentula*, *G. angustum*, *G. parvulum* i *M. varians* vrste tolerantne na organska zagađenja, odnosno specifične za eutrofna područja.

Tablica 11. Nedijatomejski indeks - NeD fitobentoskih alga na području sliva rijeke Mirne

oznaka	supstrat	Skupine fitobentosa NED indeks						NED ind	ukupna ab
		CYANO	CHRY	XANTH	EUGL	DINO	CHLO		
postaje		%	%	%	%	%	%		
M1	drvo	8	0	6	0	0	16	24	62310
	kamen	0	0	+	+	0	0		29543
M2	drvo	16	0	0	0	4	22	38	5906
	makrofita	-	-	-	-	-	-		3784
	drvo	93	0	0	0	0	0	93	954406
MŠ1	sediment dna	0	0	61	0	0	0		145859
	makrofita	-	-	-	-	-	-		90808
MŠ2	drvo	38	0	4	0	4	0	38	24731
G	drvo+sediment	+	0	0	+	+	+		618
	makrofita	+	0	0	0	0	+		21436
OK	makrofita	48	0	0	0	0	1	49	22153
	sediment dna	30	0	0	0	0	1	31	17808

*broj stanica po cm^3 , DIAT-dijatomejske stanice, NED-nedijatomejske stanice, CYANO-Cynobacteria, CHRY-Chrysochyceae, XANTH-Xanthophyceae, EUGL-Euglenophyta, DINO-Dinophyceae, CHLO-Chlorophyceae, + zabilježena pojava, - nije zabilježena pojava, NED ind-nedijatomejski indeks, ab-abundancija

U skladu s rezultatima nedijatomejskih indeksa (Tablica 11.) možemo izdvojiti postaju M2 gdje je utvrđen veliki broj Cyanobacteria, pa rezultat od NeD=93% ukazuje na vrlo lošu kakvoću vode. Loša kakvoća vode NeD=49%, utvrđena je na postaji OK. Lokaliteti na Staroj Mirni (MŠ1 i MŠ2) i bujici Gradinje (G) ulaze u kategoriju umjereno dobre kakvoće vode, a voda na postaji M1 u kategoriju dobre kakvoće vode.

Ukupna ocjena ekološkog stanja voda istraživanih postaja na temelju biološkog elementa kakvoće fitobentosa je srednja vrijednost OEK korištenih indeksa: trofičkog indeksa dijatomeja, saprobnog indeksa dijatomeja i nedijatomejskog indeksa, a konačne vrijednosti i pridružena ocjena ekološkog stanja prikazani su u tablici (Tablica 12.).

Tablica 12. Ukupna ocjena ekološkog stanja površinskih voda istraživanih postaja na temelju biološkog elementa kakvoće fitobentos

Postaja	Omjer ekološke kakvoće	Ocjena stanja
M1	0,65	Dobro
M2	0,56	Umjereno
MŠ1	0,69	Dobro
MŠ2	0,71	Dobro
G	0,70	Dobro
OK	0,65	Dobro

3.2.2.1.1.3 Makrozoobentos

Metodologija uzrokovanja

Uzorci makrozoobentosa uzorkovani su u svibnju 2014. godine, prema AQEM protokolu (AQEM Consortium, 2002), koji podrazumijeva „multihabitat“ uzorkovanje, tj. uzorkovanje svih raspoloživih mikrostaništa na mjestu uzorkovanja. Uzorkovanje je obavljano pomoću standardne europske (Uwitec Euro-Kick-Net) ručne bentos mreže s metalnim okvirom 25 x 25 cm koja je pričvršćena za metalno teleskopsko držalo (do dužine od 3 m). Mreža je duga 1 m s promjerom okašca 0,5 mm, unutar nje je zaštitna grublja mreža s promjerom okašca 1,5 cm, a izvana ju obavija zaštitna krpa. Na metalni okvir ove ručne mreže može se pričvrstiti i dodatni prednji metalni okvir 25 x 25 cm čime ovaj kracer može dobiti i dodatnu funkciju tzv. Surber mreže za kvantitativno uzorkovanje probnih kvadrata supstrata dna plitkih tekućica s dubinom manjom od 25 cm.

Na svakoj mjernoj postaji prvo je određen broj mikrostaništa (Tablica 13.), te je potom prikupljeno 20 poduzoraka ovisno o postotnoj zastupljenosti pojedinog tipa mikrostaništa, s time da mikrostanište koje je zastupljeno s manje od 5% nije bilo uzorkovano. Dakle jedan poduzorak čini supstrat s pripadajućim životinjama s površine od 25 x 25 cm (0,0625 m²). Na terenu su izolirane veće i osjetljive vrste koje trebaju ostati žive te su poslije determinacije vraćene u vodotok (npr. riječni rakovi, školjkaši i sl.). Na prethodno opisan način uzorkovanja prikupljen je jedan kompozitni uzorak s ukupne površine od 1,25 m² (20 x 0,0625 m²), koji je konzerviran 96%-tnim etanolom. Prikupljeni materijal obrađen je u dvije faze. Najprije su makroskopski beskralješnjaci izdvojeni, razvrstani po skupinama i izbrojani pomoću binokularne lupe. Različite skupine makroskopskih beskralješnjaka su odvojene u kivetice s naznačenim nazivom skupine, datumom i mjestom uzorkovanja te konzervirane u 96%-tnom etanolu. Zatim su detaljnije determinirane do nižih sistematskih kategorija.

Tablica 13. Klasifikacija mikrostaništa na istraživanim postajama i broj poduzoraka

POSTAJA	MIKROSTANIŠTE	Broj poduzoraka
M1	Mikrolital (>2 cm - 6 cm) (srednji i krupni šljunak, valutice)	8

	Akal (<0,2 - 2 cm) (sitni šljunak)	1
	Psamal (>6 µm - 2 mm) (organski mulj, pijesak)	1
M2	Argilal (<6 µm) (anorganski mulj, glina)	5
MŠ1	Argilal (<6 µm) (anorganski mulj, glina)	2
MŠ2	Ksilal (veliki trupci, grane, korijenje u vodi)	5
G	Argilal (<6 µm) (anorganski mulj, glina)	1
OK	Argilal (<6 µm) (anorganski mulj, glina)	2

Ocjenjivanje ekološkog stanja površinskih voda na temelju biološkog elementa kakvoće makrozoobentos predstavlja mjerenje promjena strukture i funkcije ekosustava od prirodnog - referentnog stanja. Promjena ekološkog stanja razvrstava se u 5 kategorija kakvoće.

Tablica 14. Kategorije ekološkog stanja i granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja, izražene kao omjer ekološke kakvoće

Kategorija ekološkog stanja	Omjer ekološke kakvoće * - raspon
Vrlo dobro	0,80 - 1,00
Dobro	0,60 - 0,79
Umjereno	0,40 - 0,59
Loše	0,20 - 0,39
Vrlo loše	< 0,20

Metodologija ocjenjivanja ekološkog stanja temeljem makrozoobentosa

Makrofauna kopnenih voda u izravnoj je ovisnosti o ekološkim obilježjima staništa i dobar je pokazatelj kakvoće vode koja protječe iznad nje, tako da svaka promjena u ekosustavu ima za posljedicu promjenu u strukturi i brojnosti zajednice. Reakcije zajednice su relativno spore te je potrebno neko vrijeme da dođe do vidljivih promjena. Zbog toga nam makrofauna pokazuje prosječno stanje vode koja protječe iznad njih.

Za ocjenu ekološkog stanja površinskih voda na temelju biološkog elementa kakvoće makrozoobentos potrebno je izračunati dva modula:

- *Saprobnost* - izračunavanje razine opterećenja rijeka prema organskim tvarima
- *Opća degradacija* - određivanje ukupnih antropogenih promjena

Tablica 15. Pokazatelji/indeksi i moduli za ocjenu ekološkog stanja površinskih voda na temelju biološkog elementa kakvoće makrozoobentos

Element kakvoće	Pokazatelj/indeks	Opterećenje na koje ukazuje pojedini biološki indeks	Modul
Makrozoobentos	Ukupan broj svojiti (UBS) Udio oligosaprobni indikatora (OSI%) Hrvatski saprobni indeks (SI _{HR}) BMWP bodovni indeks (BMWP) Prošireni biotički indeks (PBI)	Opterećenje organskim tvarima	Saprobnost
	Shannon-Wiener indeks raznolikosti (H); Ritron indeks (RI); Udio svojiti koje preferiraju šljunak, litoral i pjeskoviti tip supstrata Akal+Lit+Psa (ALP%) Udio pobirača/sakupljača (P/S%) Indeks biocenotičkog područja (IBR) Broj svojiti Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera (EPT-S) Udio predstavnika skupina Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera u makrozoobentosu (EPT%) Broj porodica (BP) Udio Oligochaeta u makrozoobentosu (OLI%)	Hidromorfološke promjene / opća degradacija	Opća degradacija

Za izračun svih korištenih indeksa, osim Hrvatskog saprobnog indeksa (SI_{HR}), korišten je računalni program ASTERICS 4.0.4., dostupan na <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/en/download/berechnung/>. Za izračun indeksa korištena je definirana tablica „List of the Taxa Key Values, useful for the import of existing taxalists to ASTERICS“, dostupna na navedenoj Internet stranici u vrijeme izrade ovog izvješća (20. studenog 2014.).

Indeks saprobnosti izračunat je prema prilagođenom saprobnom indeksu prema Pantle-Buck (1955). Za ovaj indeks potrebno je odrediti brojnosti taksona u uzorku (relativna i ukupna brojnost). Zbog velikih razlika u brojnosti makrozoobentosa između pojedinih mjernih postaja, korištenje procjene učestalosti (relativne brojnosti) može dovesti do značajnijih odstupanja rezultata. Stoga takvi rezultati nisu usporedivi pa je za izračunavanje Hrvatskog saprobnog indeksa potrebno koristiti ukupnu (apsolutnu) brojnost indikatorskih vrsta utvrđenih u cijelom uzorku.

Saprobni indeks se izračunava prema formuli Pantle-Buck (1955):

$$SI_{HR} = \frac{\sum (SI \times u_i)}{\sum u_i}$$

gdje je:

SI_{HR} = P-B indeks saprobnosti

SI = indikatorska vrijednost pojedine vrste

u_i = broj jedinki preračunat na 1 m²



Indikatorske vrijednosti svojiti bentoskih beskralješnjaka (SI) preuzete su iz Operativne liste svojiti makrozoobentosa, Dodatak 4 (Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće).

Rezultati ocjene biološke kakvoće istraživanih lokaliteta temeljem zajednice makrozoobentosa

Ukupno su na istraživanim postajama pronađene **62 svojite**, od čega brojnošću dominiraju predstavnici skupina Gastropoda, Diptera (Chironomidae) i Oligochaeta. **Najveći broj svojiti** zabilježen je na postaji **M1** (21 svojita), a **najmanji** na postaji **M2** (11 svojiti). U Prilogu 2. (Tablica 5.) prikazane su vrste raspoređene po skupinama te njihova brojnost u uzorku.

Na postajama **M1**, **M2** i **G** zabilježen je veći broj predstavnika iz skupina Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera. Predstavnici ovih skupina osjetljivi su na onečišćenje i prilikom izračuna kakvoće vode bitno utječu na ocjenu stanja. Njihovo odsustvo u vodotoku može ukazivati na povećanje onečišćenja i veću degradaciju vodotoka. To se posebno odnosi na promjene koje uzrokuju usporavanje ili potpuno odsustvo protoka vode, što onda uzrokuje veće taloženje svih suspendiranih čestica u vodi i formiranje finijeg i debljeg sedimenta, tipičnog za stajačice, a ne za tekućice, koje su prirodno stanište ovih osjetljivih bioindikatora tekućica.

Velika brojnost predstavnika pojedinih skupina izuzetno otpornih na organsko onečišćenje (Oligochaeta, Diptera) ukazuje na lošu kvalitetu vode (Rosenberg i sur., 1993). Veliki udio Oligocheta ukazuje na prisutnost velike količine detritusa, tj. djelomično razgrađene organske tvari, koji može biti alohtonog ili autohtonog porijekla, a može biti nataložen i zbog slabog ili nikakvog protoka vode. Ove skupine makroskopskih bentoskih beskralješnjaka tipični su stanovnici debljih naslaga finijeg sedimenta, bogatog organskim tvarima, a siromašnijeg otopljenim kisikom, na čije su smanjenje ili čak i duže odsustvo ove skupine dosta otporne. Takvo pridreno stanište tipično je za dno vrlo sporo tekućih dijelova tekućica, a još više za dno stajačica.

Na postaji **MŠ1** brojnošću dominira puž vrste *Potamopyrgus antipodarum* (Gastropoda). Ovo je izrazito invazivna alohtona vrsta puža uvezena s Novog Zelanda. Razmnožava se partenogenetski i vrlo brzo se širi. Može preživjeti i do 2 mjeseca izvan vode. Preferira kameniti i pjeskoviti supstrat, ali se nalazi i na ostalim tipovima supstrata. Najveća prijetnja za ekosustav je činjenica da ne postoji učinkovita metoda suzbijanja širenja ove vrste. Većina vrsta vodenih mekušaca (puževa i školjkaša) također su tipični stanovnici dna u sporo tekućim ili stajaćim površinskim vodama pa i njihova velika brojnost ili dominacija u fauni dna ukazuje na stajaći karakter vodenog staništa.

Izračunom omjera ekološke kakvoće temeljem definiranih indeksa saprobnosti i degradacije, ocjena pokazuje kako je stanje nezadovoljavajuće na svim postajama. Postaje **M1**, **M2** i **G** imaju **umjerenu** kakvoću vode prema makrozoobentosu, dok rezultati za postaje **MŠ1**, **MŠ2** i **OK** ukazuju na **lošu** kakvoću vode. Sumarni prikaz indeksa izračunatih Asterics programom i pridružene vrijednosti za omjer ekološke kakvoće pojedinih indeksa prikazani su u tablici (Tablica 16.).

Tablica 16. Indeksi za ocjenu ekološkog stanja površinskih voda na temelju biološkog elementa kakvoće makrozoobentos (izračunati u programu Asterics) s pridruženim omjerima ekološke kakvoće (OEK) i ukupnom ocjenom ekološkog stanja za pojedinu postaju u slivu Mirne

	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
Brojnost [jedinki/m ²]	808	580	14681	410	7200	3266
Ukupan broj svojti (UBS)	21	11	20	13	19	17
OEK	0,40	0,17	0,32	0,21	0,36	0,32
Udio oligosaprobnih indikatora (OSI%)	1,76	0,78	5,72	2,93	9,51	0,81
OEK		0,33	0,21	0,16		
Hrvatski saprobni indeks (SI _{HR})	1,96	2,19	2,12	2,70	2,19	2,15
OEK	0,66	0,82	0,45	0,08	0,35	0,71
BMWP Bodovni indeks	60	43	38	12	45	22
OEK	0,35	0,27	0,24	0,08	0,32	0,15
Prošireni biotički indeks (PBI)	8	6	6	5	5,6	5
- Quality Class	2	3	3	4	3,3	4
OEK	0,48	0,35	0,29	0,37	0,45	0,4
Shannon-Wiener Indeks raznolikosti (H)	1,93	1,66	1,24	2,07	2,27	1,52
OEK	0,64	0,51	0,38	0,64	0,76	0,50
Udio probirača/sakupljača (P/S%)	55,75	37,94	40,05	74,13	55,97	78,95
OEK	0,47	0,62	0,59	0,07	0,45	0,10
Indeks biocenotičkog područja (IBR)	6,50	5,50	5,78	6,73	5,69	6,73
OEK		0,60	0,55	0,38		
Broj EPT svojti (ETP-S)	8	3	0	0	1	1
OEK	0,45	0,19	0,05	0,00	0,05	0,05
Omjer ekološke kakvoće*	0,50	0,42	0,37	0,26	0,44	0,30
Ocjena ekološkog stanja	Umjereno	Umjereno	Loše	Loše	Umjereno	Loše

3.2.2.1.1.4 Ocjena ekološke kakvoće vode na osnovu bioloških elemenata

Prema rezultatima prikazanima u prethodnim poglavljima (Tablica 9., Tablica 12., Tablica 16.) ocjena ekološkog stanja prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) pokazuje **umjereno** stanje na postajama **M1**, **M2** i **G** je, a **loše** stanje na postajama **MŠ1**, **MŠ2** i **OK**.

Izuzev postaje M1, na svim postajama uočljiv je jednoličan tip supstrata, koji se pretežno sastoji od mulja i gline. Karakter i vrsta supstrata u velikoj mjeri utječe na sastav i strukturu makrozoobentosa te njegovu funkcionalnu organizaciju. Schleuter i Tittizer (1988) navode da je veličina čestica supstrata kritični čimbenik koji utječe na raznolikost vrsta, gustoću populacija i organizaciju makrozoobentosa. Raznolikost i gustoća faune rastu s povećanjem stabilnosti supstrata, ali i povećanjem količine organskog detritusa. Stabilnost raste s povećanjem veličine



čestice supstrata, tako je pjeskoviti supstrat najnestabilniji i prisutna je najmanja raznolikost i brojnost faune dok kameniti supstrat ima znatno veću gustoću i raznolikost bentoske faune (Giller i Malmqvist, 1998; Schleuter i Tittizer, 1988).

Tablica 17. Ocjena ekološkog stanja površinskih voda u slivu Mirne na osnovu bioloških elemenata kakvoće (ribe, fitobentos, makrozoobentos) prema Uredbi (NN 73/13)

BIOLOŠKI elementi	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
Ribe	U	D	D	U	U	/
Fitobentos	D	U	D	D	D	D
Makrozoobentos	U	U	L	L	U	L
Ocjena stanja	UMJERENO	UMJERENO	LOŠE	LOŠE	UMJERENO	LOŠE

Rezultatima ocjene prema biološkim elementima kakvoće mjerne postaje s najslabijim stalnim protokom i izmjenom vode (MŠ1 i MŠ2) ili smještene nizvodno i bliže većih naselja i farmi (OK) pokazuju najlošiju kakvoću vode i vodenih staništa prema većini pokazatelja, a posebno prema makrozoobentosu (**loše stanje**). Nasuprot tome, postaje s najjačim stalnim protokom i izmjenom vode te prihvatom svježije uzvodnije vode iz obližnjih viših pritoka (najviše M1) pokazuju najbolju kakvoću vode i vodenih staništa prema većini bioloških pokazatelja (**dobro do umjereno stanje**), a njihova ukupna ocjena ukazuje na **umjereno stanje** prema najlošijoj ocjeni među biološkim elementima kakvoće (**makrozoobentos**).

Rezultati ove biološke ocjene pridružit će se rezultatima ocjena pratećih fizikalno-kemijskih pokazatelja, hidromorfoloških elemenata kakvoće i kemijskog stanja za konačnu ocjenu ekološkog stanja voda na istraživanim postajama.

3.2.2.1.2 Osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente

U sklopu projektnog zadatka napravljena su mjerenja osnovnih fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata koji prate biološke elemente kakvoće. Obavljena su ukupno 4 mjerenja površinskih voda tijekom 2014. godine (ožujak, svibanj, kolovoz i listopad) na šest definiranih postaja (M1, M2, MŠ1, MŠ2, G i OK). Analizu voda obavio je Zavod za javno zdravstvo Istarske županije u Puli.

U osnovne fizikalno-kemijske i kemijske elemente koji prate biološke elemente prema Uredbi ubrajaju se:

- osnovni fizikalno-kemijski elementi*: temperatura, režim kisika, sadržaj iona, pH, m-alkalitet, hranjive tvari
- specifične onečišćujuće tvari*
 - nesintetske*: arsen i njegovi spojevi, bakar i njegovi spojevi, cink i njegovi spojevi, krom i njegovi spojevi
 - sintetske*: fluoridi

ostale: organski vezani halogeni koji se mogu adsorbirati (AOX), poliklorirani bifenili (PCB).

Tablica 18. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje prema tipu površinske vode

		Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje površinskih voda - vrijednost 50-tog percentila								
	Oznaka tipa	KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA	Zakiseljenost	Režim kisika		Hranjive tvari				
			pH	BPK5	KPK-Mn	Amonij	Nitrati	Ukupni dušik	Ortofosfati	Ukupni fosfor
				mgO ₂ /l	mgO ₂ /l	mgN/l	mgN/l	mgN/l	mgP/l	mgP/l
ISTARSKA EKOREGIJA	HR-R_17*	vrlo dobro	7,4-8,5	1	1,6	0,01	0,7	1	0,01	0,04
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	2	3,2	0,05	1,2	1,5	0,03	0,1
	HR-R_18**	vrlo dobro	7,4-8,5	1,1	1,7	0,01	0,8	1,1	0,015	0,045
		dobro	7,0-7,4 8,5-9,0	2,1	3,4	0,05	1,3	1,7	0,04	0,11

*Postaje M1, G i OK; **Postaje M2, MŠ1 i MŠ2

Ekološko stanje tijela površinske vode utvrđuje se na temelju prosječne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) pokazatelja specifičnih onečišćujućih tvari (Tablica 19.).

Tablica 19. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za specifične onečišćujuće tvari

Opasne tvari	CAS ⁽¹⁾ broj	Površinske kopnene vode	
		Prosječna godišnja koncentracija (PGK) (µg/l)	Maksimalna godišnja koncentracija (MGK) (µg/l)
Specifične nesintetičke onečišćujuće tvari			
Bakar* i njegovi spojevi	7440-50-8	≤1,1 (Kategorija 1 i 2) 4,8 (Kategorija 3) 8,8 (Kategorija 4) >8,8 (Kategorija 5)	ne primjenjuje se
Cink* i njegovi spojevi	7440-66-6	≤7,8 (Kategorija 1 i 2) 35 (Kategorija 3) 52 (Kategorija 4) >52 (Kategorija 5)	ne primjenjuje se
Krom i njegovi spojevi	7440-47-3	9	ne primjenjuje se

(1) CAS: Chemical Abstracts Service

*Za bakar i cink i njihove spojeve granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja (PGK) variraju ovisno o tvrdoći vode specificiranoj u pet kategorija (1. kategorija: <40 mg CaCO₃/l, 2. kategorija: 40 do <50 CaCO₃/l, 3. kategorija: 50 do <100 CaCO₃/l, 4. kategorija: 100 do <200 CaCO₃/l te 5. kategorija: ≥200 mg CaCO₃/l)

Rezultati analize kakvoće površinskih voda rijeke Mirne prikazani su u tablici (Tablica 20.), pri čemu je korištena srednja vrijednost izmjerenih parametara po pojedinoj postaji. Rezultati parametara propisanih Uredbom uspoređeni su s graničnim vrijednostima te su postaje raspoređene u određene kategorije kakvoće i označene pripadajućim bojama (**vrlo dobro**, **dobro**, **umjereno**).

Analiza fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata koji prate biološke elemente pokazala je kako postaje **M1** i **MŠ1** pripadaju kategoriji **dobrog** ekološkog stanja, dok postaje **M2**, **MŠ2**, **G** i **OK** ne zadovoljavaju granične vrijednosti kategorija vrlo dobrog i dobrog ekološkog stanja te pripadaju kategoriji **umjerenog** ekološkog stanja.

Tablica 20. Ocjena ekološkog stanja kakvoće voda na istraživanim postajama temeljem fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata koji prate biološke elemente (prema Uredbi, NN 73/13)

Osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji							
Pokazatelj	Mj. jedinica	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
Temperatura zraka	°C	16,25	17,15	18,30	19,35	19,80	15,25
Temperatura vode	°C	12,45	13,80	14,58	14,85	16,70	14,63
pH		8,08	7,92	7,56	7,49	7,74	7,62
Električna vodljivost (25°C)	MŠ/cm	463,50	502,50	521,75	615,75	604,50	636,00
Suspendirana tvar	mg/L	15,33	24,08	10,48	7,80	7,23	3,65
TOC	mg/L	1,92	2,79	3,49	3,09	2,85	3,00
DOC	mg/L	1,41	2,34	3,14	2,79	2,37	2,61
Tvrdoća ukupna	CaCO ₃	244,75	254,25	266,00	308,75	308,25	311,75
Kloridi	mg/L	4,98	8,18	11,18	14,08	8,98	15,35
Sulfati	mg/L	9,65	14,31	11,76	16,95	16,18	13,18
Otopljeni kisik	mg/L O ₂	10,98	9,96	8,93	6,51	10,16	5,91
Zasićenje kisika	%	102,50	96,25	87,75	62,25	103,00	56,50
BPK ₅	mg/L O ₂	0,82	1,32	2,10	1,75	1,30	1,37
KPK-permanganatni ideks	mg/L O ₂	1,30	4,06	3,42	2,93	2,52	3,32
Amonij	mg/L N	0,04	0,02	0,04	0,09	0,09	0,16
Nitrati	mg/L N	0,62	0,59	0,70	0,30	0,33	0,30
Ukupni dušik	mg/L N	0,92	0,86	1,15	0,77	0,67	0,79
Ortofosfati	mg/L P	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Ukupni fosfor	mg/L P	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05
UKUPNO		DOBRO	UMJERENO	DOBRO	UMJERENO	UMJERENO	UMJERENO

Tablica 21. Ocjena ekološkog stanja kakvoće voda na istraživanim postajama temeljem specifičnih onečišćujućih tvari (prema Uredbi, NN 73/13)

Specifične onečišćujuće tvari							
Pokazatelj	Mj.jedinica	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
Bakar ukupni	mg/L	1,325	3,2	3,025	1,675	4,6	3,35
Bakar otopljeni	mg/L	1	1,875	1,825	1,35	2,775	1,325
Cink ukupni	mg/L	13,3	21,3	24,275	46,35	29,85	52,25
Cink otopljeni	mg/L	5,275	6,35	14,9	9,725	11,525	8,35
Krom ukupni	mg/L	1,05	1,075	<1	<1	<1	<1
Krom otopljeni	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1
UKUPNO		DOBRO	DOBRO	DOBRO	DOBRO	DOBRO	UMJERENO

3.2.2.1.3 Hidromorfološki elementi kakvoće

Pri ocjeni hidromorfoloških elemenata kakvoće korištena je Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja. Metodologija ocjenjivanja je povezana s definiranjem referentnih uvjeta i određivanjem granica kategorija ekološkog stanja. Referentni uvjeti („vrlo dobro stanje“ prema ODV-u) za hidromorfologiju uzimaju u obzir prirodni raspon varijacije, ali formiraju usku kategoriju kvalitete. Ocjenjivanjem hidroloških značajki vodotoka na temelju terenskih istraživanja i ostalih izvora utvrđuje se u kojoj mjeri se ispunjavaju kriteriji opisani referentnim uvjetima, odnosno odstupanje od istih. Referentno stanje je definirano nenarušenim hidrološkim režimom, nenarušenim kontinuitetom vodotoka (neometana migracija vodenih organizama i pronos nanosa) i nenarušenim morfološkim uvjetima (oblici korita, varijacije širine i dubine, protoka, stanje podloge te struktura i stanje obalnih pojasa). Stupanj odstupanja od referentnog stanja koristi se za svrstavanje pojedine dionice u određenu kategoriju na temelju stupnja hidromorfološke promjene.

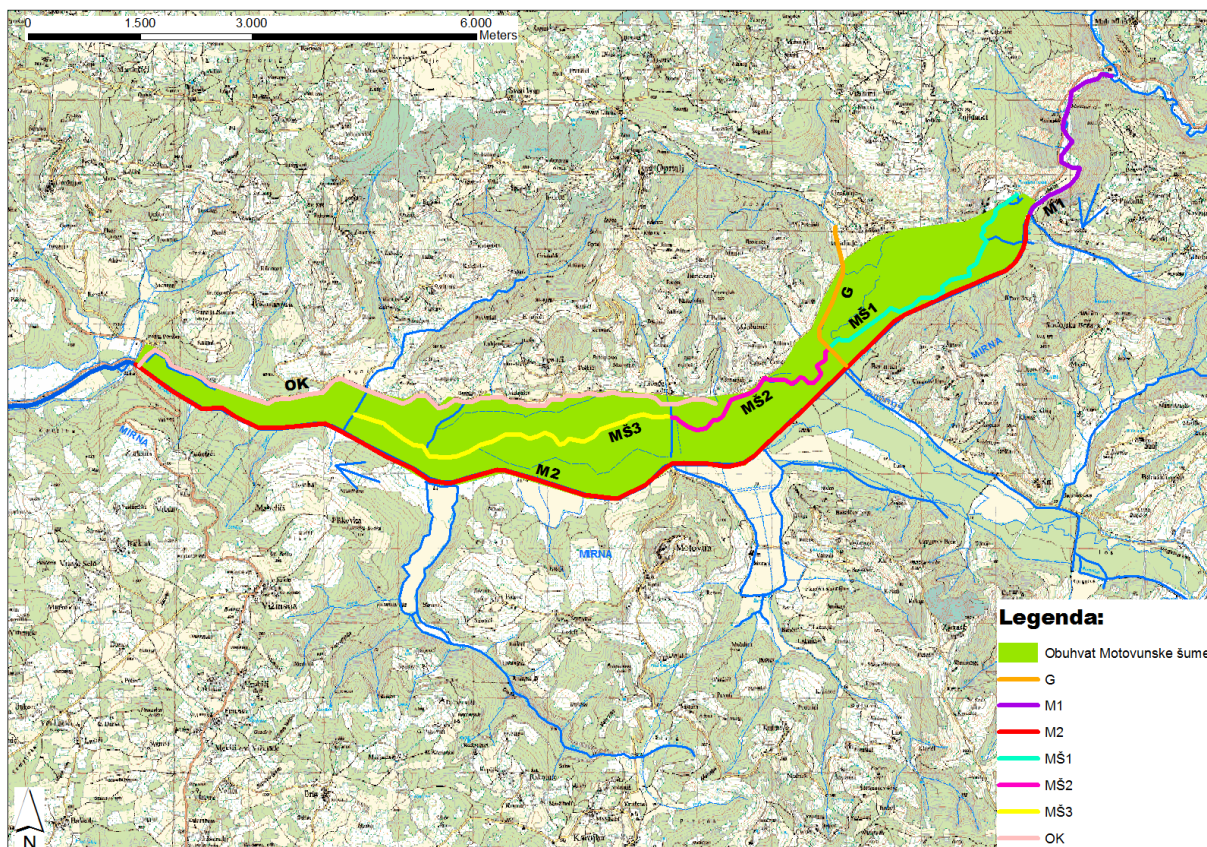
Postaje terenskih istraživanja na području Motovunske šume kroz koje prolazi stari tok rijeke Mirne, novog korita rijeke Mirne kao i bujice Gradinje te obuhvatnog kanala Srednja Mirna određene su na temelju projektnog zadatka (Slika 56.). Ocjena hidromorfološkog stanja je rađena prema Vodiču za hidromorfološki monitoring ocjene stanja rijeka u Hrvatskoj - Prijedlog iz ožujka 2013. godine.

Valja napomenuti da se izgradnjom novog korita rijeke Mirne i preusmjeravanjem vode iz starog korita u novo utjecalo na izmjenu referentnog stanja na svim postajama. Izgrađeni novi tok Mirne predstavlja umjetno vodno tijelo kao i vodno tijelo obuhvatnog kanala (OK) koje ima funkciju meliorativnog kanala, koji je izgrađen 60-ih godina prošlog stoljeća. Za ova vodna tijela ne postoji prirodni tok koji bi prezentirao referentno stanje. Zbog toga je ocjena stanja ovih vodnih tijela rađena na temelju procjene na koji način bi se moglo postići čim bolje ekološko stanje ovog vodnog tijela odnosno prema karakteristikama koje bi vodno tijelo trebalo imati kako bi postiglo svoj najveći ekološki potencijal.

3.2.2.1.3.1 Opis profila

Prilikom terenskih istraživanja koja su se odvijala 15. i 16. svibnja 2014. godine, ocjenjenje su hidromorfološke značajke vodotoka na postajama duž rijeke Mirne (M1 i M2), starom koritu rijeke

Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) te na pritoku Gradinje (G) i obuhvatnom kanalu Srednja Mirna (OK)(Slika 24., Tablica 4.). Pri mjerenju istih, korišteni su ovi mjerni instrumenti: mjerna letva, laserski daljinomjer te brzinomjer s hidrometrijskim krilcem. Promatrani profili su dokumentirani i fotografirani prema zatečenom stanju. Hidromorfološke značajke su ocjenjivane u kontinuitetu od početne točke 100 metara uzvodno do krajnje točke 100 metara nizvodno od promatranog profila). Ocjena pojedinog istraživanog odsječka reprezentira cijelu dionicu promatranog dijela vodotoka (Slika 57.).



Slika 57. Dionice vodotoka na kojima je vršeno ocjenjivanje hidromorfoloških značajki

Kako bi dobili uvid u ocjenjene hidromorfološke značajke i ukupnu ocjenu hidromorfološke promjene, zatečena stanja na promatranim profilima dodatno su opisana te su dani fotografski prikazi istih (Tablica 22.)

M1 - Mirna kod naselja Rušnjak



Promatrani dio vodotoka rijeke Mirne je skoro prirodan djelomično kanalizirani profil čiji sastavni dio obala čine nisko raslinje te pokoje stablo. Dno korita je sastavljeno od valutica (80%), šljunka (10%) i pijeska (10%). Mjestimice je korito zarašteno biljnom vegetacijom čime je povećana hrapavost korita koja otežava protok vode u koritu. Djelomična mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka upućuje na smanjen pronos suspendiranog nanosa dok je uz obale mjestimice uočen vučeni nanos koji pogoduje zaraštenosti korita. Obale vodotoka su podosta strme i značajne čime je pristup vodotoku otežan.

M2 - Mirna nakon utoka Mlinskog potoka



Istraživani dio vodotoka rijeke Mirne je potpuno reguliran profil (dio novoizgrađenog korita) na čijim obalama raste nisko raslinje. Dno korita je potpuno muljevito (glina) i mjestimice zarašteno biljnom vegetacijom. Mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka upućuje na postojanost suspendiranog nanosa dok se uz obale na par mjesta javlja vučeni nanos. U odnosu na prethodni profil vodotoka rijeke Mirne, nagibi obala su i dalje značajni no neznatno blaži čime je pristup vodotoku nešto pristupačniji.

MŠ1- Stara Mirna u uzvodnom dijelu starog toka, prije utoka u kanal bujice Gradinje



Uzorkovani dio starog toka rijeke Mirne je potpuno prirodan profil bez toka ili s tek neznatnim laminarnim tokom. Okružen je bogato razvijenom šumskom vegetacijom čije korijenje čini sastavni dio njegovih obala dok mu je dno korita potpuno muljevito (glina). Velika mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka upućuje na postojanost suspendiranog nanosa dok vučeni nanos nije uočen. Pristup vodotoku je otežan zbog strmih i značajnih nagiba obala kao i zbog okolne šumske vegetacije.

MŠ2 - Stara Mirna u srednjem dijelu starog toka, u nizvodnom dijelu vodotoka



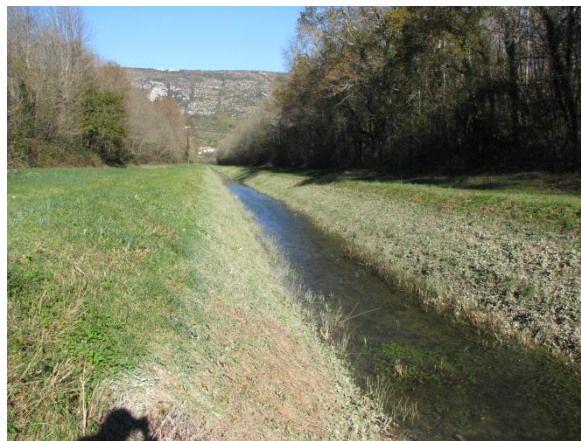
Promatrani dio starog toka rijeke Mirne je potpuno prirodan profil bez toka. Okružen je šumskom vegetacijom i visokim raslinjem čije korijenje čini sastavni dio njegovih obala kao i odumrli drveni ostaci, grane i korijenje. Muljevita voda u promatranom dijelu vodotoka upućuje na postojanost suspendiranog nanosa kao i na vodotok bez protoka čija je bistrina uvjetovana trenutnom količinom vode i odumrlog organskog sadržaja u koritu. Nagibi obala su nešto blaži čime je olakšan pristup vodotoku no zbog okolne šumske vegetacije i visokog raslinja, prilaz istomu nije posve pristupačan.

MŠ3 - Stara Mirna u donjem dijelu starog toka, u nizvodnom dijelu vodotoka



Istraživani dio starog toka rijeke Mirne je potpuno prirodan profil bez toka. Okružen je šumskom vegetacijom i visokim raslinjem čije korijenje čini sastavni dio njegovih obala kao i odumrli drveni ostaci, grane i korijenje. Dijelovi korita su u potpunosti zarašteni biljnom vegetacijom i zakrčeni odumrlom vegetacijom. Mutna voda u promatranom dijelu vodotoka upućuje na postojanost suspendiranog nanosa i na vodu bez toka (stajačica) čija bistrina je uvjetovana trenutnom količinom vode i odumrlog organskog sadržaja u koritu. Pristup vodotoku je otežan zbog značajnih nagiba obala i zbog okolne šumske vegetacije te visokog raslinja.

G - bujica Gradinje u nizvodnom dijelu



Uzorkovani dio vodotoka je potpuno regulirani vodotok ujednačenog toka čiji su pokosi zatravnjeni i održavaju se košnjom, a korito čišćenjem. Dno korita je sastavljeno od (100%) mulja. Pojedini dijelovi korita su zarašteni biljnom vegetacijom čime se povećava hrapavost korita koja uvelike otežava protok vode u koritu. Djelomična mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka je uzrokovana suspendiranim nanosom, a javlja se u razdoblju zaraštenosti korita no nakon čišćenja korita ista postaje bistrija zbog poboljšanog protoka. Nagibi obala su blagi čime je pristup vodotoku olakšan.

OK - Obuhvatni kanal Srednja Mirna u nizvodnom dijelu



Promatrani dio vodotoka je u potpunosti regulirani kanal laminarnog toka čiji su pokosi zatravnjeni te se održavaju košnjom. Dno korita je potpuno muljevito (glina) i mjestimice zarašteno biljnom vegetacijom čime je dodatno povećana hrapavost korita koja otežava protok vode u koritu. Mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka zbog suspendiranog nanosa se javlja u razdoblju zaraštenosti korita no nakon čišćenja korita ista postaje bistrija zbog poboljšanog protoka. Nagibi obala su strmi i značajni čime je pristup vodotoku otežan.

Tablica 22. Opis vodnih profila na uzorkovanim postajama

ZNAČAJKE			Mirna		Stara Mirna			Gradinje	Ob. kanal sr. Mirna
			M1	M2	MŠ1	MŠ2	MŠ3	G	OK
OPIS PROFILA	Zemljopisna širina lokacije	početak	6178764	0285916	0292916	0291094	0288096	0292747	6172904
		Kraj	6178961	0285736	0293118	0290910	0288238	0292827	6172757
	Zemljopisna dužina lokacije	početak	5034353	5027048	5027968	5026887	5026657	5028159	5031906
		Kraj	3034383	5027026	5028039	5026938	5026725	5028342	5031912
	Nadmorska visina (m.n.v.)		20	7	11	10	11	12	9
	Širina korita (m)	početak	8,9	7,4	10,9	9,4	3,5	3,4	3,8
		Kraj	8,3	6,7	9,89	11,1	1,1	3,4	5,0
	Dubina korita (cm)		40-102	60	63	> 100	> 100	20	24

Tablica 23. Pregled hidromorfoloških značajki i ocjena stanja vodotoka (1 najbolja ocjena, 5 najlošija ocjena)

ZNAČAJKE			Mirna				Stara Mirna				Gradinje		Ob. kanal sr. Mirna			
			M1		M2		MŠ1		MŠ2		MŠ3		G		OK	
BODOVANJE			kv	kn	kv	kn	kv	kn	kv	kn	kv	kn	kv	kn		
HIDROLOGIJA	Hidrološki režim	Učinci umjetnih građevina u koritu unutar dionice	1	-	1	-	5 ^A	-	5 ^A	-	5 ^A	-	3	-	3	-
		Učinci promjena širom sliva na karakter prirodnog toka	3	3	3	3	5 ^B	5 ^B	5 ^B	5 ^B	5 ^B	5 ^B	3	-	3	-
		Učinci promjene u dnevnom protoku	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	1	-	1	-
	UKUPNO		3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	3	-	3	-
UZDUŽNA POVEZANOST	Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina		3	-	3	-	5 ^A	-	5 ^A	-	5 ^A	-	3	-	3	-
	UKUPNO		3	-	3	-	5	-	5	-	5	-	3	-	3	-
MORFOLOGIJA	Geometrija korita	Tlocrtni oblik	1	1	5	5	1 ^F	2 ^F	1	1	1 ^G	2 ^G	5	5	3	3 ^X
		Presjek korita	3	3	5 ^C	5 ^C	1	1	1	1	1	1	5 ^C	5 ^C	5 ^C	5 ^C
	Podloga	Količina umjetnog materijala	3	2	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		Mješavina „prirodnih“ podloga ili izmjena značajka	1	-	3	-	5	-	5	-	5	-	3	-	3	-

ZNAČAJKE			Mirna				Stara Mirna						Gradinje		Ob. kanal sr. Mirna	
			M1		M2		MŠ1		MŠ2		MŠ3		G		OK	
BODOVANJE			kv	kn	kv	kn	kv	kn	kv	kn	kv	kn	kv	kn	kv	kn
	Vegetacija i organski ostaci u koritu	Uklanjanje vodene vegetacije	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	3 ^H	-	3 ^H	-
		Količina drvenih ostataka, ako se očekuju	3	-	3	-	1	-	1	-	1	-	5	-	5	-
	Erozija	Prisutnost elemenata unutar korita poput šljunčanih grebena i sl.	3	-	5	-	5	-	5	-	5	-	1	-	1	-
	Struktura obale i promjene na obali	Opseg dionice pod utjecajem umjetnog materijala (% duljine obale)	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3
	Vrsta/struktura vegetacije na okolnom zemljištu	Zemljišni pokrov na obalnom pojasu (% duljine obale)	3	3	5	5	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5
	Korištenje zemljišta i s time povezana obilježja	Korištenje zemljišta iza obalnog pojasa	3	2	3	3	1	1	1	1	1	1	3	2	3	4
	Interakcija između korita i poplavnog područja	Stupanj lateralne povezanosti rijeke i poplavnog područja	1	2	5	5	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1
		Stupanj lateralnog kretanja korita rijeke	1	2	5	5	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-
UKUPNO			2	2	4	4	2	1	2	1	2	1	3	4	3	3
Troznamenasta oznaka			233		433		255		255		255		333		333	
Grupiranje obilježja u skladu sa zonom	Korito		2	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	4	3	3
	Obale/obalni pojas		3	3	4	4	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4
	Poplavno područje		2	2	4	4	1	1	1	1	1	1	3	3	2	3
JEDINSTVENA OCJENA ZA CIJELU DIONICU			2	2	3	4	2	2	2	2	2	2	3	4	3	3
Postaja terenskih istraživanja			M1		M2		MS1		MS2		MS3		G		OK	
početak/kraj - početak/kraj istraživanog odsječka kv - kvalitativno bodovanje (bodovna kategorija B) kn - kvantitativno bodovanje (bodovna kategorija A) - obilježje se ne boduje (A) uzeta je najveća/najgora ocjena obzirom da je korito dvaput presječeno lokalnim cestama (B) uzeta je najveća/najgora ocjena obzirom da je voda preusmjerena u novoizgrađeno korito te gotovo nema protoka u starom koritu Mirne (C) uzeta je najveća/najgora ocjena obzirom da je korito regulirano			(F) ovdje je ocijenjen samo izmijenjeni spoj sa novim tokom Mirne, kao i spojni kanal s izvorom Bulaž; pri ocjenjivanju nije uzeto u obzir to da je kod Istarskih toplica promijenjen spoj s glavnim tokom Mirne (5-15% dionice s izmijenjenim tlacrtom) (G) ovdje je ocijenjen samo izmijenjeni spoj s novim tokom Mirne; pri ocjenjivanju nije uzeto u obzir to da je prekinut tok u ovom dijelu (5-15% dionice s izmijenjenim tlacrtom) (H) napravljena je procjena na temelju stanja tijekom terenskog obilaska (X) smjernice ne definiraju što napraviti za umjetno napravljena vodna tjela i zato je odabrana srednja vrijednost													



3.2.2.1.3.2 Ocjena hidromorfološke promjene

Ocjena hidromorfoloških promjena napravljena je na temelju 16 hidromorfoloških značajki podjeljenih u 3 osnovne kategorije (Tablica 23.):

1. hidrološki režim
2. uzdužna povezanost i
3. morfologija vodnog tijela.

1. Hidromorfološki režim

Prema ocjenama definiranih vodnih tijela može se zaključiti da umjetne građevine (pera, preljevi, mostovi, gazovi) ili zahvaćanja vode unutar promatranih dionica ne djeluju ili djeluju tek neznatno na karakter toka na gotovo svim profilima osim na području Stare Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3), gdje je isti uvelike izmijenjen jer je korito višestruko presječeno lokalnim cestama.

Budući da je vodotok iz starog korita rijeke Mirne preusmjeren u novo korito i da u starom koritu (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) gotovo nema protoka, dana je najgora ocjena koja upućuje na to da je protok u velikoj mjeri izmijenjen. Protok je umjereno izmijenjen na postajama Mirne nakon utoka Mlinskog potoka (M2) zbog crpljenja izvora Bulaž i zahvaćanja voda iz akumulacije Butoniga te Mirne kod naselja Rušnjak (M1) zbog crpljenja na izvoru Sv. Ivan. Na postajama obuhvatnog kanala Srednja Mirna (OK) i bujice Gradinje (G) protok je također umjereno izmijenjen zbog brojnih regulacijskih, zaštitnih i melioracijskih vodnih građevina u gornjem toku bujice Gradinje i brojnih potoka i bujica koji se slijevaju u obuhvatni kanal Srednja Mirna.

Na svim vodotocima nisu uočene promjene u dnevnom protoku odnosno nagli porast ili smanjenje protoka.

2. Uzdužna povezanost

Unutar promatranog područja stare Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) dvije lokalne ceste presijecaju staro korito prekidajući njegov kontinuitet i time zaustavljaju migracije vodenih organizama i pronos nanosa. Na svim ostalim postajama (M1, M2, OK i G) umjetne građevine imaju tek neznatne ili umjerene učinke na migratornu biotu i pronos nanosa zbog izvedenih stepenica u vodotoku.

3. Morfologija

a. Tlocrtni oblik

Tlocrtni oblik korita odnosi se na promjene u zakrivljenosti korita i na promjene u prepletenom toku korita ili na višestruka korita. Promatrani profil starog korita rijeke Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) i profil rijeke Mirne kod naselja Rušnjak (M1) imaju gotovo prirodni tlocrtni oblik dok Obuhvatni kanal Srednja Mirna (OK) ima promjene u tlocrtnom obliku na dijelu dionice. Potpuno izravnat tlocrtni oblik ima novo korito Mirne i promatrano kanalizirano korito bujice Gradinje (G) kojima je dodijeljena najgora/najveća ocjena.

b. Presjek korita

Korito Stare Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) je gotovo prirodno, bez promjena u poprečnom i uzdužnom presjeku dok je na rijeci Mirni kod naselja Rušnjak (M1) umjereno promijenjeno obaloutvrdama. Obzirom da se radi o reguliranim vodotocima, korita rijeke Mirne nakon utoka Mlinskog potoka (M2), bujice Gradinje (G) i Obuhvatnog kanala Srednja Mirna (OK) u velikoj su mjeri promijenjena odnosno izmijenjen im je uzdužni i poprečni presjek.

c. Podloga - (i) Količina umjetnog materijala i (ii) Mješavina „prirodnih“ podloga ili izmjena značajka

Promatrajući neprirodnost nanosa u koritu do dubine od 20cm, na području starog korita Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) te na postajama Obuhvatnog kanala Srednja Mirna i bujice Gradinje (OK i G) prevladava gotovo prirodna mješavina prirodnih podloga s 1-5% umjetnog materijala dok na promatranom području rijeke Mirne (M1 i M2) prevladava mala do umjerena prisutnost umjetnog materijala. U rijeci Mirni kod naselja Rušnjak (M1) prisutna je gotovo prirodna mješavina prirodnih podloga za razliku od starog korita Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) čija je prirodna mješavina u velikoj mjeri izmijenjena preusmjeravanjem vodotoka u novo korito, a time i ukidanjem pronosa nanosa. Na ostalim postajama (M2, G i OK) prirodna mješavina/značajka je blago do umjereno izmijenjena.

d. Vegetacija i organski ostaci u koritu - (i) Uklanjanje vodene vegetacije i (ii) Količina drvenih ostataka, ako se očekuju

Vodena vegetacija se umjereno uklanja (barem svake 2 godine) na postajama Obuhvatnog kanala (OK) i bujice Gradinje (G). Količina drvenih ostataka za sve postaje osim postaja starog korita Mirne je ocjenjena obzirom na referentno stanje u kojem bi prirodni vodotok išao kroz šumu te bi imao više drveća uz korito, a time i drvenih ostataka unutar istog. Količina i veličina drvenih ostataka je u velikoj mjeri izmijenjena na postajama Gradinje i obuhvatni kanal dok je na postajama rijeke Mirne neznatno do umjereno izmijenjena. Samo na područje starog toka rijeke Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) zabilježeni su drveni ostaci bez aktivnog uklanjanja.

e. Erozija - Prisutnost elemenata unutar korita poput šljunčanih grebena i sl.

Obale starog korita Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) nisu pod utjecajem tvrdih i mekih umjetnih materijala dok su na ostalim promatranim područjima (M21, M2, OK i G) pod neznatnim ili umjerenim utjecajem tvrdih materijala ili pod snažnim utjecajem mekih materijala. Na promatranim područjima elementi erozije/taloženja odražavaju gotovo prirodno stanje samo na području obuhvatnog kanala Stara Mirna (OK) i bujice Gradinje (G) dok isti na rijeci Mirni kod naselja Rušnjak (M1) odražavaju umjereno odstupanje od prirodnog stanja (odsutno 10-50% očekivanih elemenata). Na području starog toka rijeke Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) zbog preusmjerenog vodotoka, odnosno zbog nedostatka protoka elementi erozije/taloženja odražavaju veliko odstupanje od prirodnog stanja (odsutno >50% očekivanih elemenata).

f. Struktura obale i promjene na obali - Opseg dionice pod utjecajem umjetnog materijala (% duljine obale)

g. Vrsta/struktura vegetacije na okolnom zemljištu - Zemljišni pokrov na obalnom pojasu (% duljine obale)

Na profilima u Motovunskoj šumi (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) nema površina obalnog pojasa s neprirodnim zemljišnim pokrovom dok se na postaji Mirna kod naselja Rušnjak (M1) javljaju umjereno velike površine obalnog pojasa s neprirodnim zemljišnim pokrovom. Na obalnom pojasu ostalih postaja (M2, G i OK) prevladavaju neprirodni zemljišni pokrovi. Područja riječnog koridora iza obalnog pojasa s neprirodnim zemljišnim pokrovom nema na području starog korita rijeke Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) dok na ostalim profilima (M1, M2, G i OK) iza obalnog pojasa postoje umjereno velika područja riječnog koridora s neprirodnim zemljišnim pokrovom

h. Korištenje zemljišta iza obalnog pojasa

i. Interakcija između korita i poplavnog područja - (1) Stupanj lateralne povezanosti rijeke i poplavnog područja i (2) Stupanj lateralnog kretanja korita rijeke

Na profilima u Motovunskoj šumi (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) niti jedan dio dionice nije pod utjecajem nasipa ili drugih mjera koje sprečavaju plavljenje poplavnog područja i da nema umjetnih prepreka i prethodne regulacije vode u novo korito voda bi se u koritu prirodno (lateralno) kretala kroz svoje poplavno područje. Na području rijeke Mirne kod naselja Rušnjak (M1) 5-15% dionice je pod utjecajem ceste koja sprečava plavljenje, a time i lateralno kretanje rijeke poplavnim područjem. Većina dionice područja novog korita rijeke Mirne nakon utoka Mlinskog potoka (M2) pod utjecajem je regulacije kanaliziranjem te obližnje povišene ceste koja sprečava plavljenje i lateralno kretanje rijeke poplavnim područjem. Područje vodotoka bujice Gradinje (G) pod utjecajem je neposredne blizine povišene ceste uz desnu obalu pošto ona sprečava veće plavljenje prema jugozapadu dok je ono moguće preko lijeve obale u smjeru Motovunske šume i Stare Mirne. Lateralno kretanje poplavnim područjem onemogućeno je regulacijom kanaliziranjem i izravnavanjem korita. Niti jedan dio dionice obuhvatnog kanala Srednja Mirna (OK) nije pod utjecajem nasipa ili drugih mjera koje sprečavaju plavljenje područja oko kanaliziranog korita, ali regulacija kanaliziranjem sprečava slobodno lateralno kretanje vodotoka.

Pretvorba bodova hidromorfoloških parametara u ukupnu hidromorfološku ocjenu, odnosno klasifikaciju, govori o cjelokupnoj hidromorfološkoj promjeni pojedine dionice vodotoka. Ukupna ocjena kao srednja vrijednost svih 16 ocjena hidromorfoloških parametara svrstava dionice u jednu od pet kategorija na temelju stupnja hidromorfološke promjene.

Na kraju tablice (Tablica 23.) za sve postaje dane su ukupne ocjene hidromorfološke promjene temeljem prosječne ocjene svih zabilježenih parametara. Prema ukupnoj ocjeni područje uglavnom originalnog korita rijeke Mirne kod naselja Rušnjak Rušnjak (M1) te područje originalnog korita Stare Mirne unutar Motovunske šume neznatno su promijenjena (**dobro** stanje) dok su svi izrazito kanalizirani umjetni vodotoci (M2, G i OK) umjereno promijenjeni (**umjereno** stanje).

U specifičnoj situaciji kakva je na promatranim vodnim tijelima u ovom projektu, gdje su neka stara prirodna vodna tijela danas bez toka (stari tok Mirne), a s druge strane postoje umjetna vodna tijela (Obuhvatni kanal Srednja Mirna i noviji kanalizirani srednji tok Mirne

pokraj Motovunske šume), prosječna ocjena vodnog tijela nedovoljno naglašava elemente hidromorfologije koji utječu na to da je vodno tijelo značajno izmijenjeno. U tu svrhu znatno iluzornija je troznamenasta oznaka svakog vodotoka (Tablica 24.), koja uključuje grupne ocjene 3 glavne kategorije hidromorfoloških značajki :

1. ocjenu za morfologiju,
2. maksimalnu ocjenu za hidrologiju te
3. ocjenu uzdužne povezanosti.

Tako troznamenasta ocjena hidromorfološkog stanja daje znatno više informacija o hidromorfološkom stanju predmetne dionice i upućuje na potencijal za razvoj biotičkih zajednica promatranih vodnih tijela.

Tablica 24. Pregled troznamenkaste ocjene hidromorfološkog stanja (1- gotovo prirodno; 2- neznatno promijenjeno; 3-umjereno promijenjeno, 4-promijenjeno u velikoj mjeri, 5-izrazito promijenjeno)

	ocjena za morfologiju	maksimalna ocjena za hidrologiju	uzdužna povezanost
M1	2	3	3
M2	4	3	3
MŠ1	2	5	5
MŠ2	2	5	5
MŠ3	2	5	5
G	3	3	3
OK	3	3	3

3.2.2.2 Kemijsko stanje površinskih voda

Kemijsko stanje površinskih voda ocjenjeno je prema pokazateljima kemijskog stanja sukladno Prilogu 5. Uredbe. Od navedenih pokazatelja, tijekom ovog istraživanja analizirani su kadmij, živa, nikal i olovo. Standardi kakvoće voda (SKVO) za ocjenu kemijskog stanja navedeni su u tablici (Tablica 25.).

Tablica 25. Standardi kakvoće voda za ocjenu kemijskog stanja prema Prilogu 5. Uredbe.

Naziv tvari	CAS broj ⁽¹⁾	Kopnene površinske vode	
		SKVO za PGK ⁽²⁾ Kopnene površinske vode [µg/l]	SKVO za MGK ⁽³⁾ Kopnene površinske vode [µg/l]
Kadmij i njegovi spojevi (ovisno o kategorijama tvrdoće vode) ⁽⁴⁾	7440-43-9	≤ 0,08 (kategorija 1)	≤ 0,45 (kategorija 1)
		0,08 (kategorija 2)	0,45 (kategorija 1)
		0,09 (kategorija 3)	0,6 (kategorija 3)
		0,15 (kategorija 4)	0,9 (kategorija 4)
		0,25 (kategorija 5)	1,5 (kategorija 5)
Živa i njezini spojevi	7439-97-6	0,05	0,07
Nikal i njegovi spojevi	7440-02-0	20	nije primjenjivo
Olovo i njegovi spojevi	7439-92-1	7,2	nije primjenjivo

(1) CAS: Chemical Abstracts Service

(2) PGK - prosječna godišnja koncentracija



- (3) MGK - maksimalna godišnja koncentracija
- (4) Za kadmij i njegove spojeve (br. 6), vrijednosti SKVO se mijenjaju ovisno o tvrdoći vode specificiranoj u pet kategorija vode (1. kategorija < 40 mg CaCO₃/l; 2. kategorija 40 do < 50 mg CaCO₃/l; 3. kategorija 50 do < 100 mg CaCO₃/l; 4. kategorija 100 do < 200 mg CaCO₃/l; i 5. kategorija ≥ 200 mg CaCO₃/l).

S obzirom da na svim postajama vrijednosti tvrdoće vode prelaze 200 mg CaCO₃/l za kadmij i njegove spojeve uzimaju vrijednosti SKVO kategorije 5.

Ocjena kemijskog stanja tijela površinske vode određuje se najlošijom od vrijednosti rezultata, uzimajući u obzir rezultate ocjene pokazatelja kemijskog stanja. Tijelo površinske vode razvrstava se na temelju rezultata ocjene elemenata kakvoće u kategorije kemijskog stanja i to:

1. dobro kemijsko stanje (označeno **plavom** bojom),
2. nije postignuto dobro kemijsko stanje (označeno **crvenom** bojom).

Tablica 26. prikazuje srednje vrijednosti koncentracija kemijskih pokazatelja dobivene iz četiri mjerenja tijekom istraživanja (ožujak, svibanj, kolovoz, listopad) te njihovu usporedbu s graničnim pokazateljima propisanim Uredbom. Vrijednosti SKVO za metale (kadmij, olovo, živa i nikal) izražene su kao koncentracije u otopljenoj fazi dobivenoj filtriranjem vode kroz filter sa porama 0,45 µm ili drugom odgovarajućom obradom, stoga su uspoređivane vrijednosti koncentracija metala u otopljenoj fazi. Iz rezultata je vidljivo da vrijednosti koncentracija kadmija, nikla i olova zadovoljavaju granične vrijednosti SKVO-a te je kemijsko stanje kakvoće voda na svim postajama ocijenjeno dobrim. Vrijednosti koncentracija žive nisu mjerene dovoljnom preciznošću s obzirom na graničnu vrijednost koja iznosi 0,05 µg/l te je taj rezultat kod ukupne ocjene izuzet. Imajući u vidu dobro kemijsko stanje svih ostalih kemijskih pokazatelja, vrlo je vjerojatno da je voda kemijski u potpunosti ispravna. Rezultati svih mjerenih kemijskih pokazatelja prikazani su u Prilogu 3 (Tablica 6. - Tablica 11.).

Tablica 26. Ocjena kemijskog stanja kakvoće vode na istraživanim postajama prema kemijskim pokazateljima iz Uredbe (NN 73/13, 151/14) - prikazane su srednje vrijednosti koncentracija kemijskih pokazatelja.

Pokazatelj	Mjerna jedinica	Granična vrijednost SKVO za PGK	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
Kadmij otopljeni	µg/L	0,25	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Živa otopljena	µg/L	0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nikal otopljeni	µg/L	20	1,33	1,25	1,75	1,38	1,65	1,15
Olovo otopljeno	µg/L	7,2	1,60	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
UKUPNO			DOBRO	DOBRO	DOBRO	DOBRO	DOBRO	DOBRO

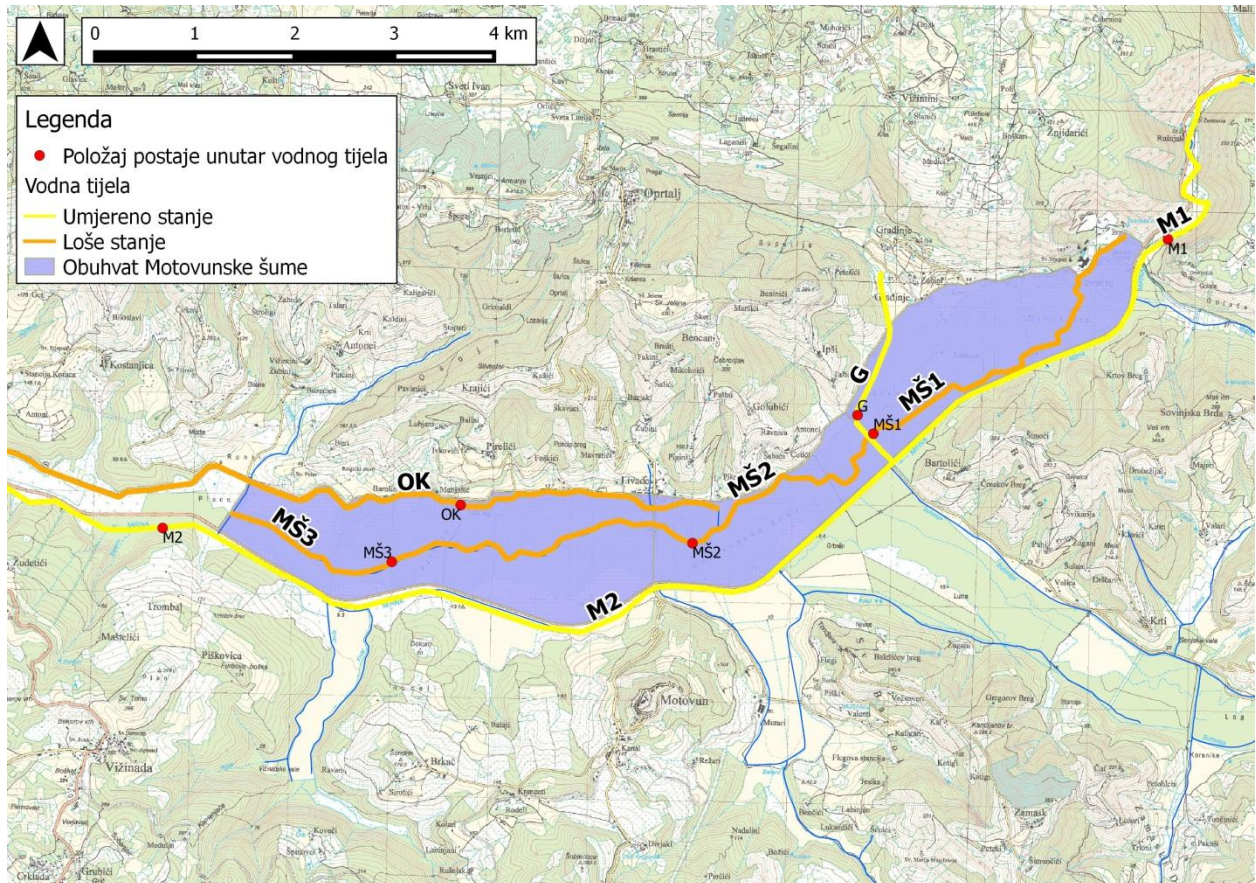


3.2.2.3 Ukupna ocjena stanja površinskih voda prema svim elementima kakvoće za ocjenu ekološkog i kemijskog stanja

Analizom svih ekoloških i kemijskih pokazatelja stanja voda (navedeni u prijašnjim poglavljima) procijenjena je ukupna ocjena stanja površinskih voda na istraživanim postajama. Ukupne ocjene stanja voda za svaku postaju prikazane su u narednoj tablici.

Tablica 27. Ukupna ocjena stanja površinskih voda prema svim elementima kakvoće za ocjenu ekološkog i kemijskog stanja

Elementi ocjene kakvoće	POSTAJA					
	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
BIOLOŠKI	U	U	L	L	U	L
OSNOVNI FIZIKALNO-KEMIJSKI	D	U	D	U	U	U
SPECIFIČNE ONEČIŠĆUJUĆE TVARI	D	D	D	D	D	U
HIDROMORFOLOŠKI	D	U	D	D	U	U
KEMIJSKI	D	D	D	D	D	D
UKUPNA OCJENA STANJA VODA	UMJERENO	UMJERENO	LOŠE	LOŠE	UMJERENO	LOŠE



Slika 58. Prikaz ukupnog stanja površinskih vodnih tijela

Prema rezultatima ocjenjivanja stanja površinskih voda u slivu Mirne prema svim elementima kakvoće za ocjenu ekološkog i kemijskog stanja vidljivo je da mjerne postaje s najslabijim stalnim protokom i izmjenom vode (**MŠ1** i **MŠ2**) ili smještene nizvodno i bliže većih naselja i farmi (**OK**) pokazuju najlošiju kakvoću vode i vodenih staništa prema većini pokazatelja, a posebno prema biološkim (**loše stanje**). Nasuprot tome, postaje s najjačim stalnim protokom i izmjenom vode te prihvatom svježije uzvodnije vode iz obližnjih viših pritoka (najviše **M1**) pokazuju najbolju kakvoću vode i vodenih staništa prema većini pokazatelja (**dobro** do **umjereno** stanje), a njihova ukupna ocjena ukazuje na **umjereno** stanje prema najlošijoj ocjeni prema biološkim elementima kakvoće (**makrozoobentos**).

Analiza fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata koji prate biološke elemente pokazala je kako postaje **M1** i **MŠ1** pripadaju kategoriji **dobrog** ekološkog stanja, dok postaje **M2**, **MŠ2**, **G** i **OK** ne zadovoljavaju granične vrijednosti kategorija vrlo dobrog i dobrog ekološkog stanja te pripadaju kategoriji **umjerenog** ekološkog stanja.

Analiza ekološkog stanja površinskih voda temeljem specifičnih onečišćujućih tvari (ukupni i otopljeni bakar, cink i krom) pokazala je kako sve istraživane postaje (osim postaje **OK** koja prema ukupnom cinku pripada kategoriji **umjerenog** stanja) pripadaju kategoriji **dobrog** ekološkog stanja.

Prema ukupnoj ocjeni hidromorfološke promjene područje uglavnom originalnog korita rijeke Mirne kod naselja Rušnjak (**M1**) te područje originalnog korita Stare Mirne unutar Motovunske



šume neznatno su promijenjena (**dobro** stanje) dok su svi izrazito kanalizirani umjetni vodotoci (**M2, G i OK**) umjereno promijenjeni (**umjereno** stanje).

Analiza kemijskog stanja površinskih voda obavljena je prema pokazateljima kemijskog stanja (kadmij, živa, nikal i olovo). Vrijednosti koncentracija kadmija, nikla i olova zadovoljavaju granične vrijednosti SKVO-a te je kemijsko stanje kakvoće voda na svim postajama ocijenjeno kao **dobro** stanje. Vrijednosti koncentracija žive nisu mjerene dovoljnom preciznošću s obzirom na graničnu vrijednost koja iznosi 0,05 µg/l te je taj rezultat kod ukupne ocjene izuzet. Imajući u vidu dobro kemijsko stanje svih ostalih kemijskih pokazatelja, vrlo je vjerojatno da je voda kemijski u potpunosti ispravna.

Važno je napomenuti da je veći dio današnjeg toka rijeke Mirne izmijenjen, kanaliziran, što nikako ne pridonosi očuvanju prirodnih biljnih i životinjskih zajednica tekućica jadranskog sliva, a time niti očuvanju bolje kvalitete vode i vodenih staništa. To su pokazali rezultati ovih istraživanja, kao i rezultati dosadašnjih istraživanja Mirne od strane Hrvatskih voda, Zavoda za javno zdravstvo Istarske županije, PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, Oikona - Instituta za primijenjenu ekologiju i dr. (Pavletić 2009, Oikon d.o.o. 2013). Slično se odnosi i na glavne pritoke rijeke Mirne, od kojih su neke potpuno (nekadašnji vodotok Butoniga sada je odvodni kanal akumulacije Butoniga), a neke samo djelomično regulirane (Draga, Rečina i Bračana).

LITERATURA

- AQEM Consortium (2002): Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European stream^Š using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0
- Cemagref, A. (1982): Étude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon - Agence de l'Eau Rhône-Mediterrane Corse. 218.
- Oikon d.o.o. (2013): Definiranje ekološki prihvatljivog protoka Mirne,.
- Giller PS, Malmqvist B (1998): The Biology of Stream^Š and Rivers. Oxford University Press. Oxford, 296 pp
- Hindák, F., Marvan, P., Komarek, J., Rosa, K. , Popovsky, J. , Lhotsky, O. (1978): Sladkovodne Riasy. Slovenske Pedagogicke Nakladatelstvo, Bratislava. 723 pp
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (2004): Süßwasserflora von Mitteleuropa 4. Bacillariophyceae 4.Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Achnanthes s. l., Navicula s. str., Gomphonema. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 468 pp
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (2007): Süßwasserflora von Mitteleuropa 2. Bacillariophyceae 2.Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 610 pp
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (2008): Süßwasserflora von Mitteleuropa 2. Bacillariophyceae 3.Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 598 pp
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (2010): Süßwasserflora von Mitteleuropa 2. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 876 pp
- Krebs C.J. (1999): Ecological methodology. 2nd. ed., A. Wesley Longman, NY, USA.
- Lange-Bertalot, H. 2001. Diato^Š of Europe. Vol 2. Navicula Sensu Stricto, 10 Genera Separated from Navicula Sensu Lato, Frustulia. Gantner Verlag, Koenigstein. 526 pp
- Lange-Bertalot, H. (2003): Diato^Š of Europe. Vol 4. Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocyymbula Supplements to Cymbelloid Taxa. Koeltz Scientific Books, Koenigstein. 530 pp
- Lange-Bertalot, H., Bağ, M., Witkowski, A. (2011): Diatoms of Europe. Vol 6. Eunotia and Some Related Genera. Gantner Verlag, Koenigstein. 747 pp

- Lange-Bertalot, H., Krammer, K. (2002): DiatoMŠ of Europe. Vol 3. Cymbella. Koeltz Scientific Books, Koenigstein. 584 pp
- Levkov, Z. (2009): DiatoMŠ of Europe. Vol 5. Amphora sensu lato. Gantner Verlag, Koenigstein. 916 pp
- Hrvatske vode (2015): Metodologija određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata i Metodologija ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja
- Pantle R., Buck H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. GWF, 96, 603 pp
- Pavletić LJ. i sur. (2009): Plan upravljanja slivom rijeke Mirne, Hrvatske vode VGO Rijeka
- Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, biološki odsjek (2011): Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima panonske i dinaridske ekoregije, knjiga I. Studija biološkog odsjeka PMF-a
- Rosenberg D.M., Resh V. H. (1993): Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York, 488 pp
- Rott, E., Binder, N., Van Dam, H., Ortler, K., Pall, K., Pfister, P., Pipp, E. (1999): Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien: 1-248
- Rott, E., Pipp, E., Pfister, P., Van Dam, H., Orther, K., Binder, N., Pall, K., (1999): Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Österreichischen Fließgewässern. Teil 2: Trophieindikation. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien, 248 pp
- Schleuter A., Tttizer T. (1988): Die Makroinvertebratenbeiedlung des Mains in Abhängigkeit von der Gewässertiefe und der Korngröße des Substrates.- Arch. Hydrobiol. Stuttgart, 113: 133-151
- Zabelina, M. M., Kiselev, I. A., Proškina-Lavrenko, A. I., Šešukova, V. S. (1951): Predelitelj presnovodnih vodorosli SSSR, Diatomovie vodorosli. Sovetskaja nauka, Moskva, 615 pp

3.2.2.4 Analiza svojstva sedimenta

Na šest lokacija na kojima je analizirana ocjena stanja voda (M1, M2, MŠ1, MŠ2, G i OK) uzorkovan je sediment za koji je napravljena granulometrijska, mineraloška (fazna) i geokemijska analiza (Slika 60.).

3.2.2.4.1 Granulometrija

Uzorci mulja iz vodotoka su na šest postaja sakupljeni prema standardnoj metodologiji za granulometrijsku analizu. Granulometrijsku analizu uzoraka sedimenta (anorganski nanos) sa svih šest postaja napravio je na Mineraloško-petrografski zavod (PMF-Geološki odsjek, Sveučilište u Zagrebu) kombiniranom metodom mokrog prosijavanja na standardnim sitima (za frakcije > 0,063 mm) i sedigrafa (za frakcije < 0,063 mm).

Rezultati granulometrijske analize prikazani su u tablicama (Tablica 28. i Tablica 29.) te na grafičkom prikazu (Slika 59.).

Analizirani uzorci prema Folkovoj klasifikaciji (Folk 1954) određeni su kao šljunak (M1- Mirna kod naselja Rusnjak), šljunkoviti mulj (M2 - Mirna nakon utoka Mlinskog potoka), slabo šljunkovito pjeskoviti mulj (MŠ1 - stara Mirna u uzvodnom dijelu starog toka, MŠ2 - stara Mirna u srednjem dijelu starog toka, OK - obuhvatni kanal srednja Mirna u nizvodnom dijelu) te kao slabo šljunkoviti mulj (G - bujica Gradinje u nizvodnom dijelu). Uzorak na postaji M1 - Mirna kod naselja Rušnjak (Tablica 28.) se od ostalih razlikuje po izrazito velikoj količini (> 80 %) valutica veličine > 4 mm. Ostali uzorci sadrže vrlo velike količine mulja (> 70 %), pri čemu najveću količinu frakcije mulja sadrži uzorak sa postaje G - bujica Gradinje u nizvodnom dijelu (> 95%).

Tablica 28. Vrsta čestica (%) na promatranim postajama obzirom na njenu veličinu

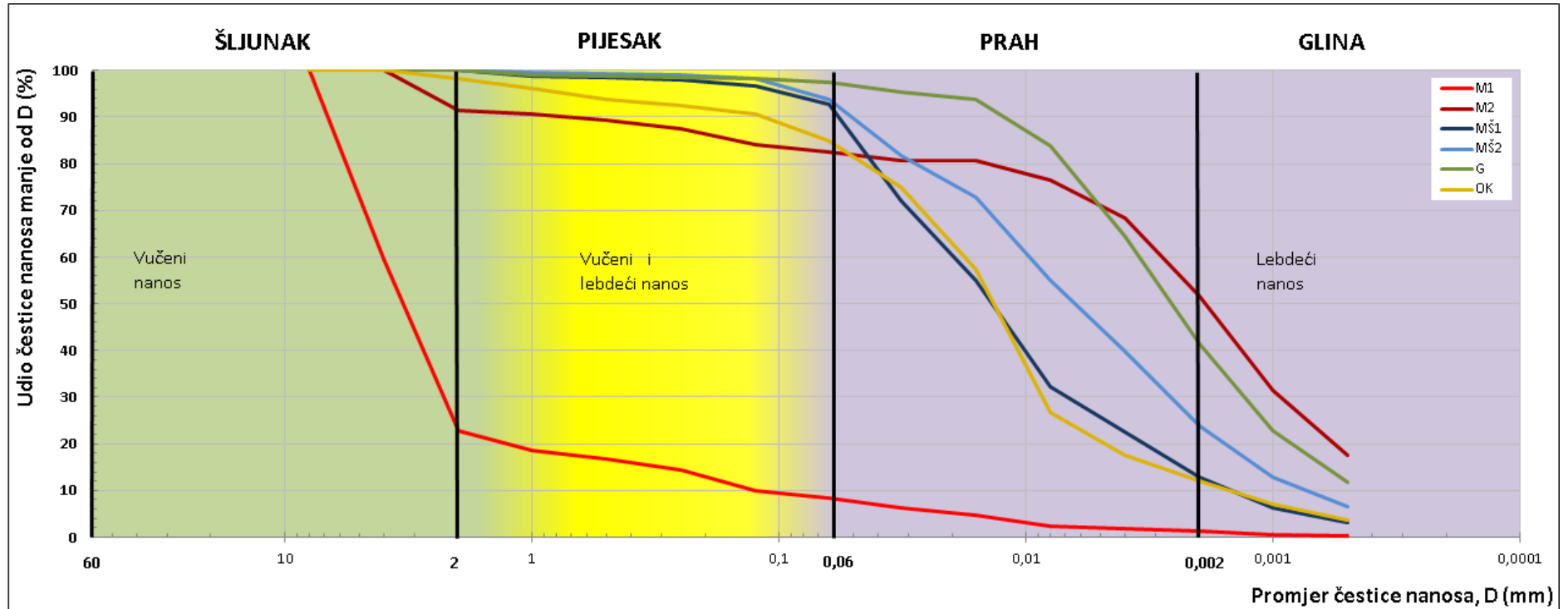
Vrsta čestice	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
Šljunak	81,5	9,4	1,2	0,4	0,9	3,8
Pijesak	12,3	9,8	26,6	17,7	3,7	21,2
Prah	5,1	29,3	59,5	58,0	54,0	63,0
Glina	1,2	51,5	12,7	23,8	41,4	12,0

Grafički prikaz rezultata granulometrijske analize se prikazuju u log-normalnom mjerilu (Slika 59.). Iz granulometrijskog dijagrama riječnog nanosa može se saznati koji tipovi nanosa prevladavaju na pojedinoj postaji. Vučeni nanos (zelena boja) karakteriziraju čestice promjera od 1 do 10 mm, vučeni i lebdeći nanos (žuta boja) čine čestice promjera od 1 do 0,1 mm dok je lebdeći nanos (ljubičasta boja) karakterističan po česticama promjera od 0,1 do 0,001 mm (Žugaj, 2000.).

Tablica 29. Tip nanosa na promatranim postajama obzirom na udio čestica određenog promjera (%)

Tip nanosa	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
Vučeni nanos	83,3	10,6	1,5	0,7	1,2	6,2
Vučeni i lebdeći nanos	8,4	7,0	5,8	5,7	1,3	8,8
Lebdeći nanos	8,3	82,5	92,7	93,7	97,5	85,0

Rezultati (Tablica 29. i Slika 59.) pokazuju da na postaji M1 većinom prevladava vučeni nanos, dok na ostalim postajama prevladava lebdeći nanos, koji je pogotovo značajan na postajama bujice Gradinje u nizvodnom dijelu (G) te nešto manje na postajama starog toka Mirne (MŠ1 i MŠ2). Razlog tome je sadržan u hidrauličkim uvjetima u toku kao i u stupnju te jačini erozije koja ovisi o jačini oborina, nagibima sliva i značajkama vegetacije. Neuređene bujice (Gradinje i Bračana) u nekoherentnom materijalu naročito doprinose donošenju nanosa u vodotoke, a izravni utjecaj na količine nanosa imaju topografski položaj sliva te njegov geološki sastav i obraštenost.



Slika 59. Prikaz granulometrijskog dijagrama riječnog nanosa u log-normalnom mjerilu

3.2.2.4.2 Mineraloška analiza

Mineralošku analizu uzoraka sedimenata sa šest postaja proveo je Mineraloško-petrografski zavod (Sveučilište u Zagrebu, PMF-Geološki odsijek). Fazna analiza uzoraka provedena je metodom difrakcije rendgenskih zraka na praškastim uzorcima na Philipsovom vertikalnom rendgenskom goniometru (tip X-Pert), uz upotrebu Cu-cijevi (40 kV, 40 mA) čije je zračenje monokromatizirano grafitnim monokromatorom. Za registraciju zračenja korišten je proporcionalni brojač. Snimanje je bilo kontinuirano brzinom $0,02^\circ\theta/s$. Pukotine na instrumentu bile su kako slijedi: maska 10 mm, divergentna pukotina $1/4^\circ$, pukotine od $1/2^\circ$ za sprječavanje raspršenja na strani cijevi odnosno 1° ispred brojača te prijamna pukotina 0,2 mm. Pri snimanju korišten je klasični aluminijski nosač. Snimljeni su izvorni uzorak, uzorak tretiran s etilen-glikolom te uzorci nakon žarenja od sat vremena na temperaturama od 400 odnosno 550°C .

Difraktogrami praha i s njih očitani podaci nalaze se u prilogu (Prilog 4.) a u nastavku su prikazani rezultati fazne analize po mjernim postajama.

Tablica 30. Mineralni sastav sedimenta

	CaCO ₃ %	SiO ₂ %	Sporedni sastojci u tragovima
M1	73,31	18,97	plagioklasi
M2	43,22	35,21	plagioklasi, smektiti, kloriti, muskovit, ilit
MŠ1	39,98	46,96	plagioklasi, K-feldspati, filosilikati, klorit
MŠ2	45,23	40,1	plagioklasi, K-feldspati, filosilikati, klorit, kaolinit
G	44,28	37,47	plagioklasi, filosilikati, smektiti, kaolinit, klorit
OK	53,55	29,9	plagioklasi, filosilikati

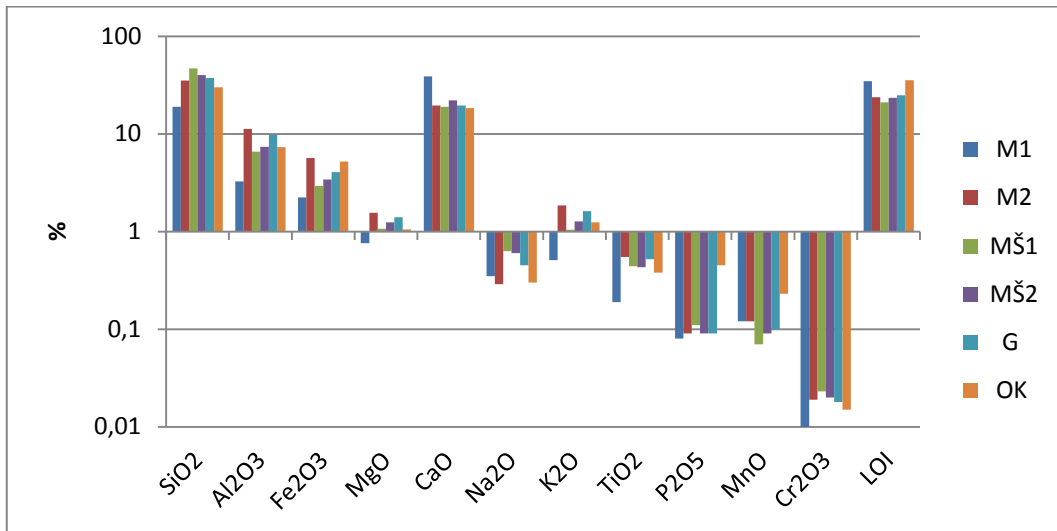
Rezultati analize pokazali su izrazitu sličnost mineralnog sastava svih uzoraka s vrlo malom razlikom u zastupljenosti pojedinih minerala. Glavni minerali u uzorcima su kalcit - CaCO₃ i kvarc - SiO₂, a uz njih su prisutni 10 Å filosilikati (muskovit i/ili ilit), plagioklasi, K-feldspati, kaoliniti i kloriti.

Općenito, za uzorkovan sediment može se reći da je kombinacija materijala prvenstveno terigenog porijekla nastalog mehaničkim površinskim trošenjem naslaga fliša te transportiranog površinskom erozijom. Za razliku od terigene, biogena je komponenta u sedimentu manje zastupljena. Detaljniji rezultati analize mineralnog sastava nalaze se u prilogu (Prilog 4.)

3.2.2.4.3 Geokemijska analiza sedimenta

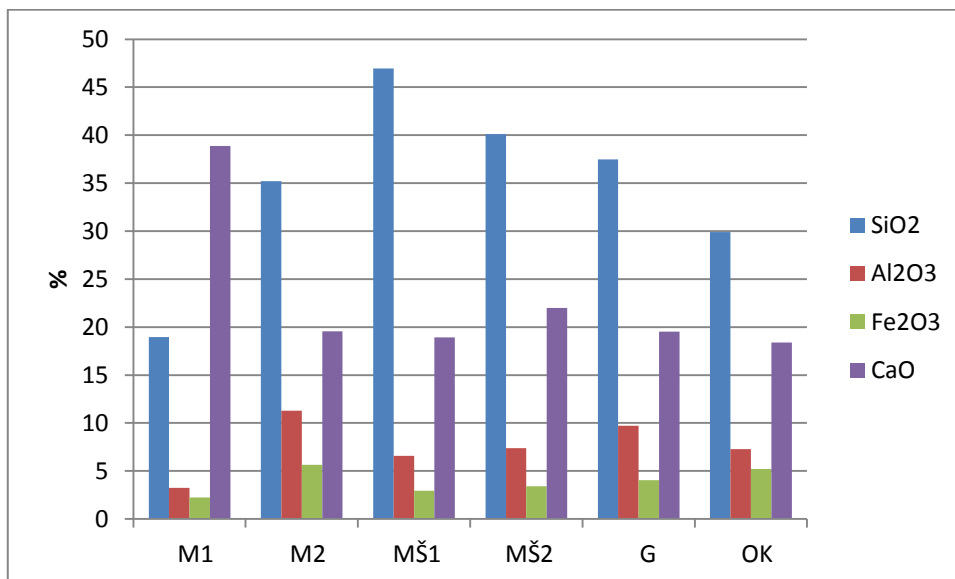
Budući da sediment kao akumulat postojanih toksičnih tvari može biti značajan indikator onečišćenja okoliša, u okviru ovog istraživanja provedena je i geokemijska analiza sedimenta a rezultati analize prikazani su na slici i u tablicama u nastavku (Tablica 31. i Slika 60.).

Geokemijska analiza provedena je u laboratorijima tvrtke Acme Analytical Labs, Kanada. Oksidi glavnih elemenata određivani su ICP-ES metodom nakon taljenja s $\text{LiBO}_2/\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ te otapanja u razrijeđenoj dušičnoj kiselini (Slika 60., Slika 61. i Slika 62.). Dio mikroelemenata određivan je ICP-MS metodom nakon što su uzorci pripremljeni na isti način kao i kod analize makro sastojaka, a drugi dio mikroelemenata (Au, Ag, As, Bi, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl i Zn) određivan je također ICP-MS metodom, ali nakon otapanja u zlatotopci (Tablica 31). Ugljik i sumpor određeni su na Leco analizatoru, dok je gubitak žarenjem određen vaganjem nakon žarenja uzorka na 1000°C .

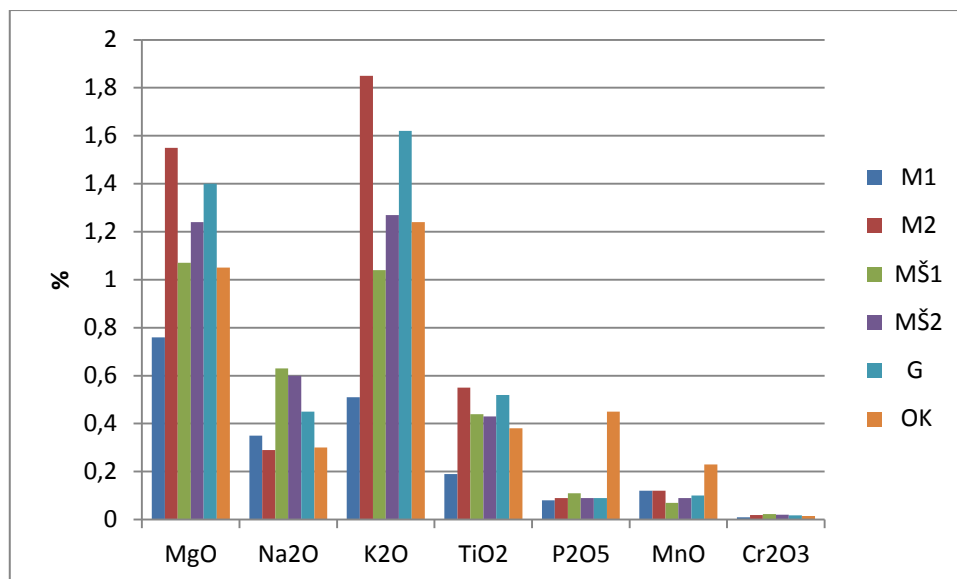


Slika 60. Prikaz udjela makroelemenata u uzorcima (LOI - gubitak žarenjem)

Od *makroelemenata* u analiziranim uzorcima ustanovljena je prisutnost značajnog udjela silicija (19,97% - 46,96%), aluminija (3,25% - 11,28%), željeza (2,24% - 5,64%) i kalcija (18,38% - 38,87%) (Slika 61.).



Slika 61. Udio spojeva silicija, aluminija, željeza i kalcija u uzorcima



Slika 62. Udio ostalih makroelemenata u uzorcima

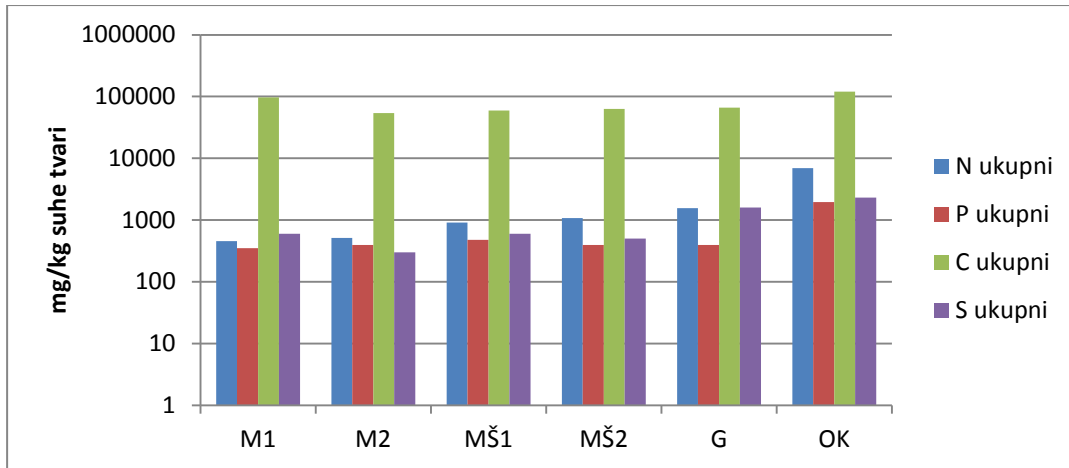
Tablica 31. Rezultati analize mikroelemenata i elemenata u tragovima u uzorcima (GD =granica detekcije)

		GD	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
Ba	ppm	1	131	272	152	199	237	264
Be	ppm	1	<1	<1	<1	<1	<1	3
Co	ppm	0,2	9,5	13,2	10,9	14,4	14	11,7
Cs	ppm	0,1	1,6	6,7	2,9	3,6	5,3	4,5
Ga	ppm	0,5	3,5	12,6	7,3	7,6	10,6	7,8
Hf	ppm	0,1	1,7	2,3	4,8	3,1	2,7	2,4
Nb	ppm	0,1	3	8,7	7,1	7,2	8,6	6,3
Rb	ppm	0,1	22,1	101,1	50,3	62	83,5	65,8
Sn	ppm	1	2	2	1	1	4	4
Sr	ppm	0,5	515,3	298,8	329,3	381,3	295	249,9
Ta	ppm	0,1	0,3	0,6	0,9	0,6	0,8	7,2
Th	ppm	0,2	2,8	7,5	5,6	6,1	7,1	5,3
U	ppm	0,1	1,4	1,8	1,7	1,7	1,9	1,3
V	ppm	8	39	126	68	76	102	79
W	ppm	0,5	0,6	1,1	1	1	1,1	1,1
Zr	ppm	0,1	62,1	85,5	178	113,2	98,7	79,3
Y	ppm	0,1	11	18,9	17,1	17,8	17	13,3
La	ppm	0,1	10,1	25,8	20,2	19,3	22,1	16,3
Ce	ppm	0,1	21,3	48,6	39,7	39,6	44,7	32,7
Pr	ppm	0,02	2,37	5,19	4,34	4,23	4,78	3,42
Nd	ppm	0,3	9,6	20,1	15,9	16,9	18,5	13,5
Sm	ppm	0,05	1,76	3,64	3,19	3,3	3,63	2,59
Eu	ppm	0,02	0,43	0,8	0,66	0,68	0,77	0,55
Gd	ppm	0,05	1,81	3,56	3,24	3,22	3,35	2,51
Tb	ppm	0,01	0,3	0,55	0,51	0,5	0,54	0,39

		GD	M1	M2	MŠ1	MŠ2	G	OK
Dy	ppm	0,05	1,71	3,32	2,88	2,88	2,85	2,28
Ho	ppm	0,02	0,33	0,65	0,64	0,59	0,6	0,46
Er	ppm	0,03	0,94	1,82	1,58	1,69	1,83	1,36
Tm	ppm	0,01	0,14	0,29	0,28	0,27	0,27	0,21
Yb	ppm	0,05	0,84	1,83	1,73	1,62	1,74	1,36
Lu	ppm	0,01	0,14	0,27	0,27	0,22	0,26	0,21
Mo	ppm	0,1	0,8	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4
Cu	ppm	0,1	11,7	31,4	23,3	28,1	31,1	37
Pb	ppm	0,1	9,4	13,7	13	12,7	13,8	15,8
Zn	ppm	1	52	76	50	55	68	83
Ni	ppm	0,1	37,9	83,4	54,5	64	77,4	57,2
As	ppm	0,5	6	6,9	5	4,4	4,9	8,7
Cd	ppm	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Sb	ppm	0,1	0,2	<0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
Bi	ppm	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Ag	ppm	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Au	ppb	0,5	3,6	14,3	1,4	3,7	5,6	11,4
Hg	ppm	0,01	0,03	0,08	0,06	0,04	0,06	0,07
Tl	ppm	0,1	<0,1	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,1
Se	ppm	0,5	<0,5	<0,5	1	<0,5	0,6	0,9
Ni	ppm	20	40	92	56	68	81	63
Sc	ppm	1	4	12	7	8	10	8

Od mikroelemenata i elemenata u tragovima, utvrđena je prisutnost barija, berilija, kobalta, cezija, galija, hafnija, niobija, rubidija, kositra, stroncija, molibdena, bakra, olova, cinka, žive, olova, zlata i drugih elemenata prikazanih u tablici (Tablica 31.)

Koncentracije metala u analiziranim sedimentima su velikim dijelom posljedica mineralnog sastava sedimenta, koji je u direktnoj vezi s raspodjelom veličina čestica u sedimentu, odnosno udjelom glinovite frakcije te mineralima glina koji su detektirani u uzorcima. Minerali glina općenito na sebe mogu vezati znatne količine različitih zagađivala.



Slika 63. Udio hranjivih tvari (N, P, C) i sumpora u uzorcima

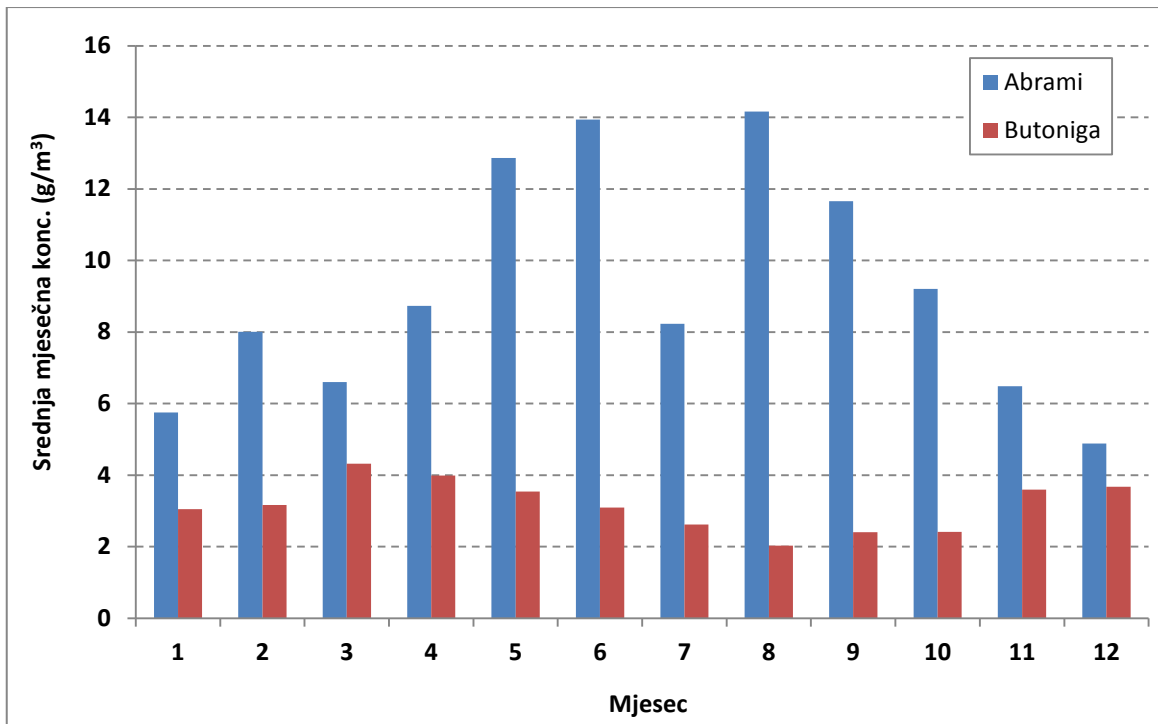
LITERATURA

- Folk, R.L., 1954: The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature, *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-26.

3.2.3 Analiza donosa nanosa

Stabilnost korita vodotoka ovisi o režimu pronosa nanosa. Ako je narušena prirodna ravnoteža u pronosu nanosa, dolazi do produbljivanja korita i urušavanja obala ili pak do zaprečavnja protočnog profila, stvaranja uspora, a nizvodno od uspora područja ubrzanog tečenja zbog čega pak dolazi do lokalnog produbljivanja korita. Prosječno godišnje ispiranje lebdećeg nanosa sa sliva ovisi o mnogim čimbenicima kao što su klima, topografija, vrste tla, obraštenost zemljišta te prisutnost prirodnih i umjetnih retencijskih prostora (Žugaj, 2000.).

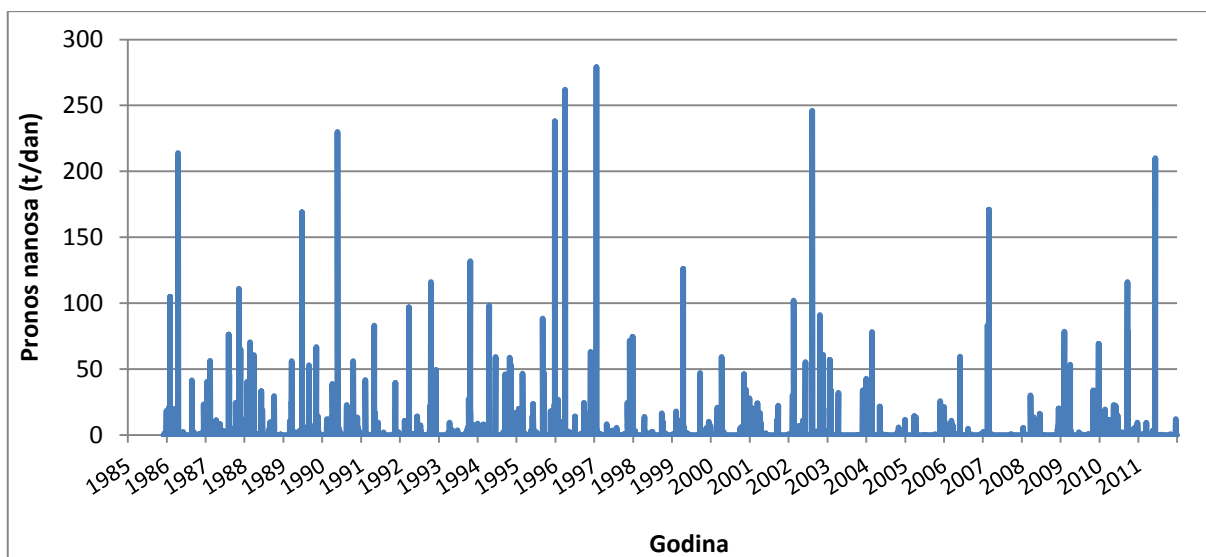
Od 1985. godine na hidrološkoj stanici Abrami (Bračana) te od 1988. godine na hidrološkoj postaji Akumulacija Butoniga, kontinuirano se mjere koncentracije suspendiranog nanosa (g/m³). Iz prikaza srednjih mjesečnih koncentracija suspendiranog nanosa (Slika 64.) se može uočiti da su srednje mjesečne koncentracije nanosa na postaji Akumulacija Butoniga za 25-86% manje od srednjih mjesečnih koncentracija na postaji Abrami (Bračana). Također se uviđa da se hodovi srednjih mjesečnih koncentracije nanosa na postajama razlikuju. Minimumi srednje mjesečne koncentracije nanosa na postaji Akumulacija Butoniga se očekivano javljaju u sušnom dijelu godine, dok je na postaji Abrami obrnuta situacija izuzevši minimum koncentracije u srpnju. Razlog tomu je što se koncentracije na Butonigi prate u samoj akumulaciji gdje nema protoka dok se na Abramima prate u bujičnom vodotoku.



Slika 64. Srednje mjesečne koncentracije suspendiranog nanosa u razdoblju od 1988.do 2012. godine na hidrološkim postajama Abrami (Bračana) i Akumulacija Butoniga

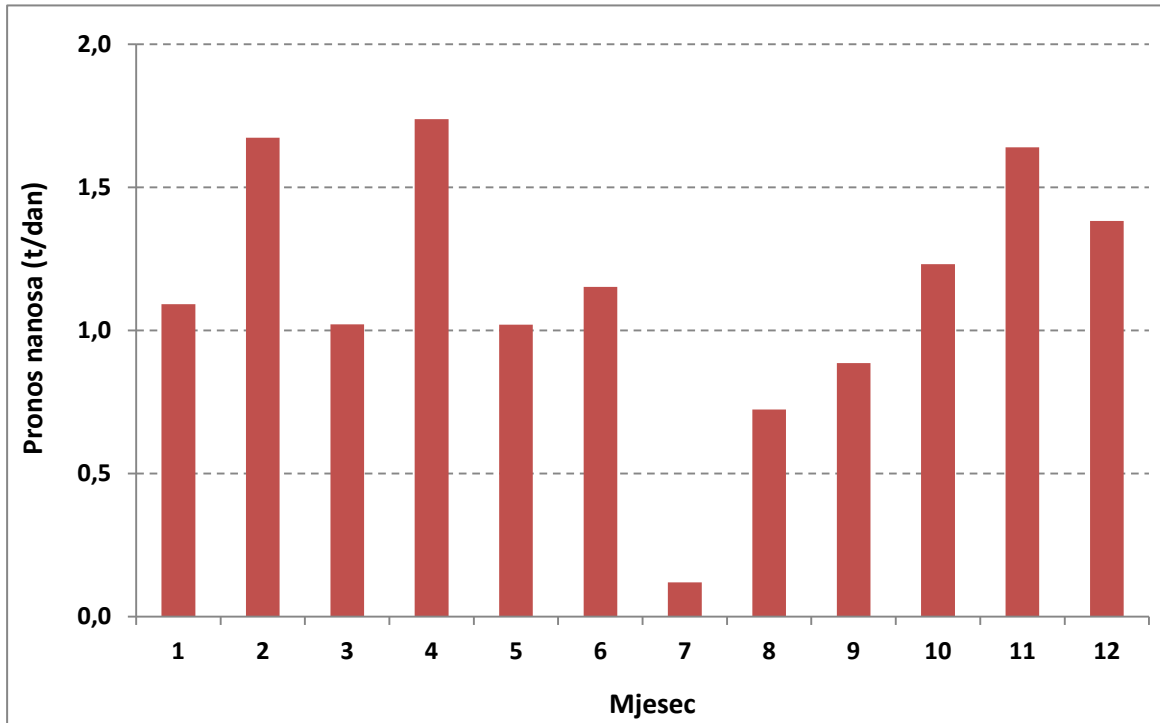
Unutar 25-godišnjeg niza mjerenja, srednje godišnje koncentracije suspendiranog nanosa su $3,16 \text{ g/m}^3$ na postaji Akumulacija Butoniga i $9,19 \text{ g/m}^3$ na postaji Abrami (Bračana).

Od prosinca 1985. godine na hidrološkoj postaji Abrami (Bračana) kontinuirano se mjeri i pronos nanosa. Slika 65. prikazuje dnevne količine pronešenog nanosa u razdoblju od 1986. do 2011. godine. Godine 1986., 1990., 1996., 1997., 2002. i 2011. karakteristične su po dnevnim maksimumima pronosa nanosa koji su iznosili više od 200 t/danu.



Slika 65. Dnevni pronos nanosa na postaji Abrami (Bračana) u razdoblju od 1986. do 2011. godine

Slika 66. prikazuje vrijednosti srednjih mjesečnih količina pronošenog nanosa koje ponajviše ovise o protoku u vodotoku. Uočava se da je pronos nanosa najmanji u sušnom dijelu godine kada je smanjen protok u vodotoku. U vlažnom dijelu godine očekivano se javljaju veći pronosi nanosa.

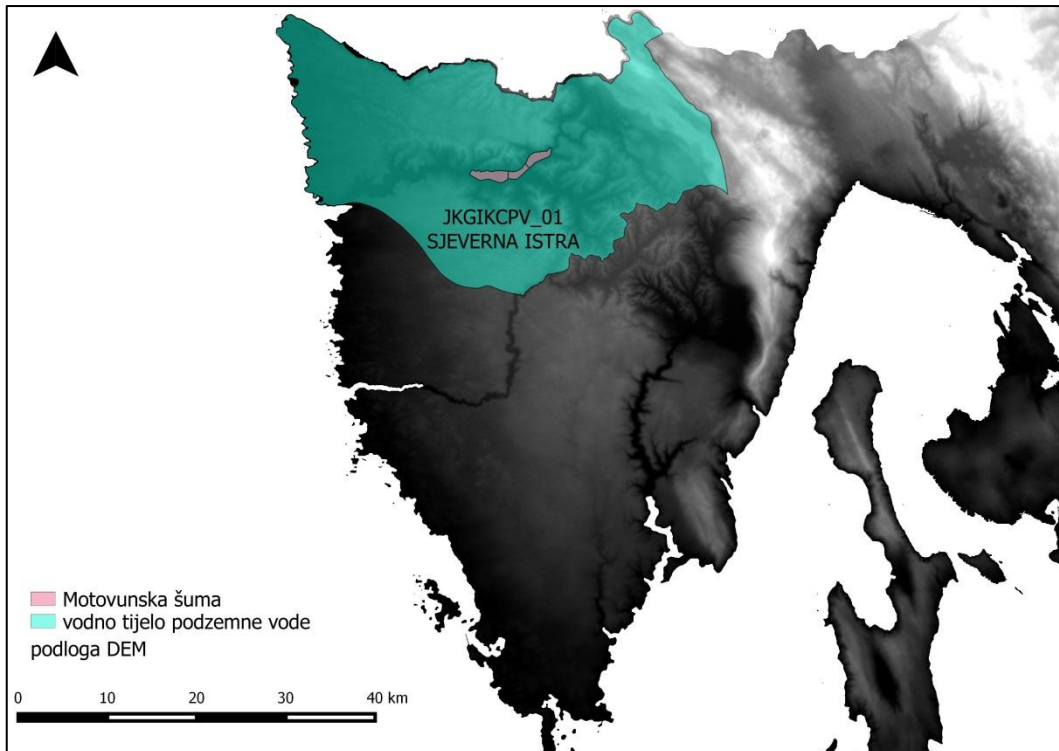


Slika 66. Srednje mjesečne vrijednosti pronosa nanosa na postaji Abrami (Bračana) (1986.-2011.)

Unutar 27-godišnjeg niza mjerenja, srednja godišnja količina pronosa nanosa na postaji Abrami (Bračana) iznosi 13,7 t/god, dok je unutar navedenog razdoblja ukupno pronošeno 10 901 t nanosa.

3.3 Razine i kakvoća podzemnih voda u Motovunskoj šumi

Područje istraživanja pripada Slivu rijeke Mirne koji je smješten u sjevernom dijelu Istarskog poluotoka. Mirna je najznačajniji vodotok na području Istarske županije ne samo zbog veličine njenog slivnog područja koje iznosi oko 725 km² već i zbog njene vodne bilance koja čini oko 30% ukupne vodne bilance Istarskog područja. Prema planu upravljanja vodnim područjima tijela podzemne vode na području istraživanja grupirana su u podzemno vodno tijelo SJEVERNA ISTRA. Oznaka grupiranog tijela podzemne vode je JKGIKCPV_01.

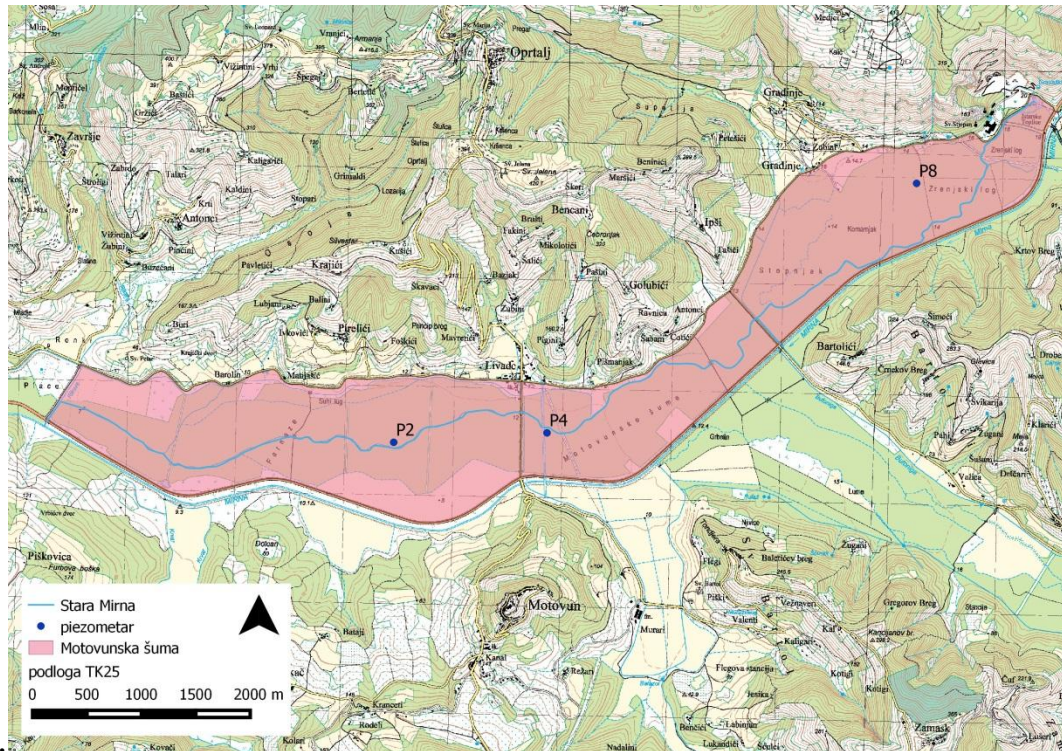


Slika 67. Prikaz grupiranog vodnog tijela podzemne vode SJEVERNA ISTRA

3.3.1 Razine podzemnih voda

Na području Motovunske šume ne postoje mjerenja razine podzemne vode u tlu koja bi bila upotrebljiva za biljne vrste sa dubokim korijenjem. Za pojedine lokacije postoje procjene da dolazi do nakupljanja vode i zamočvarivanja i s druge strane sušenja pojedinih dijelova zbog nedostatka prinosa iz površinskih voda. Šumski ekosustav Motovunske šume ovisi o posebnom vodnom režimu, u kojem glavne vrste u sloju drveća zahtijevaju određenu razinu podzemne vode te je za definiranje stanja optimalnih ekoloških uvjeta jedan od ključnih čimbenika dubina do podzemne vode.

U sklopu ovog projekta postavljena su 3 piezometra. 12.03.2014. godine izvedeno je bušenje istraživačkih bušotina P2, P4 i P8 na području starog korita rijeke Mirne, u Motovunskoj šumi (Slika 68.). Izvedene su 3 bušotine dubine 5 m. Sve tri bušotine su predviđene kao piezometarske bušotine, u svrhu mjerenja razine podzemne vode, pa su u njih ugrađene piezometarske konstrukcije. Detaljna konstrukcija jednostrukog piezometra prikazana je u Prilogu 8. Na ovim lokacijama su u rujnu 2015. godine napravljeni pedološki profili 2 m dubine na kojima je napravljena analiza tla u nenarušenom stanju (PEDL02, PEDL04, PEDL08).



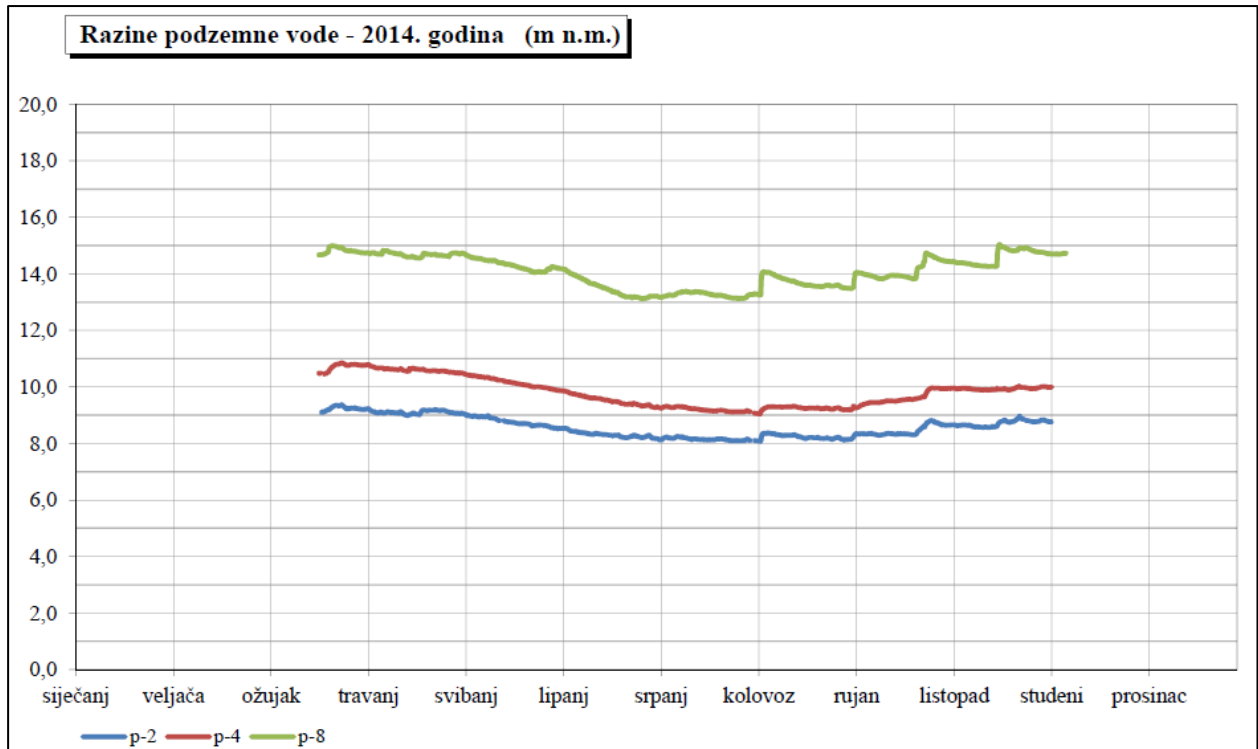
Slika 68. Lokacije postavljenih piezometara na području Motovunske šume (i lokacije pedoloških profila)

U svaki piezometer ugrađen je instrument za automatsko mjerenje i registraciju temperature, elektrovodljivosti i nivoa podzemnih voda CTD DIVER (Slika 69.). Uređaji su instalirani 22.03. te se od tada prikupljaju podaci za razinu, temperaturu i elektrovodljivost podzemne vode na sve tri lokacije piezometra.



Slika 69. CTD Diver prije postavljanja u piezometar

U nastavku su prikazani rezultati mjerenja u piezometarskoj cijevi od travnja do kraja listopada 2014. (Slika 70.).



Slika 70. Razina podzemnih voda mjerena u piezometrima izražena nadmorskom visinom (m.n.m.) - mjereno uređajem CTD Diver

Iz razine podzemne vode izračunate su vrijednosti dubina do podzemnih voda (Tablica 32., Tablica 33., Tablica 34.).

Tablica 32. Izmjerene dubine do podzemne vode na piezometru P2

Mjesec	Dubina do podzemne vode (m)			Opseg promjene dubine do podzemne vode (m)
	Srednja	Maksimalna	Minimalna	
4	1,88	2,01	1,76	0,25
5	2,18	2,47	1,92	0,55
6	2,66	2,81	2,45	0,36
7	2,85	2,91	2,75	0,16
8	2,78	2,93	2,63	0,30
9	2,55	2,78	2,18	0,59
10	2,29	2,44	2,03	0,41
Ukupno	2,46	2,93	1,76	1,17
Ukupno za period 4-8.mj	2,47	2,93	1.76	1.17

Tablica 33. Izmjerene dubine do podzemne vode na piezometru P4

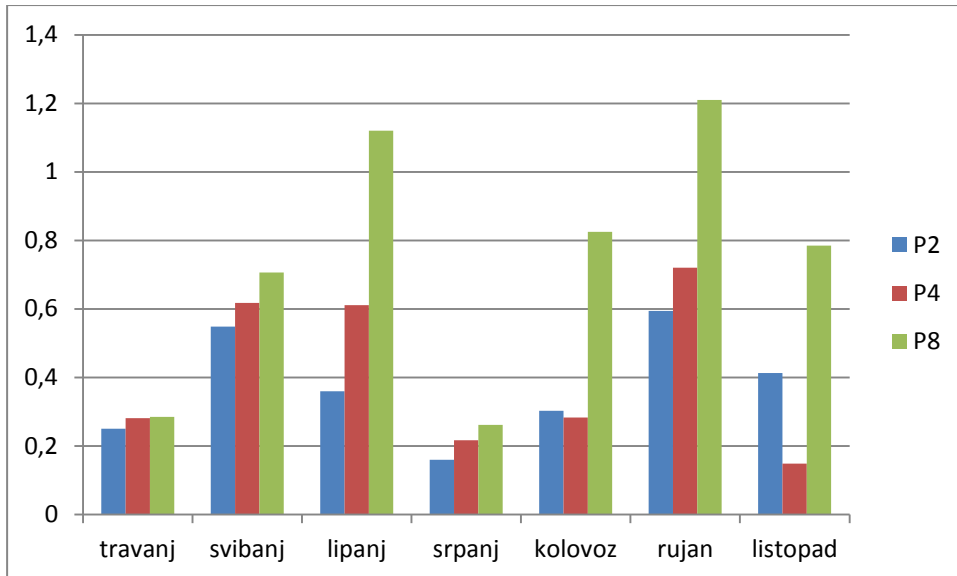
Mjesec	Dubina do podzemne vode (m)			Opseg promjene dubine do podzemne vode (m)
	Srednja	Maksimalna	Minimalna	
4	1,37	1,49	1,21	0,28
5	1,79	2,10	1,48	0,62
6	2,43	2,70	2,09	0,61
7	2,79	2,90	2,68	0,22
8	2,76	2,96	2,68	0,28
9	2,40	2,75	2,03	0,72
10	2,06	2,11	1,96	0,15
Ukupno	2,23	2,96	1,21	1,75
Ukupno za period 4-8.mj	2,23	2,96	1,21	1,75

Tablica 34. Izmjerene dubine do podzemne vode na piezometru P8 (u ovom piezometru je u vrijeme postavljanja uređaja za mjerenje zabilježena negativna razina do podzemne vode (0,01))

Mjesec	Dubina do podzemne vode (m)			Opseg promjene dubine do podzemne vode (m)
	Srednja	Maksimalna	Minimalna	
4	0,31	0,45	0,16	0,29
5	0,63	0,96	0,25	0,71
6	1,42	1,88	0,76	1,12
7	1,75	1,88	1,61	0,26
8	1,34	1,75	0,93	0,83
9	0,89	1,47	0,26	1,21
10	0,39	0,75	-0,04	0,79
Ukupno	0,91	1,88	-0,04	1,92

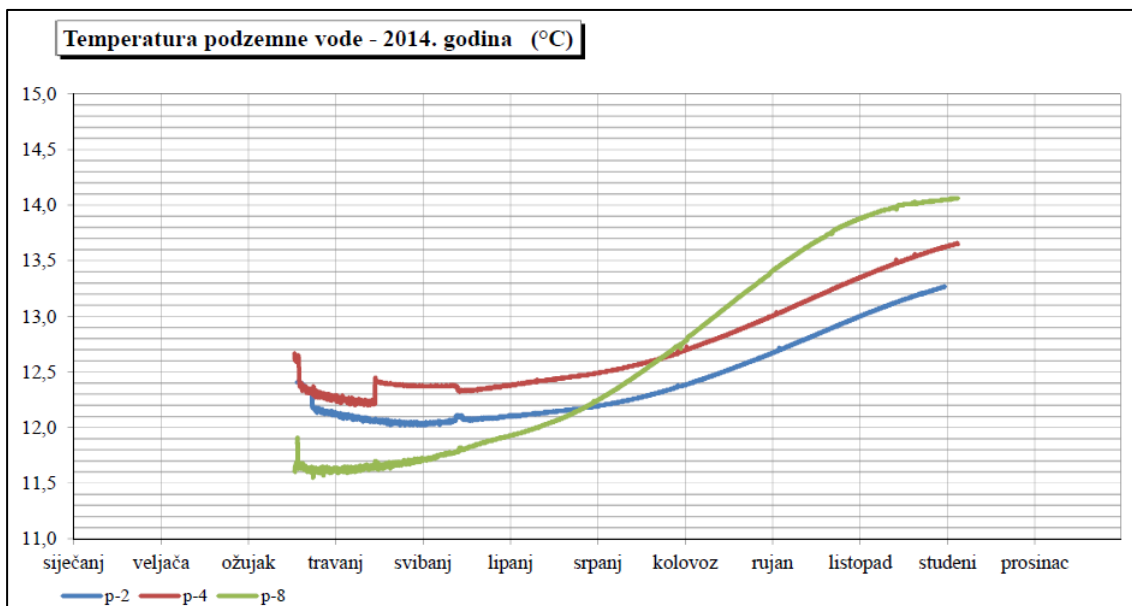
Prosječna dubina do podzemne vode najmanja je na najuzvodnijem piezometru u 3. kazeti (P8) i za period od 4.-11. mjeseca iznosi 0,91 m, u 2. kazeti (P4) dubina do podzemne vode nešto je viša (~2,23 m) dok je najveća prosječna dubina do podzemne vode u piezometru u kazeti 1 (P2; 2,46 m). Dubina do podzemne vode imala je slične promjene na piezometru u 2. kazeti (P4; 1,75 m) i u 3. kazeti (P8; 1,92 m), dok se na piezometru P2 (1. kazeta) razina do podzemne vode najmanje mijenjala - u rasponu od 1,3 m.

Najveći mjesečni opseg promjene dubine do podzemne vode zabilježen je u 1. kazeti (P2) i 2. kazeti (P4) tijekom svibnja i rujna što je vjerojatno uvjetovano klimatskim prilikama, odnosno vezano je uz razdoblje povećanih količina oborina. S druge strane mjesečni opseg promjene razine do podzemne vode na piezometru P8 (3. kazeta) pokazuje znatno veću promjenu u lipnju u odnosu na svibanj te promjenu razine podzemne vode tijekom kolovoza, rujna i listopada znatno veću u odnosu na druga dva piezometra (Slika 71.).



Slika 71. Mjesečni opseg promjene dubine do podzemne vode

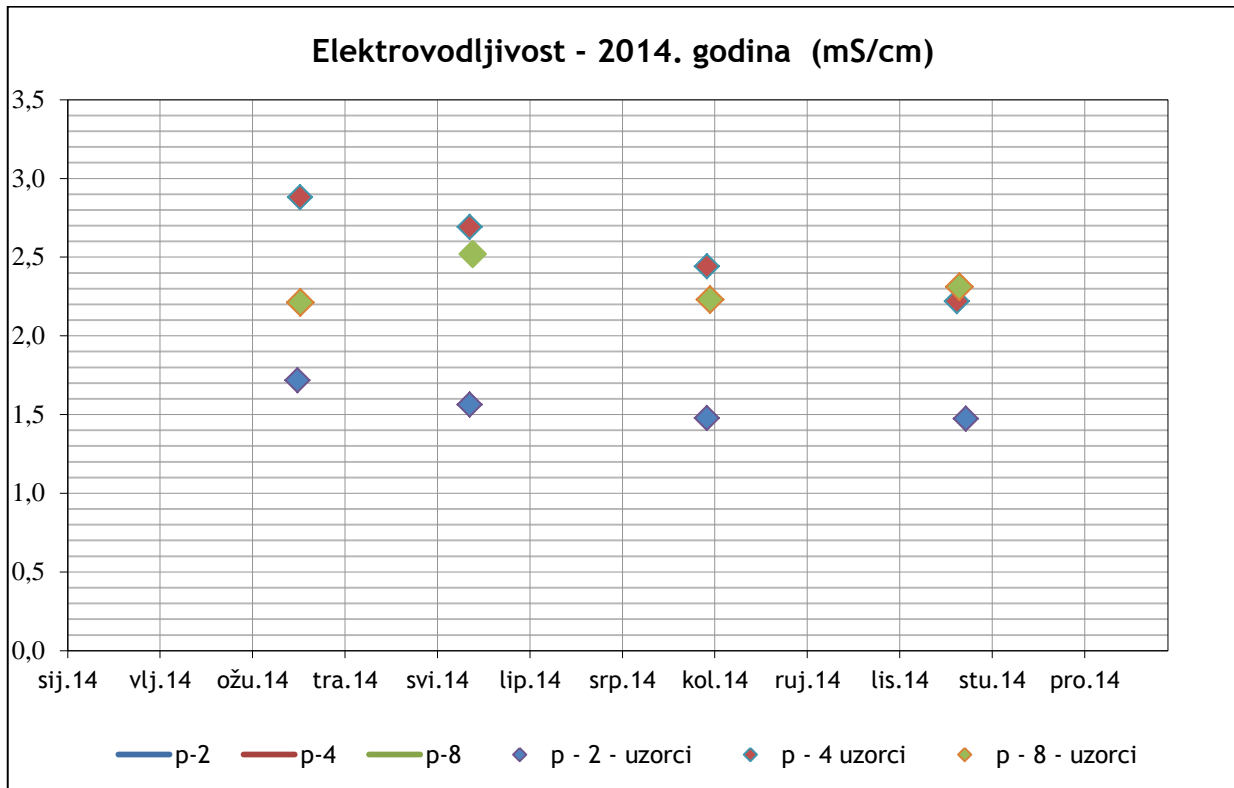
Mjesečna promjena (opseg promjene) razine podzemne vode na piezometru P2 (kazeta 1) tijekom cijelog razdoblja bila je u intervalu od ~0,2 m do ~0,6 m.



Slika 72. Temperatura podzemnih voda u piezometrima (mjereno uređajem CTD Diver)

Temperatura podzemne vode je u pravilu stabilna, a njezine su vrijednosti oko srednje godišnje temperature lokacije na površini. Ipak kako se ovdje radi o vodama u tlu tj. o podzemnim vodama pedosfere. U ovom piezometru relativno male dubine, a u kojem se mjere podzemene vode u tlu u kojem je velika količina gline moguće su veće promjene temperature vode pod utjecajem promjene temperature zraka i temperature oborina koje se procjeđuju do podzemnih voda pedosfere. Temperatura podzemne vode izmjerena Diverom varira u rasponu od 11,5 °C do 14 °C. Podzemna voda temperature do 16 °C može se smatrati pitkom (veće promjene/razlike u temperaturi upućivale bi na zagađenje). Temperatura vode u piezometru pokazuje kumulativni karakter tj. vidi se da tijekom ljeta i jeseni stalno raste.

Zbog nedovoljno dugog vremenskog niza podataka (barem jedne godine) nije moguće napraviti jasniju povezanost temperature vode u piezometru, temperature zraka i količine oborina.



Slika 73. Elektrovodljivost podzemnih voda u piezometrima (mjereno uređajem CTD Diver) i elektrovodljivost podzemnih voda mjerena u uzorcima vode iz piezometra (ZZJZ Istarske županije); Datumi uzorkovanja: 21.3.2014; 16.5.2014; 1.8.2014; 23.10.2014

Na temelju vrijednosti elektrovodljivosti podzemnih voda možemo procijeniti stupanj mineralizacije vode i ocijeniti vrstu vode. Elektrovodljivost ovisi o koncentraciji iona i o temperaturi (Slika 73.), no za jasniju analizu povezanosti ovih parametara potreban je duži vremenski niz podataka.

Vrijednosti izmjerene Diverom niže su od vrijednosti koje su izmjerene tijekom uzorkovanja vode za potrebe analize kakvoće vode u piezometrima (ZZJZ Istarske županije). Uspoređujući trend kretanja vrijednosti može se reći da obje analize pokazuju isti trend vrijednosti. Na piezometru P8 zabilježene su skokovite promjene vrijednosti elektrovodljivosti (**Error! Reference source not found.**). Osim toga, vrijednosti elektrovodljivosti i na piezometru P8 i na piezometru P4 vrlo su visoke što je vjerojatno povezano s visoko mineraliziranim podzemnim vodama karbonatnih stijena koje su karakteristične za krška područja. Promjene vrijednosti elektrovodljivosti mogle bi biti utjecane klimatskim čimbenicima odnosno količinom oborina stoga bi za detaljnije analiziranje trebalo nastaviti pratiti istraživanja i moguće utjecaje.

Prema analizama ZZJZ (Tablica 35.) na piezometru P2 povišene su koncentracije kalcija, klorida i hidrogenkarbonata dok su na piezometru P8 uz prethodno navedene povišene i



koncentracije sulfata. Na piezometru P4 zabilježene su vrlo visoke vrijednosti koncentracija kalcija, sulfata i hidrogenkarbonata. Natrij, magnezij i kalij u podzemnim vodama analiziranim na sva tri piezometra zastupljen je nižim vrijednostima koncentracija.

Sulfati se obično pojavljuju u podzemnim vodama u koncentracijama nižim od 100 mg/l. Potiču iz geoloških slojeva ili iz atmosfere u kojoj mogu biti prirodnim porijeklom, ali i antropogenim utjecajem. Sagorijevanjem fosilnih goriva mogu nastati kisele kiše koje također mogu dospjeti u podzemne vode. Sulfidi su često prisutni u podzemnim vodama, a posebno u toplim izvorima, a mogu nastati i uslijed razgradnje organske materije. Piezometar P8 nalazi se vrlo blizu Istarskih toplica i cijelo područje ispresijecano je brojnim rasjedima i okarakterizirano je zamršenim hidrogeološkim odnosima, koji su mogući uzrok pojave povišenih koncentracija sulfata u podzemnim vodama. Za konkretnije zaključke trebalo bi nastaviti istraživanje kakvoće podzemnih voda na piezometrima.

3.3.2 Kakvoća voda u piezometrima

Na sve tri piezometarske postaje (P2, P4 i P8; Slika 68.) analizirana je kakvoća vode 4 puta godišnje: u ožujku, svibnju, srpnju i listopadu 2014.

Elementi za ocjenu kakvoće vode u piezometru su definirani projektnim zadatkom kao elementi koji se koriste za ocjenu kemijskog stanja tijela podzemnih voda:

1. općenito - električna vodljivost, otopljeni kisik, pH vrijednost,
2. onečišćujuće tvari - nitrati, amonij, specifične onečišćujuće tvari

Uzorci iz piezometra ne predstavljaju reprezentativan uzorak za ocjenu stanja tijela podzemne vode područja kojem pripada Motovunska šuma, jer se ovim piezometrima dohvća samo podzemna voda u pedosferi te uzorkovana voda nije dio podzemne vode grupiranog vodnog tijela Sjeverna Istra. Na osnovu prosječne godišnje koncentracije (PGK), u skladu s Uredbom dana je ocjena kakvoće vode koja je dostupna šumskom ekosustavu Motovunske šume.

Izmjerene vrijednosti kemijskih pokazatelja i granične vrijednosti određene Uredbom o stanju vodnih tijela prikazane su u tablici (Tablica 35.).

Na sva tri piezometra zabilježena je povišena koncentracija amonija, željeza i mangana. Rast sadžaja mangana i željeza (i sumpora) u uzorcima vode vjerojatno je povezan sa kemijskim sastavom u profilu tla u kojem se nalazi piezometar. U tlu koje je saturirano vodom zbog reduktivnih uvjeta vjerojatno dolazi do povećanja koncentracije željeza i mangana (i sumpora). Povišene koncentracije cinka u podzemnim vodama zabilježene su na sva tri piezometra. Uzrok toga bi mogla biti i sama konstrukcija piezometra, koji je izgrađen od pocinčanih vodovodnih cijevi.

Povišene vrijednosti klorida i sulfata na piezometrima P4 i P8 prate pojavu visoko mineraliziranih voda, a time i povišene vrijednosti elektrovodljivosti. Morfologija terena, specifični hidrogeološki odnosi koji vladaju u području istraživanja, brojni rasjedi te litološki sastav naslaga uvjetuju pojavu termomineralnih izvora (Istarske toplice) koji su u hidrauličkoj vezi s piezometrima P8 i P4 te se pretpostavlja da su povišene koncentracije klorida i sulfata



moгу biti posljedica utjecaja istih. Za konkretnije zaključke bi trebalo nastaviti istraživanje kakvoće podzemnih voda na pizeometrima.

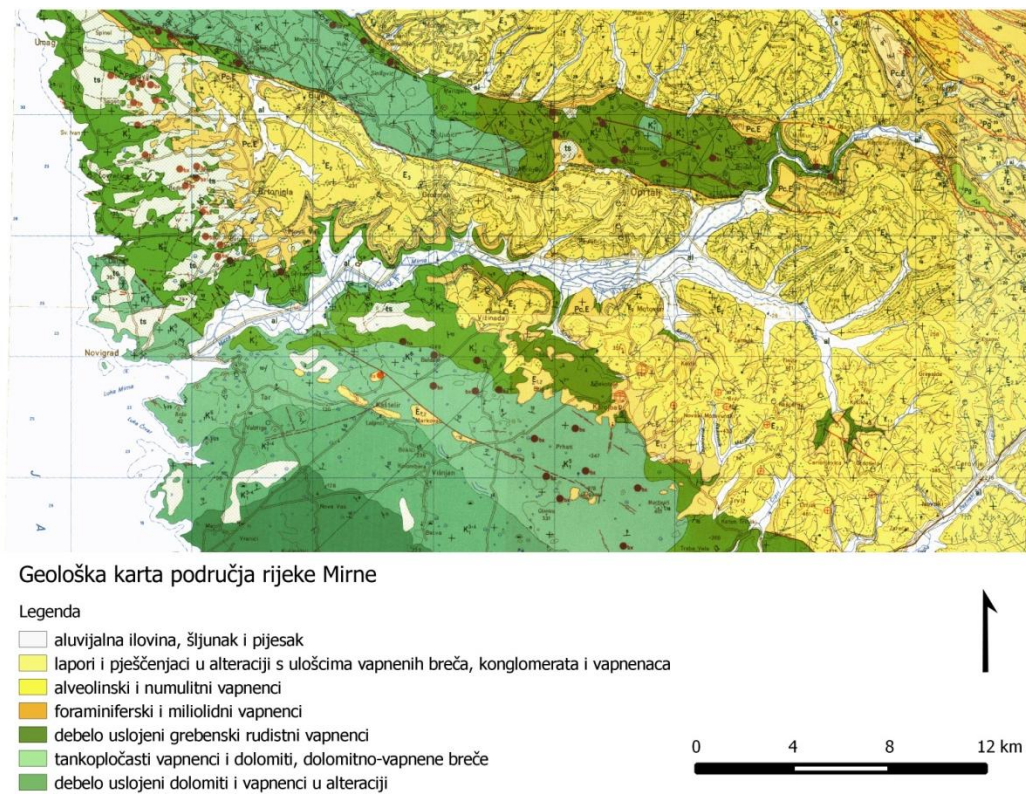
Tablica 35. Kemijski pokazatelji kakvoće podzemnih voda po piezometrima (Rezultati svih pokazatelja nalaze se u Prilogu 3.)

Pokazatelj	Mjerna jedinica	PGK	P8				P4				P2			
			21.3.	16.5.	1.8.	21.10.	21.3.	15.5.	31.7.	21.10.	20.3.	15.5.	31.7.	23.10.
Datum uzorkovanja			21.3.	16.5.	1.8.	21.10.	21.3.	15.5.	31.7.	21.10.	20.3.	15.5.	31.7.	23.10.
Temperatura zraka	°C		18,5	13,2	23,2	17,6	15,8	14,0	23,4	18,6	21,0	14,0	22,0	9,0
Temperatura vode	°C		12,8	12,0	14,2	14,0	12,8	13,4	14,2	15,0	12,9	13,2	14,0	14,1
pH		6,5 - 9,5	6,73	7,33	7,38	7,05	6,50	6,85	6,75	6,84	6,60	7,04	7,26	7,21
Električna vodljivost (25 °C)	µS/cm	2500	2210	2520	2230	2310	2880	2690	2440	2220	1717	1563	1477	1473
Amonij	mg/L N	0,5	0,316	0,710	0,928	1,224	0,705	0,847	0,744	1,472	0,354	1,280	3,600	4,140
Nitrati	mg/L N	50	0,26	<0,30	0,15	<0,10	0,36	<0,30	0,12	<0,10	0,20	<0,30	0,14	0,11
Ortofosfati	mg/L P	0,2	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,035	<0,007	0,011	<0,007	0,459	<0,007
Kloridi	mg/L	250	268,3	394,5	360,4	361,3	232,0	236,5	265,0	304,5	165,9	174,4	181,9	177,9
Sulfati	mg/L	250	262,2	341,3	113,2	161,7	691,1	611,9	435,4	367,1	48,0	36,0	10,9	6,2
Kadmij ukupni	µg/L	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Kadmij otopljeni	µg/L	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Živa ukupna	µg/L	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Živa otopljena	µg/L	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Olovo ukupno	µg/L	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,8	<1,0	<1,0	1,4	9,9	10,2	6,2
Olovo otopljeno	µg/L	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Ukupna ocjena			loše				loše				loše			

3.4 Geologija

Veći dio šireg istraživanog područja svojom površinom pripada „Sivoj Istri“ dok manji dio prema primorskom dijelu pripada „Crvenoj Istri“. Pojavljuju se geološke formacije: (i) kvartara, koje su najzastupljenije u dolini rijeke Mirne, (ii) tercijara, koji je zastupljen eocenskim klastitima i foraminiferskim (alveolinskim, numulitnim, miliolidnim) vapnencima i (iii) krede, koja je zastupljena pločastim, tanko i debelo uslojenim vapnencima.

Pojedini litostratigrafski članovi prikazani su na geološkoj karti područja istraživanja, tj. u dolini rijeke Mirne (Slika 74.).



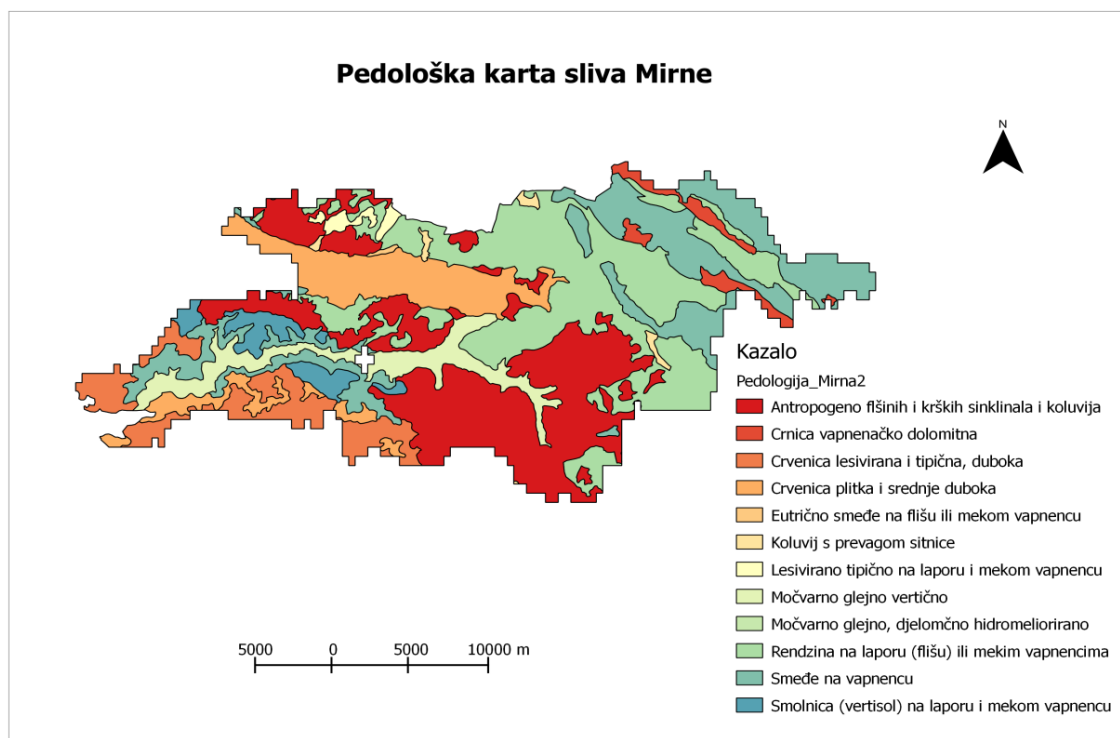
Slika 74. Geološka karta istraživanog područja; Izvor: Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (OGK RH) mjerila 1:100 000, listovi Trst i Rovinj

Aluvijalni nanos (al) ispunjava doline rijeka i većih potoka pa tako i dolinu rijeke Mirne tj. područje Motovunske šume. Najvećim dijelom se sastoji od prašinih glina i ilovača nastalih trošenjem laporovitih slojeva u naslagama fliša, ali može u manjoj mjeri sadržavati i pijesak i šljunak. Debljina aluvijalnih naslaga raste duž korita rijeke. Mjestimično su ove naslage debele i do 10 m. Naplavna ravnica rijeke Mirne ima značajnu hidrogeološku funkciju u vidu barijere duž koje se javljaju brojni stalni i povremeni izvori podzemnih voda koje se formiraju u karbonatnom platou zapadne Istre. Brojnost, distribucija i veličina ponikvi i speleoloških pojava ukazuju na slabiju okršenost karbonatnih naslaga u široj zoni istraživanog područja. Dojam krške geomorfologije prikrivaju naslage eocenskog fliša i najmlađe kvartarne naslage koje prekrivaju dio terena, maskirajući razvedenost i okršenost karbonatne podloge.

3.5 Pedologija

Tla na području istraživanja utvrđena su na temelju postojećih podataka i terenskih istraživanja. Područje istraživanja većim dijelom pripada šumskim ekosustavima, a manjim dijelom, i to samo uz rijeku Mirnu nalaze se poljoprivredne površine koje se intenzivno koriste. Unutar šumskih ekosustava nalaze se brojne manje površine livada koje su uglavnom zapuštene. U dolinskom dijelu rijeke Mirne nalaze se hidromorfna glejna i aluvijalno-koluvijalna tla na holocenskim nanosima (Prilog 5.).

U neposrednom slivu rijeke Mirne dominiraju rendzina na laporu (flišu) ili mekim vapnencima, rasprostranjena (26%) i antropogeno tlo flišnih i krških sinklinala i koluvija (25% površine), a treća po zastupljenosti je crvenica s 18%. Također, se ističe i smeđe tlo na vapnencu s 17% udjela u površini .



Slika 75. Rasprostranjenost pojedinih tipova tala u neposrednom slivu rijeke Mirne (Pedološka karta Republike Hrvatske)

Hidromorfnim tlima pripadaju tla koja karakterizira prekomjerno vlaženje u dijelu profila ili u čitavom tlu uslijed čega dolazi do redukcije spojeva željeza, mangana i sumpora i procesa oglejavanja (zamočvarivanja). Aluvijalna tla (riječni nanosi, fluvisoli) se formiraju na poplavnima terasama rijeka, a vlaženje tla je iz tri izvora: oborina, podzemnih i poplavnih voda. Vodni režim karakterizira veliko sezonsko kolebanje razine vode i može iznositi od 1 do 4 metra.

Zbog oblika reljefa na području istraživanja tla su prekomjerno navlažena barem u dijelu godine, pa su nastala močvarno-glejna tla s gornjim humusnim slojem i donjim slojem u kojem se odvijaju procesi oksidacije i redukcije. No, zbog opsežnih melioracijskih zahvata



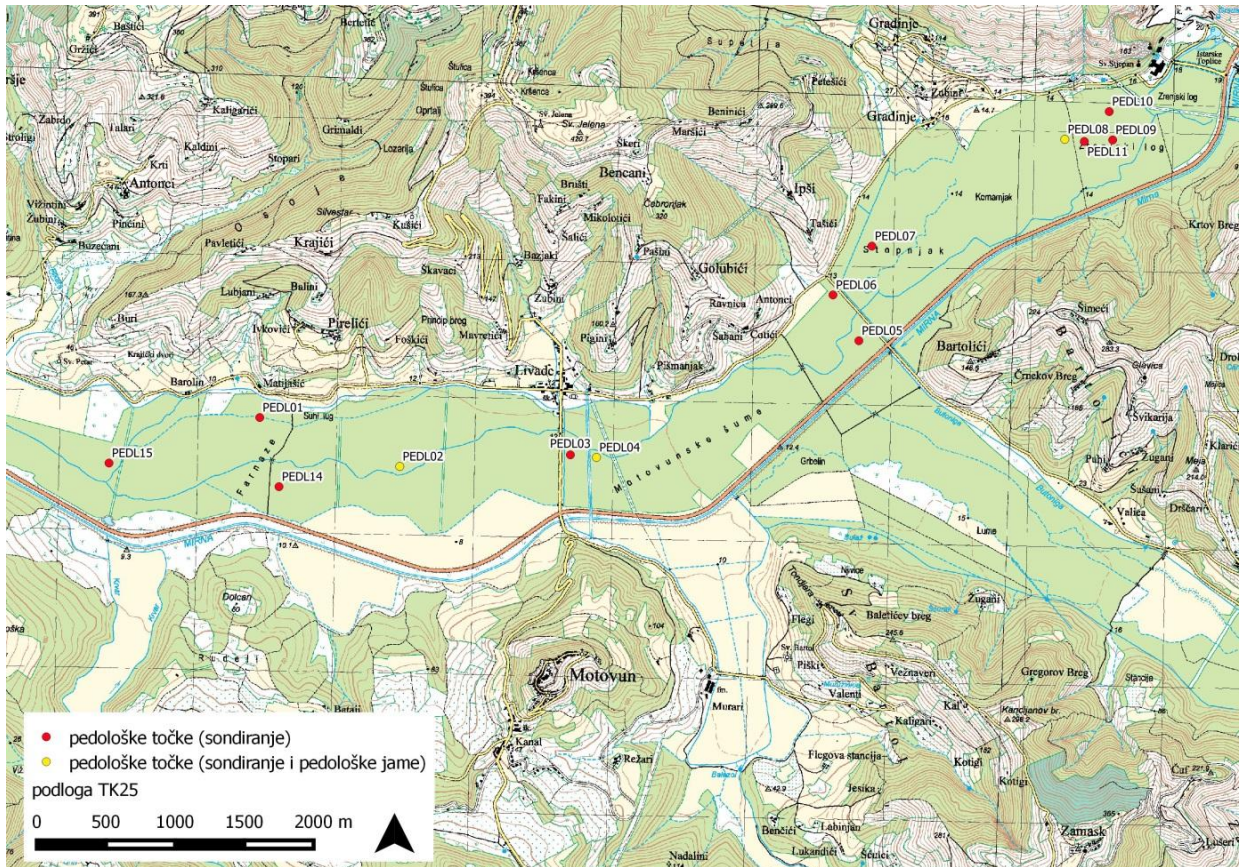
danas se takva tla nazivaju antropogenim hidromorfnim tlima (s privremenim ili trajnim prekomjernim vlaženjem).

3.5.1 Značajke tla na području Motovunske šume

Pedološka obrada obavljena je dubinskim pedološkim sondiranjem do dva metra dubine na 13 izabраниh lokaliteta. Uz sondiranje, na tri lokaliteta izvršen je iskop pedoloških profila i klasična obrada uz dodatno provedeno uzorkovanje u neporušenom stanju radi određivanja fizikalnih svojstava tla (Slika 76.). Pedološki profili iskopani su neposredno uz postavljene piezometarske cijevi (PEDL 02, PEDL 04, PEDL 08). Na istraživanim profilima napravljeno je uzorkovanje tala u nenarušenom stanju pomoću Kopecky valjaka.

Iz tako postavljenog plana lokaliteta, napravljeno je višerazinsko uzorkovanje i laboratorijska obrada prikupljenih uzoraka tla na četiri razine i to:

- I razina uzorkovanja obuhvatila je dubinsko sondiranje pedološkim (holandskim) svrdlom uz uzimanje uzoraka svakih 20 cm do ukupne kumulativne dubine sondiranja od dva metra. Na tako prikupljenim uzorcima provedena je deskriptivna ocjena morfokromatskih osobina tla (Munselova boja) te teksturnih osobina korištenjem tzv. finger metode. Nastavno na ovaj dio, iskopana su i tri pedološka profila radi detaljnijeg tipskog definiranja tla, endo- i ekto-morfoloških značajki. Ovaj dio analize je napravljen u Oikonovom laboratoriju.
- II razina uzorkovanja obuhvatila je uzimanje uzoraka tla na fiksnim dubinama od 0-20cm, 40-60 cm i 80-100 cm (I, II i III sloj), odnosno uzimanje uzoraka u porušenom stanju radi analize pedokemijskih i pedofizikalnih svojstava. Na tim uzorcima napravljene su analize reakcije tla (pH u H₂O i KCl-u), ukupni sadržaj karbonata (CaCO₃), aktivno vapno (CaO), humus, organski ugljik, ukupni dušik, fiziološko aktivni fosfor (P₂O₅) i kalij (K₂O) te od fizikalnih analiza mehanički sastav. Ovaj dio analize je napravljen u Institutu za poljoprivredu i turizam u Poreču.
- III razina uzorkovanja obuhvatila je uzimanje uzoraka tla u neporušenom stanju standardnom metodom pomoću Kopecky valjaka na tri iskopana pedološka profila. Na uzorkovanim valjcima napravljene su analize: momentalna vlažnost, retencijski kapacitet za vodu, volumna gustoća tla, gustoća čvrste faze tla, ukupni porozitet i kapacitet za zrak. Ovaj dio analize napravljen je na Agronomskom fakultetu u Zagrebu
- IV razina uzorkovanja obuhvatila je površinski horizont s ciljem utvrđivanja onečišćenja u tlu odnosno sadržaja teških metala: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn. Ovaj dio analize je napravljen u Institutu za poljoprivredu i turizam u Poreču.



Slika 76. Prostorni razmještaj sonde i pedoloških profila u Motovunskoj šumi (nazivi lokacija usklađeni su sa lokacijama dendroloških istraživanja; ne postoje lokacije PEDL 12 i PEDL 13)

3.5.1.1 Osnovne značajke tala

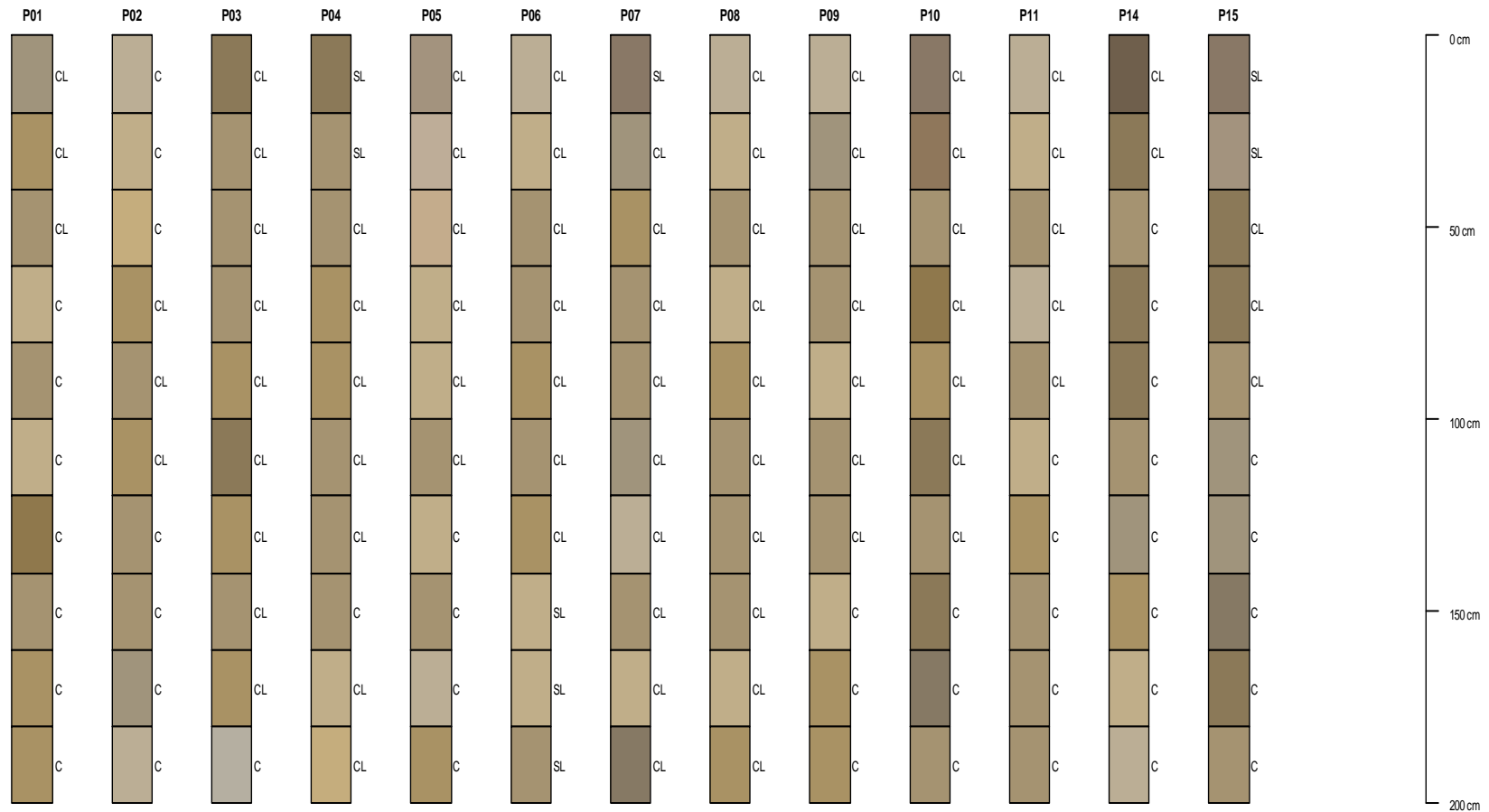
Na 13 sondažnih uzoraka je napravljena procjena boje i teksture (finger proba) na zraku suho proušenim uzorcima tla. Pri očitavanju korišten je Munsellov katalog (Munsell Color Co., 2000) koji se sastoji od 9 listova. Osim osnovnih listova u njemu se još nalaze dva dodatna lista kojima je moguće opisati glejna tla (gley1 i gley2). U standardnom Munsellovom katalogu ova dva lista dolaze u izdanjima kataloga nakon 1958. godine. Očitavanje je rađeno u konstantnim svjetlosnim uvjetima u Oikonovom laboratoriju pri halogenom osvjetljenju. Rezultati obrade morfokromatskih osobina i teksture prikazani su na slici (Slika 78.). Pri obradi i vizualizaciji korišten je R program AQP (Algorithms for Quantitative Pedology - <http://aqp.r-forge.r-project.org/>)



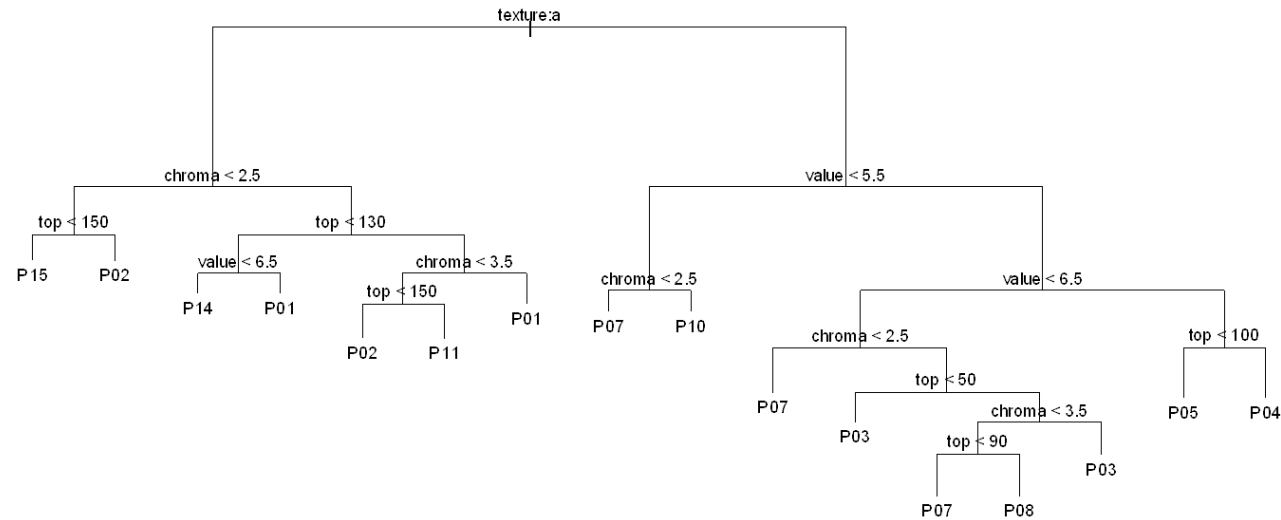
Slika 77. Primjer sondažnog profila na lokaciji PEDL08

Zbog punjenja gornjih vodonosnih slojeva odnosno krovine iz viših reljefnih formi kod ravničarskih šuma je izražen razvoj tala pod određenim stupnjem saturacije vodom i anaerobnih uvjeta, te slijedom toga pod utjecajem oksidoreduktivnih procesa, koji imaju dominantan značaj u oblikovanju morfoloških svojstava u tlu i pripadajuće šumske vegetacije. Nizinske šume razvijaju se u uvjetima nadopunjavanja tla tzv. podzemnom vodom koja ulazi u ekološki profil tla iz kojeg korijenov sustav uzima većinu potrebnih tvari za rast. Podzemnom vodom uglavnom objašnjavamo stanje u kojem prevladava potpuna zasićenost pora s vodom. Osnovna morfološka obilježja hidromorfni tala nastaju kao posljedica kemijskih reakcija odnosno redoks procesa u tlu, a sačinjavaju ih organska tvar odnosno humus te redoksimorfna svojstva. Analizom sklopa profila iz vidljivih morfoloških obilježja, stječemo uvid u procese pedogeneze te zaključujemo o tipu odnosno podtipu tla što su primarni ulazni parametri u aktualnoj klasifikaciji tala.

Prekomjernim vlaženjem smatramo stanje kada su sve pore ispunjene vodom koja stagnira ili se sporo kreće, uslijed čega dolazi do redukcijskih procesa koji zahvaćaju željezne, manganove ili sumporne spojeve. Taksonomsko razdjeljivanje hidromorfni tala provodi se na osnovu njihovog hidrološkog režima koji obuhvaća izvore vode i način prekomjernog vlaženja, zonu u profilu zahvaćenu tim vlaženjem te dužinu trajanja prekomjernog vlaženja. Brojnost morfoloških obilježja ovisi o tome koliko je tlo dugo u stanju redukcije, dok indirektno ovisi o trajanju zasićenosti tla vodom odnosno o trajanju mokre faze tla. Trajanje redukcije ne podudara se s trajanjem mokre faze već do redukcije ne dolazi uvijek ako je tlo trajno zasićeno vodom. Do pojave izbjeljivanja tj. oglejavanja dolazi nakon što je tlo zasićeno vodom u razdoblju od 21 dan na više. Boja tla, odnosno izbijeljenost uzoraka pod duljim trajanjem saturacije jedno je od glavnih karakteristika hidromorfni tala.



Slika 78. Razdioba boje tla i teksture na lokacijama sondažnih uzoraka (Oznake: C- glina, CL- glinovita ilovača, SL - praškasta ilovača); (Uzorci PEDL su označeni sa P)



Slika 79. Rezultati klasifikacije profila pomoću „drva grananja“ (Tree model - R package tree <http://cran.r-project.org/web/packages/tree/tree.pdf>)(Uzorci PEDL su označeni sa P)

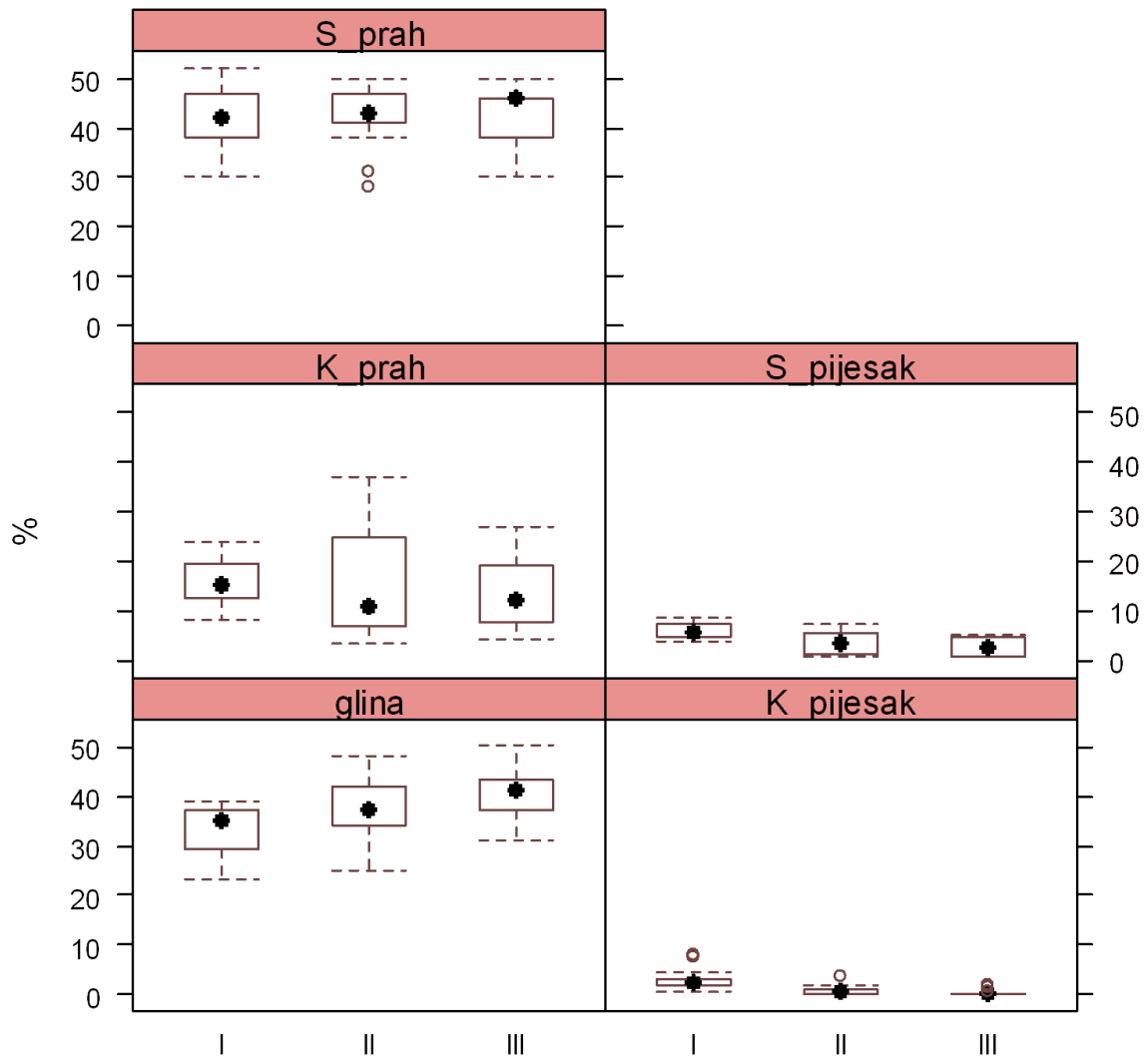


Pošto su svojstva genetičkih horizonata kod sondažnih profila slabo izražena, tako da nije bilo moguće napraviti jasnu diferencijaciju standardnim putem, pristupilo se kvantitativnom razgraničenju profila korištenjem statističke metode „drva granjanja“ (Tree model) koje je napravljeno u statističkom paketu R). Iz priloženih rezultata grananja jasno se mogu uočiti dvije osnovne grupe profila koje se izdvajaju prema razlikama u teksturi. Naime, lijeva grupa profila (P15, P02, P14, P01) sastoji se od tala s dominacijom glinovite teksture odnosno nešto težih glinovitijih tala u odnosu na ostale profile u kojima dominiraju tla glinovito -ilovaste teksture. Daljnja razdioba je određena prema boji uzoraka tla na određenim dubinama odnosno vrijednosti boje i jačini pigmenta (chroma). Kao primjer, u desnoj grupi moguće je izdvojiti tla s vrijednošću manjom od 5.5 koje obuhvaća profile s tamnijim nijansama boje (P07 i P10).). Provedena diferencijacija morfokromatskih te teksturnih svojstava upućuje na relativnu vertikalnu homogenost svojstava tala te na njihovu prostornu ujednačenost. Također pojava sivih zona u tlu upućuje na pojavu oglejavanja zbog prekomjernog zadržavanja vode u tlu. Zbog reliktnog karaktera pedoloških značajki na osnovu provedene analize ne može se na osnovu ovih svojstava prosuđivati o učincima prije i nakon regulacije korita Mirne.

3.5.1.2 *Tekstura tla*

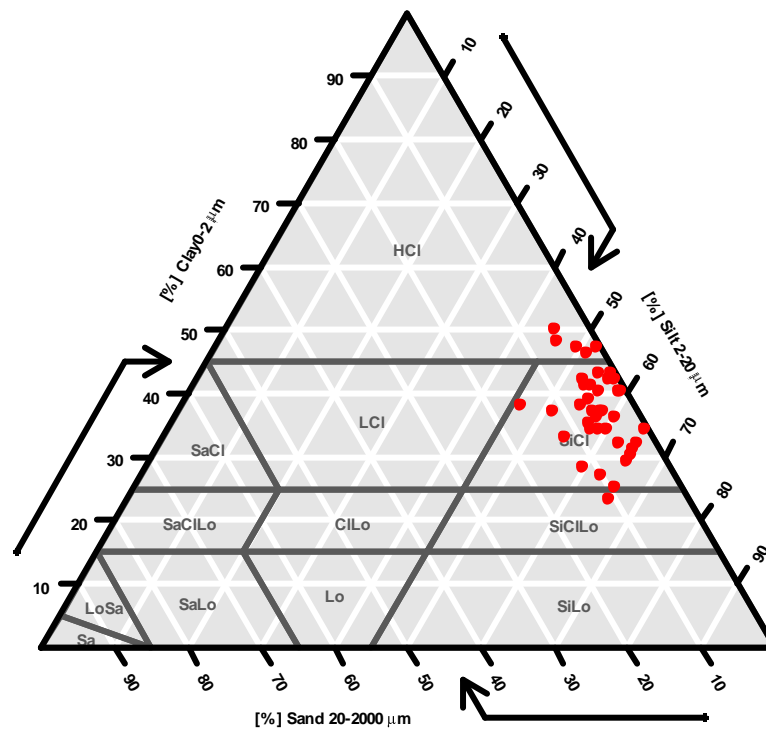
Tekstura tla, odnosno mehanički sastav predstavlja odnos između čestica tla različitog granulometrijskog sastava, pijesak, prah i glinu. Raspored tih frakcija u tlu određuje u velikoj mjeri kemijska i vodno-zračna svojstva tla. Povećan sadržaj glinenih čestica osigurava veću aktivnu površinu na koju se vežu hraniva te uzrokuje povećano zadržavanje vode. Povećan sadržaj pijeska omogućuje poboljšanu poroznost, manje kapilarno podizanje vode te slabiju obstrukciju hranivima. Na istraživanim lokacijama je napravljena detaljna analiza mehaničkog sastava, koja je uključivala razdiobu uzoraka u 5 kategorija različitih prema veličini; krupni i sitni pijesak, krupni i sitni prah te glina. Rezultati analiza su prikazani u Prilogu 7.

S obzirom na vertikalnu distribuciju, mehanički sastav pokazuje dosta visoku ujednačenost. Dominantne kategorije čestica u tlima predstavljaju kategorije sitnog praha (0,02-0,002mm) i gline (<0,002mm) (Slika 80.). S povećanjem dubine, neznatno raste postotni sadržaj gline u tlu kao rezultat njene vertikalne migracije odnosno iluvijacije iz gornjih slojeva.



Slika 80. Razdioba teksturnih kategorija prema dubini tla(I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm) .

Mehanički sastav - ISSS



Slika 81. Teksturne kategorije analiziranih tala prema ISSS klasama

Opis karaktera tla prema teksturi, napravljen je korištenjem teksturnog trokomponentnog diagrama prema ISSS (International Soil Science Society) klasifikaciji. Većina uzoraka spada u kategoriju praškaste ilovače (SiCl), nešto manji broj spada u teške gline (HCl) odnosno praškasto, glinovite ilovine (SiClLo) (Slika 81.). Iz prikazanog udjela teksturnih klasa možemo tvrditi kako su tla na području Motovunske šume izrazito homogena prema teksturi i to u vertikalnom i horizontalnom odnosu.

3.5.1.3 Analiza uzoraka u nenarušenom stanju

Pedološki profili iskopani su neposredno uz postavljene piezometarske cijevi (PEDL 02, PEDL 04., PEDL 08). Na istraživanim profilima napravljeno je uzorkovanje tala u nenarušenom stanju pomoću Kopecky valjaka (Slika 83). Uzorkovanje je provedeno na tri dubine odnosno sloja:

I sloj na 0-20 cm

II sloj na 40-60 cm

III sloj na 80-100 cm

Na svakom sloju uzeta su po tri uzorka (valjka) čije su prosječne vrijednosti reprezentirale profil na toj dubini. Uzorci su zatim otpremljeni u laboratorij Zavoda za pedologiju, Agronomskog fakulteta u Zagrebu gdje su napravljene analize III razine:

- Momentalna vlažnost
- Retencijski kapacitet za vodu
- Volumna gustoća tla
- Gustoća čvrste faze tla
- Ukupni porozitet
- Kapacitet za zrak



Slika 82. Izgled nadzemnog dijela šumske sastojine na lokalitetu PEDL02



Slika 83. Izgled pedološkog profila (2 m dubine) na lokalitetu PEDL02



Slika 84. Izgled nadzemnog dijela šumske sastojine na lokalitetu PEDL04



Slika 85. Izgled pedološkog profila (2 m dubine) na lokalitetu PEDL04



Slika 86. Izgled nadzemnog dijela šumske sastojine na lokalitetu PEDL08

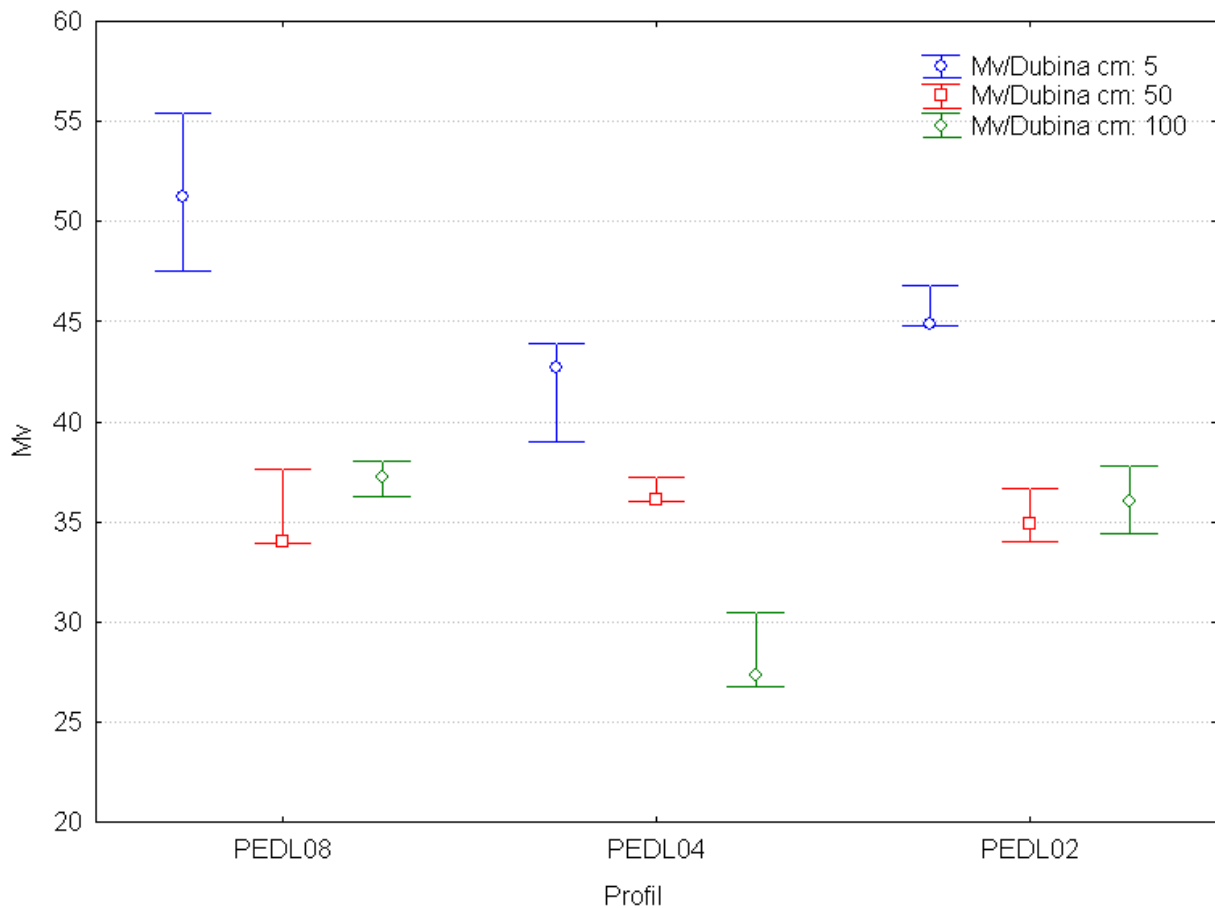


Slika 87. Izgled pedološkog profila (2 m dubine) na lokalitetu PEDL08

Momentalna vlažnost

Momentalna vlažnost predstavlja postotni sadržaj vode u tlu u trenutku uzorkovanja. Iako su sezonske razlike u dinamici vlažnosti tla izuzetno velike, ovaj parametar donekle može poslužiti kao pokazatelj ekološkog stanja tla na izabranim lokalitetima. Naime, povećane vrijednosti vlažnosti tla utvrđene su u površinskim slojevima u sva tri profila. Najveća

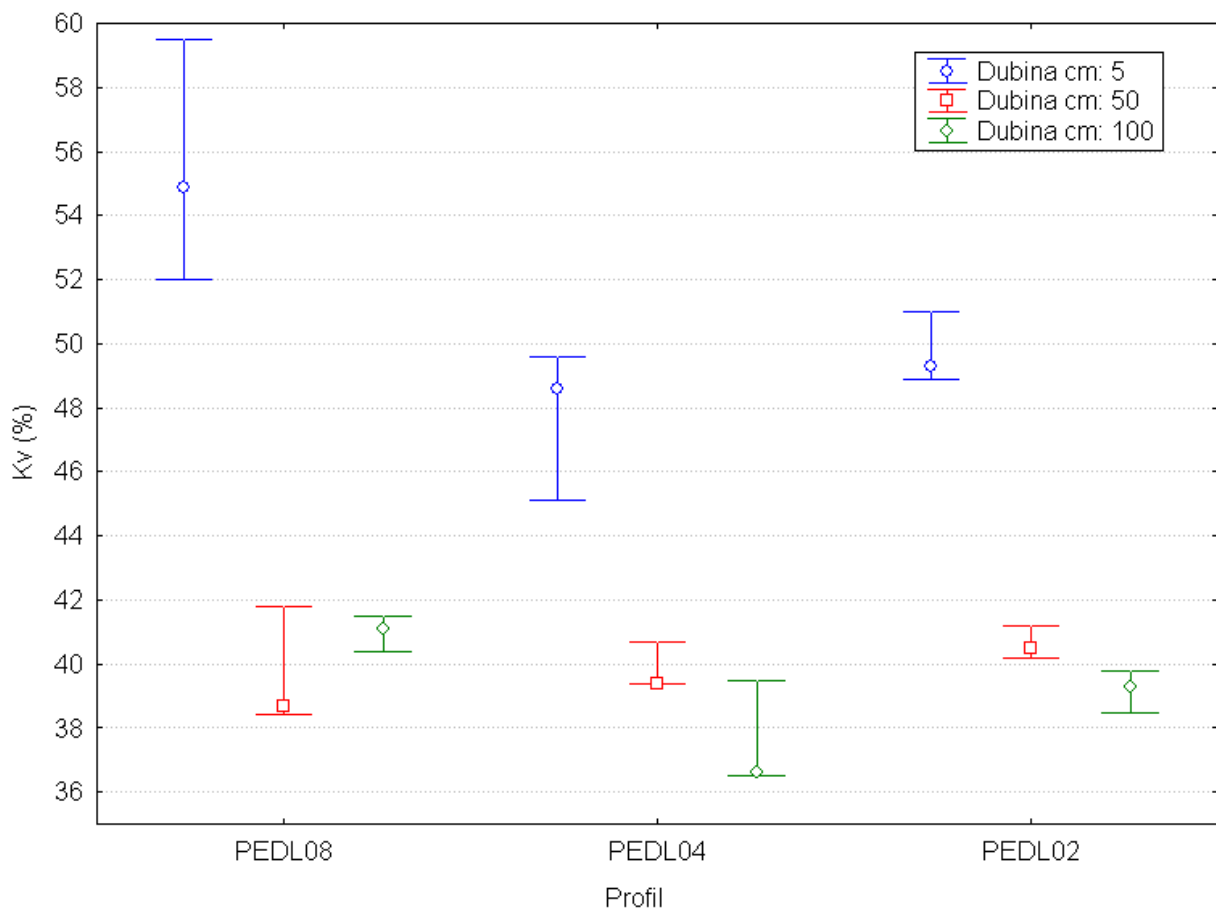
vlažnost (51.37%) utvrđena je na profilu 8, dok su vrijednosti na profilima 2 i 4 vrlo slične (45.5% i 41.87%). Vlažnost s povećanjem dubine (40-60 cm) opada te se kreće između 35.2% na profilima 2 i 8 do 36.4% na profilu 4. Razlike su nešto izraženije na dubini od 80-100 cm gdje se vlažnost kreće u rasponu od 28.2 - 37.2%. Dobiveni rezultati odnosno visoka vlažnost tla u površinskom dijelu profila pokazatelj su postojanja zadržavanja vode odnosno prekomjernog vlaženja te s tim povezanih anaerobnih uvjeta u tlu.



Slika 88. Momentalna vlažnost prema dubinama na tri istraživana profila (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

Retencijski kapacitet tla za vodu

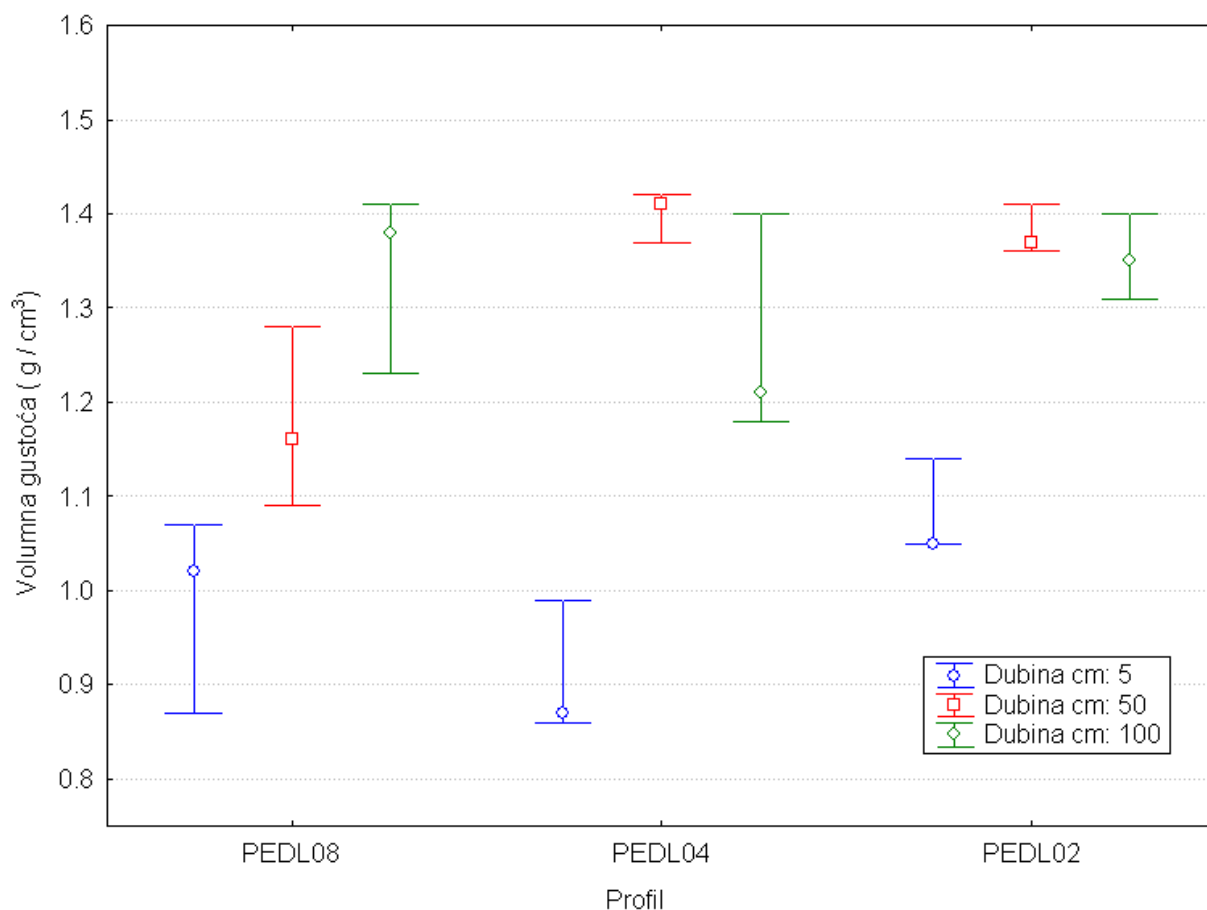
Retencijski kapacitet tla za vodu predstavlja količinu vode koju tlo, zasićeno do maksimalnog kapaciteta, zadržava nakon 24 sata. U tom će slučaju sve mikropore biti ispunjene vodom, a makropore zrakom. Razdioba dobivenih rezultata po slojevima pokazuje kako su najvišu retencijsku sposobnost posjeduju površinski slojevi tla kod kojih se vrijednosti kreću od 47.78% (profil 4) do 55.47% (profil 8). Retencijska sposobnost opada s dubinom gdje ne dolazi do većih razlika u II i III sloju. Povećan retencijski kapacitet površinskog sloja rezultat je poboljšanih strukturnih osobina zbog povećanog sadržaja organske tvari, koja u velikoj mjeri poboljšava porozitet i vodno fizikalne značajke tla.



Slika 89. Retencijski kapacitet prema dubinama na tri istraživana profila (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

Volumna gustoća

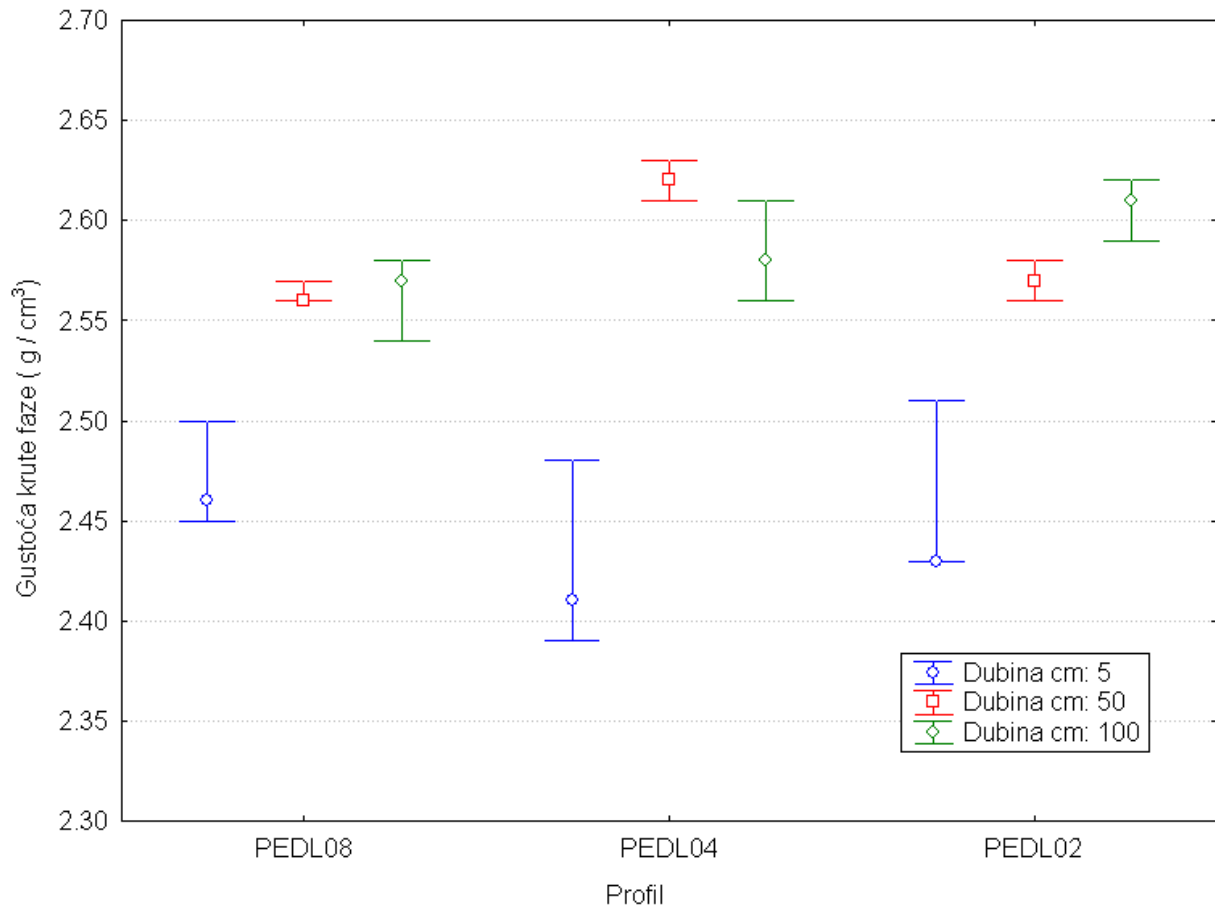
Volumna gustoća predstavlja odnos mase tla podijeljene s volumenom. Najniže vrijednosti nalazimo u površinskom sloju gdje se kreće od 0.9 do 1, a s povećanjem dubine ona raste do 1.4 g/cm³ u II odnosno 1.35 g/cm³ u III sloju. Manja volumna gustoća u površinskom djelu pokazatelj je povećanog udjela pora u odnosu na čvrstu fazu tla.



Slika 90. Volumna gustoća prema dubinama na tri istraživana profila (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

Gustoća krute faze

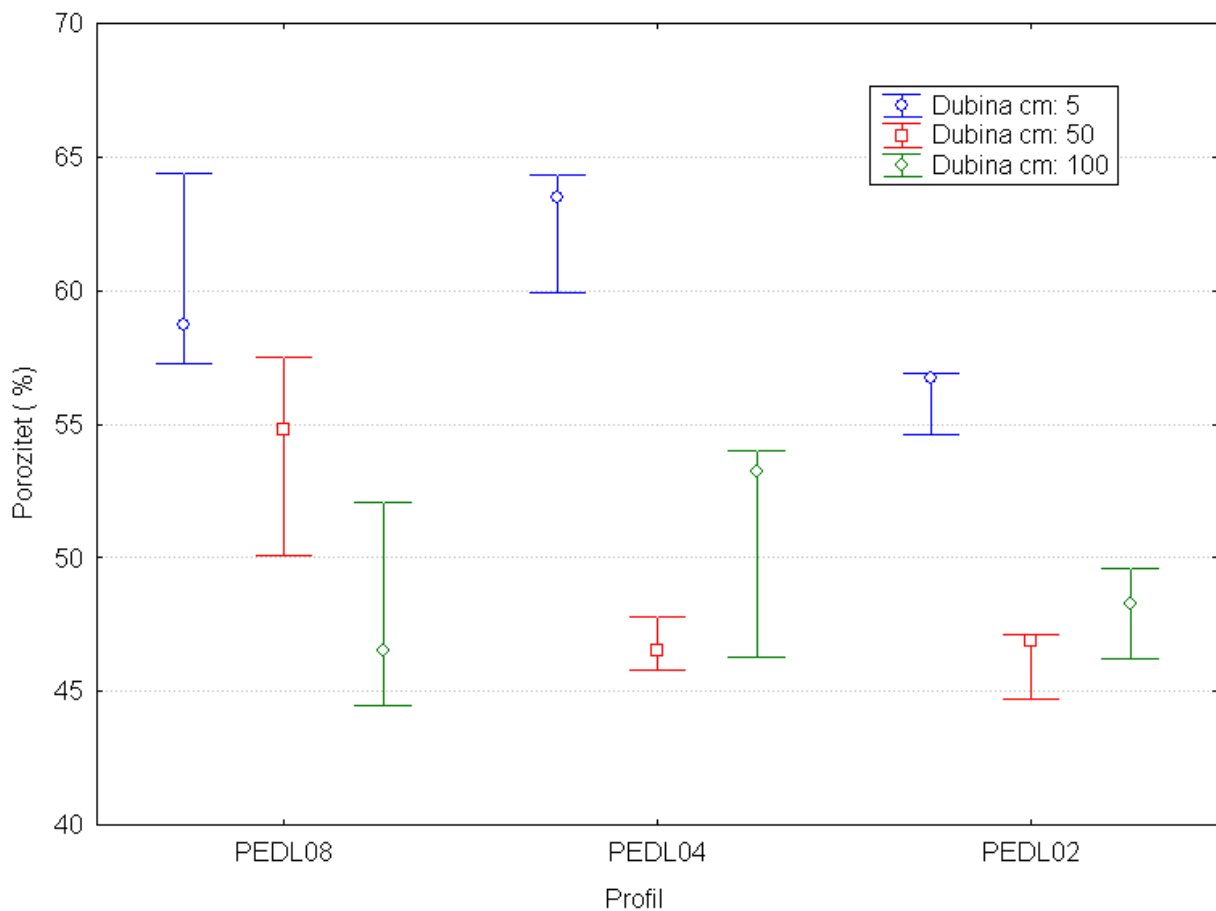
Gustoća krute faze uglavnom se koristi za fizikalne preračune, a često zaprima konstantne vrijednosti. U mineralnim slojevima tla kreće se unutar uskog raspona od 2.56 g/cm^3 do 2.62 g/cm^3 . U organskom površinskom sloju je pod utjecajem organske tvari te su vrijednosti gustoće krute faze nešto niže, od 2.43 g/cm^3 do 2.47 g/cm^3 .



Slika 91. Gustoća krute faze prema dubinama na tri istraživana profila (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

Ukupni sadržaj pora u tlu

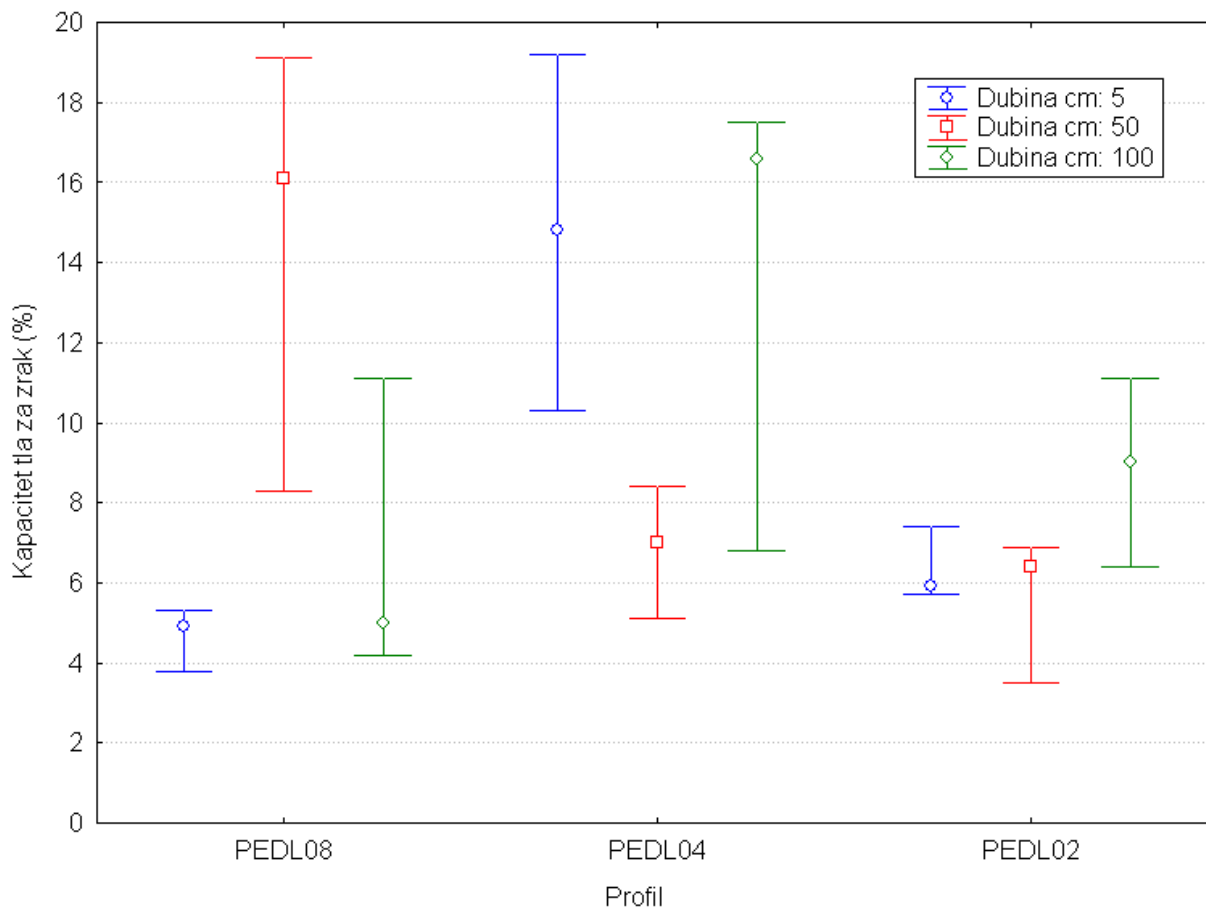
Ukupni sadržaj pora odnosno porozitet je suma svih šupljina ispunjenih zrakom i vodom, a dobiva se iz odnosa volumne gustoće i gustoće krute faze. Kako se iz prethodnih rezultata moglo naslutiti, najveći volumen pora nalazi se u površinskom organskom horizontu u odnosu od 56.1% do 62.6%. U donjim, mineralnim horizontima ukupni sadržaj pora je nešto manji. Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti kako površinski organski horizonti spadaju u vrlo porozna tla odnosno tla s preko 60% pora dok donji mineralni horizonti spadaju u porozna tla s udjelom pora između 45-60% (Škorić, 1973).



Slika 92. Ukupni sadržaj pora prema dubinama na tri istraživana profila (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

Kapacitet tla za zrak

Kapacitet tla za zrak predstavlja sadržaj zraka u trenutku kada je tlo zasićeno do svog vodnog kapaciteta (retencionog) te predstavlja odnos između ukupnog sadržaja pora i retencionog kapaciteta. Kapacitet za zrak kreće se između 4.7 - 14.8 %, također nije utvrđena njegova korelacija s dubinom horizonata.



Slika 93. Kapacitet tla za zrak prema dubinama na tri istraživana profila (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

3.5.1.4 Kemijske značajke tla

Osnovne kemijske analize tla, mehaničke analize tla te analize tla na lakopristupačne teške metale napravljene su u Institutu za poljoprivredu i turizam Poreč u Poreču. Skupni rezultati provedenih pedokemijskih analiza prikazani su u Prilogu 6.

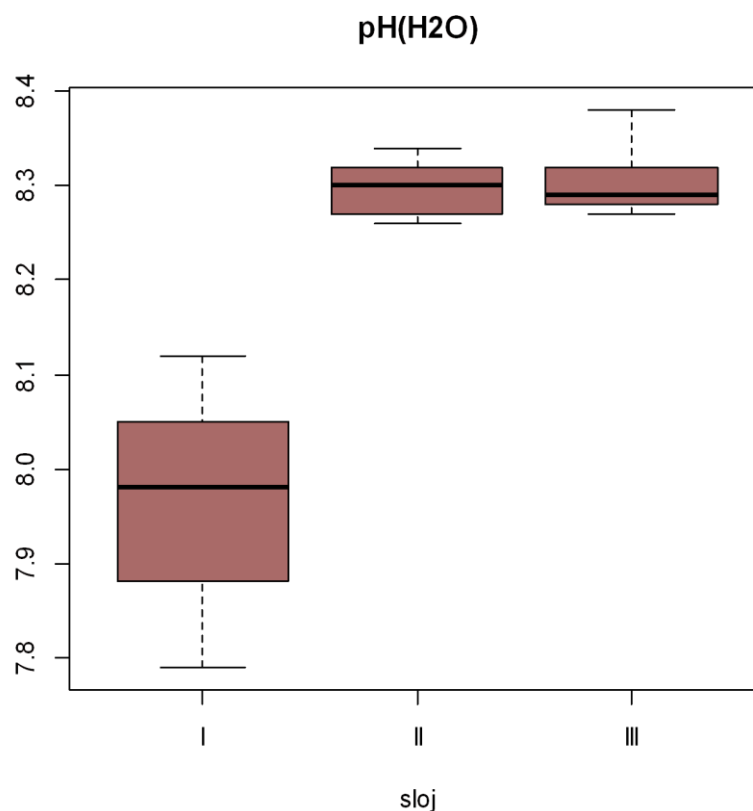
Reakcija tla - pH

Reakcija tla (pH), odnosno protonska aktivnost, određuje mnoge kemijske i biološke procese u tlu. Najpovoljnija reakcija tla (pH H₂O) za rast biljaka i drveća iznosi između 5 - 7, kada su

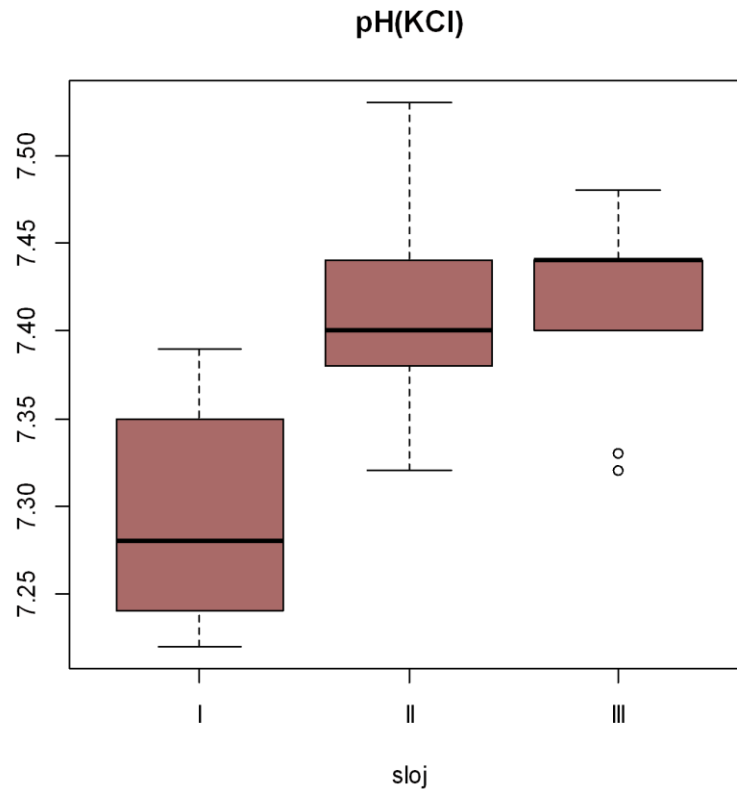
mikrobiološka aktivnost i pristupačnost hranivima optimalni. Najpovoljnija reakcija za bjelogorično drveće (Pritchett & Fisher 1987) je između pH 5.8 - 6.2, a za četinjače pH 5.2 - 6.2. Isto tako, korijenje drveća može podnositi i izrazito visoku kiselost odnosno pH vrijednosti oko 4. Ograničavajući čimbenik za rast biljaka kod niskih pH vrijednosti predstavljaju toksični metali kao što je aluminij, mangan, koji se oslobađaju u otopinu tla. U tlima u kojima su zalihe hraniva kao fosfor, kalcij, magnezij i kalij male, niska reakcija tla može uzrokovati nedostatak jednog od navedenih esencijalnih elemenata.

S biljno-fiziološkog gledišta, za razmatranje je potrebno uzeti pH vrijednosti utvrđene u n-KCl iz razloga što za biljke nisu štetni samo slobodni H ioni, već i dio H iona vezan u adsorpcijskom kompleksu. U prosjeku, na istraživanim uzorcima, utvrđena je alkalična reakcija tla (pH (n-KCl) > 7.2). Najniže vrijednosti (pH(I) - 7.3) utvrđene su u organskom površinskom horizontu, dok su u donjim mineralnim horizontima vrijednosti pH nešto više; pH(II) = 7.41, pH(III) = 7.42 .

Ovako visoke vrijednosti pH određene su prvenstveno relativno visokim sadržajem karbonata u tlima. Naime, karbonati u tlu imaju puferna svojstva kojima neutraliziraju višak protona, stvara se topljivi bikarbonat što rezultira povećanju pH vrijednosti u tlu. Kod mineralnih tala s većim sadržajem karbonata, pH se često nalazi fiksiran u uskom rasponu između 6.3 i 7.7 što nam dobro potvrđuju i rezultati uzorkovanih tala u II i III sloju. Reakcija tla u organskom horizontu obično je do 1 pH vrijednost niža u odnosu na donje mineralne slojeve što je potvrđeno i na istraživanim uzorcima.



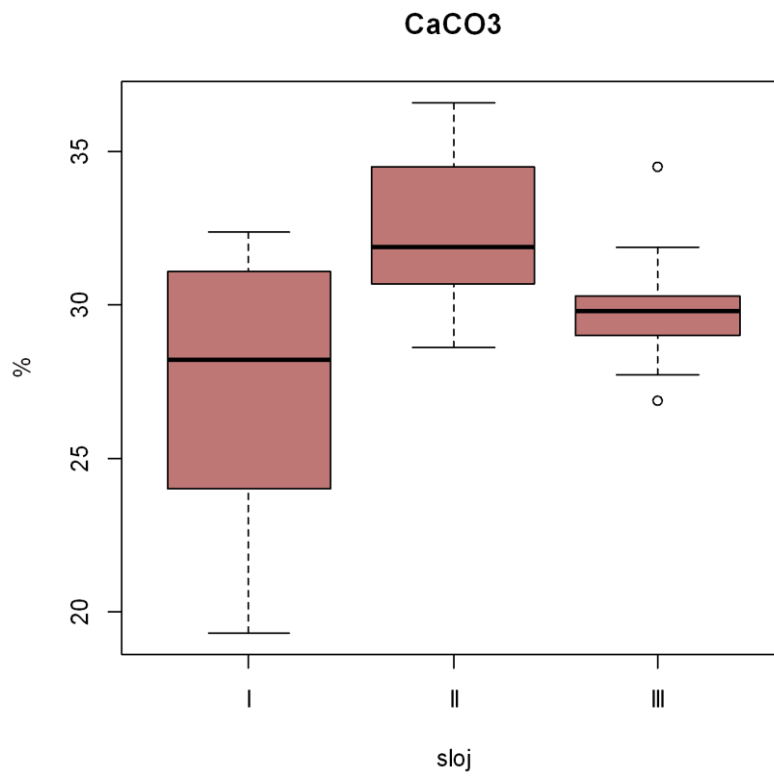
Slika 94. Reakcija tla u H₂O (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)



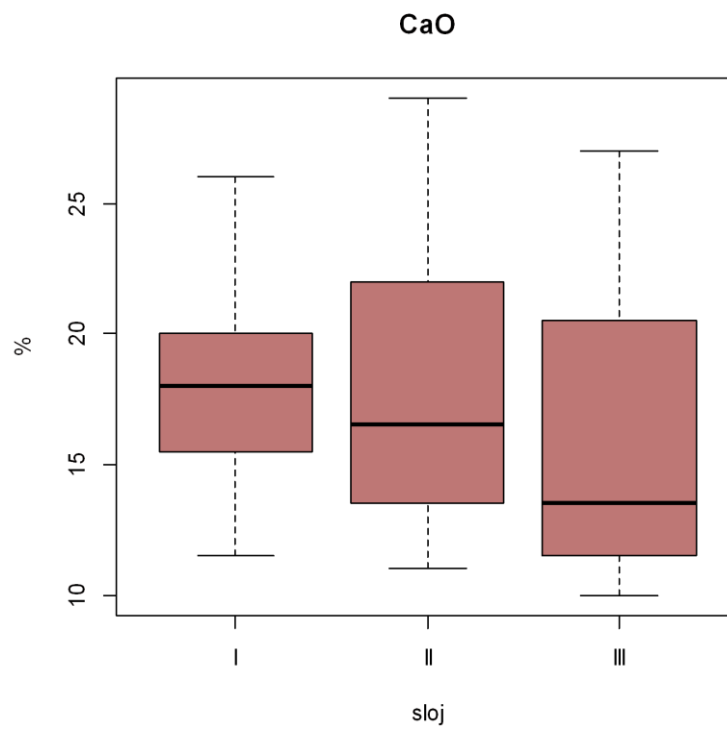
Slika 95. Reakcija tla u n-KCl (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

Sadržaj karbonata

Kalcij predstavlja jedan od najvažnijih makro elemenata važnih za rast i život biljaka. Kalcij u tlu nalazimo u različitim formama, ali najčešća je u obliku karbonata, koji su lako topivi i nalaze se u za biljke pristupačnom obliku. Rezultati analiza pokazali su kako se u tlima nalaze relativno visoke koncentracije kalcij karbonata koje u mineralnom dijelu (sloj II) u prosjeku dostižu vrijednosti od 32.56%. Sadržaj karbonata u površinskom organskom sloju (27.59 %) je uglavnom određen visokim koncentracijama karbonata u mineralnom sloju gdje postoji jasna korelacija. Sadržaj živog vapna (CaO) ima poseban značaj kod određivanja potrebne količine vapna za kalcifikaciju u poljoprivredi, no u ekološkom smislu nema posebno veliki značaj.



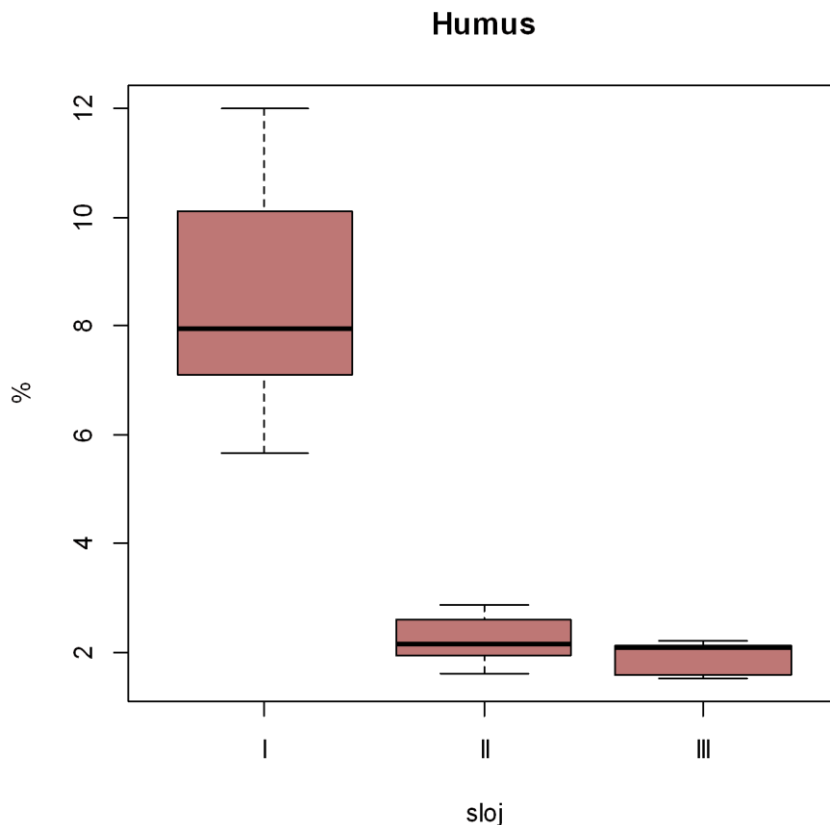
Slika 96. Sadržaj kalcij karbonata u tlima (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)



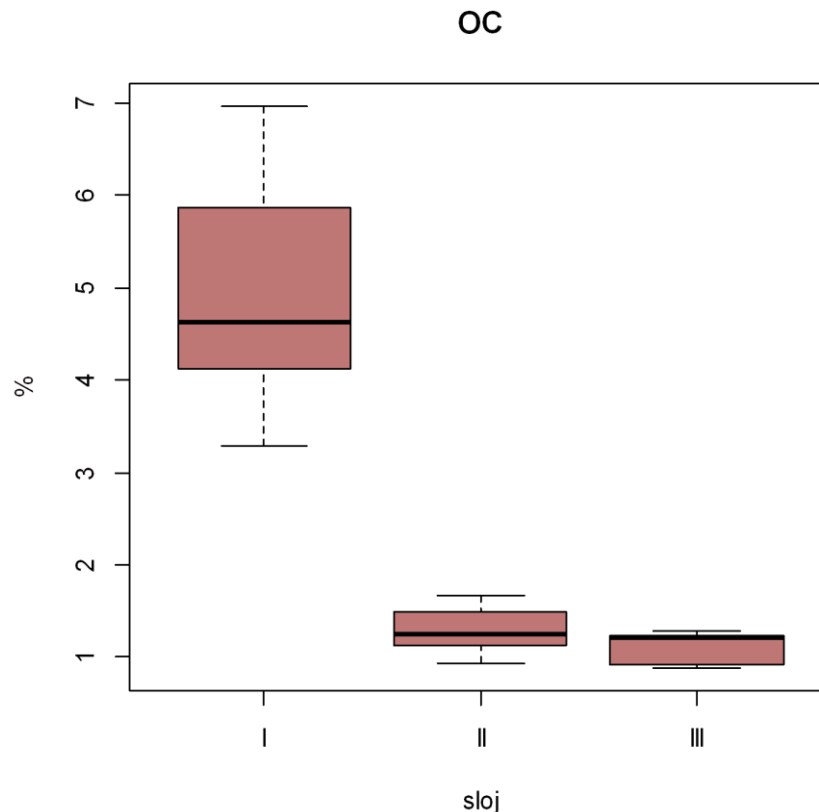
Slika 97. Sadržaj živog vapna u tlima (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

Organska tvar (Humus)

Sadržaj organskog ugljika kod organskih horizonata šumskih tala nalazi se unutar raspona između 200 do 500 g/kg što u postotnim odnosima iznosi između 40 - 100 %. U prirodnim hidromorfnim uvjetima kakvi obično vladaju na vlažnim staništima, kao što je Motovunska šuma, nedostatak kisika u tlu sprječava ubrzano razlaganje listinca i organskog materijala što uzrokuje akumulaciju i stvaranje debljih organskih horizonata. Humus predstavlja krajnji stadij razlaganja organske tvari u kojoj dominiraju stabilne komponente. Organski ugljik dobiva se računskom transformacijom iz humusa pomoću faktora 1.72. Prema provedenim analizama, utvrđen je vrlo visok sadržaj humusa u organskim slojevima (8.62 %) iz čega možemo svrstati tla u jako humozna. Relativno visok sadržaj humusa primjetan je i u mineralnim slojevima tla (2.24 % i 1.88 %). Povećan sadržaj humusa i u mineralnom dijelu tla pokazatelj je povoljne biološke aktivnosti tla odnosno prisutnosti faune koja unaša organsku tvar (npr. gujavice). Kao dobar primjer mogu se navesti brojne nakupine krotovina na površini, nastale djelovanjem gujavica, a koje doprinose stvaranju izrazito povoljnih hranidbenih i vodno fizikalnih svojstava tala.



Slika 98. Sadržaj humusa u tlima (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)



Slika 99. Sadržaj organskog ugljika u tlima (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

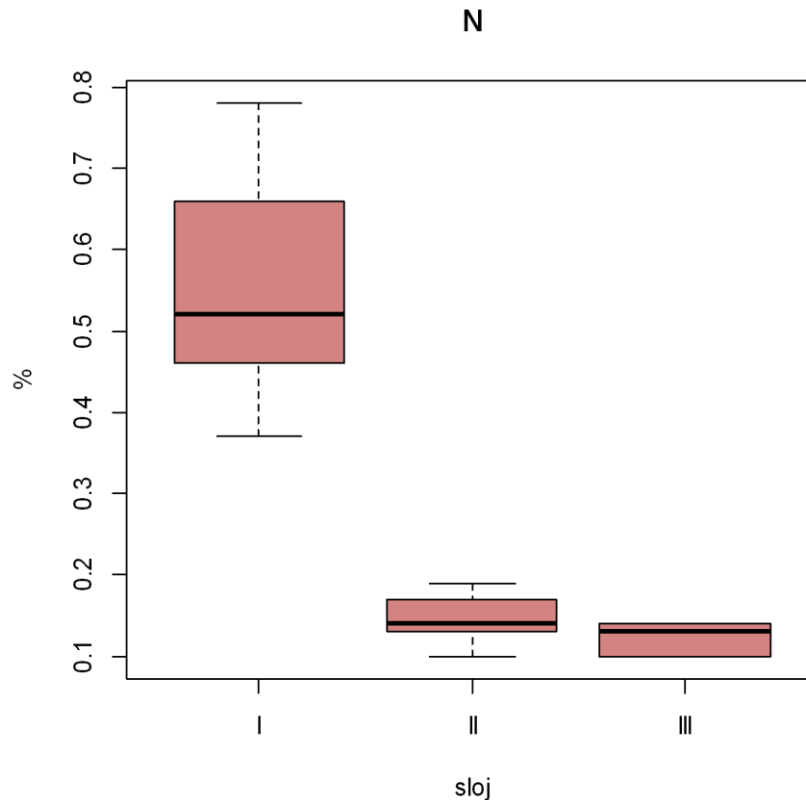
Makroelementi

Hraniva predstavljaju makro i mikroelemente koji su neophodni za rast šuma. Drveće usvaja hraniva djelimičnom reapsorpcijom iz lišća prilikom njegovog opadanja kao i usvajanjem iz tla ili depozicijom. Tri najčešća elementa koja su korištena za rast biljaka i koja su često deficitarna u tlu predstavljaju dušik, fosfor i kalij. U prirodi se rezerva hraniva najčešće nalazi u mrtvoj organskoj tvari odnosno listincu. Biljka hraniva usvaja kroz absorpciju lako zamjenjivih kationa, mineralizaciju dušika, fosfora i kalija sadržanog u organskom obliku te ekstrakcijom tih elemenata iz minerala pomoću kiselina iz humusa.

Ukupni dušik

Dušik se u tlu nalazi u nitratnom i amonijskom obliku, a najviše ga nalazimo u biljnim i životinjskim ostatcima odnosno u humusnom ili organskom horizontu. Dušik u tlu u izravnoj je vezi sa sadržajem organske tvari gdje postoji vrlo visoka korelacija. Ukupna količina dušika u tlu ovisi o uspostavi ravnoteže između produkcije listinca s jedne te dekompozicije organske tvari s druge strane. Vrlo vlažni uvjeti kod hidromorfni tala pogoduju visokom sadržaju dušika u organskom sloju. S obzirom da postotni udio dušika u organskom sloju tla prelazi graničnu vrijednost od 0.3% (sadržaj N je 0.56 %), možemo zaključiti kako se radi o tlima vrlo

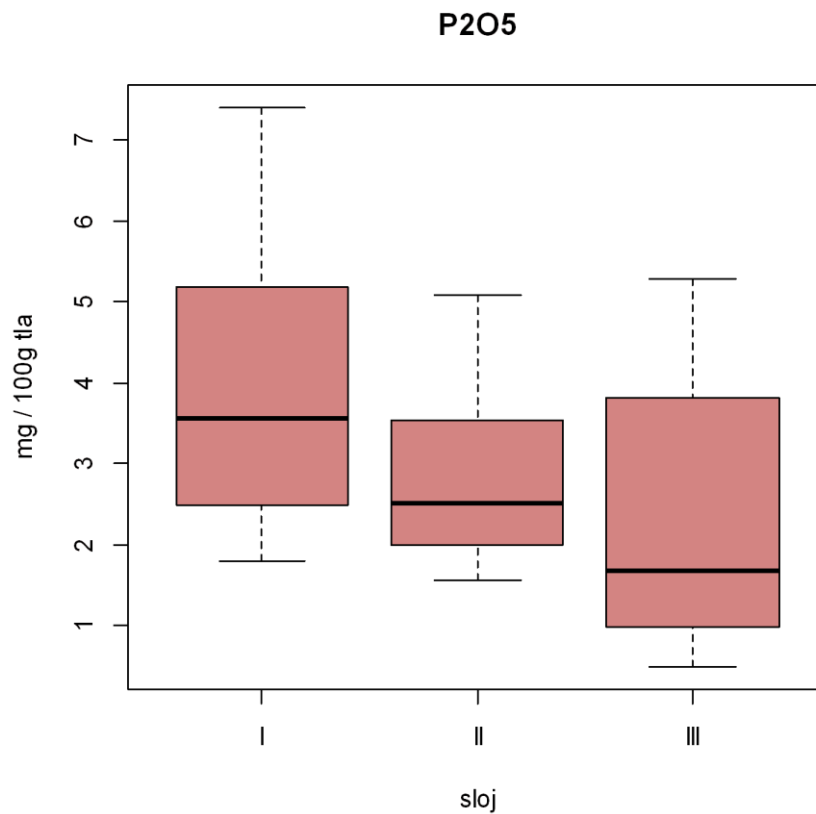
bogatim dušikom. Donji mineralni slojevi tla spadaju u tla dobro opskrbljena dušikom, ukupni dušik kreće se u rasponu 0.1- 0.2%. S obzirom na utvrđene vrijednosti, možemo zaključiti kako je s obzirom na dušik, potencijal tla vrlo povoljan.



Slika 100. Sadržaj dušika u tlu (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

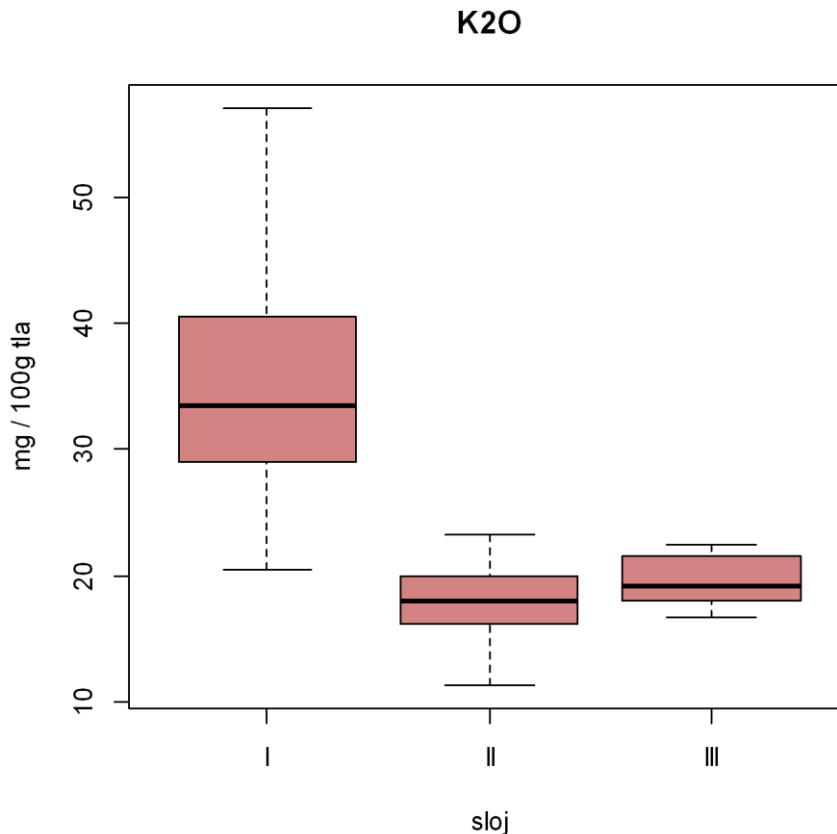
Fiziološki aktivni fosfor i kalij

Fosfor predstavlja esencijalni element za rast biljaka. U tlu ga nalazimo u više oblika koji su različito dostupni za ishranu bilja odnosno kao ioni u otopini tla, adsorbiran na površinu neorganske faze tla, u obliku fosfornih minerala te kao sastavnica organske tvari. Organska tvar je uglavnom najčešći izvor fosfora u šumskim tlima. Prilikom laboratorijske obrade, utvrđuje se ona količina fosfora i kalija koja je lako dostupna biljkama te stoga govorimo o fiziološki aktivnom fosforu i kaliju. Sadržaj fiziološki aktivnog fosfora najveći je u organskom sloju tla (3.89 mg / 100 g tla), a s obzirom na količinu možemo okarakterizirati tlo kao slabo opskrbljeno fosforom (0 - 10 mg / 100 g tla).



Slika 101. Sadržaj fiziološki aktivnog fosfora (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

Kalij je također neophodan za rast biljaka odnosno za sprječavanje određenih biljnih bolesti. Glavni izvori kalija u tlu su minerali feldspar i mika. Mali sadržaj kalija se može naći u obliku izmjenjivih iona ili topivih soli. Šumska tla su obično vrlo bogata kalijem što je slučaj i s istraživanim tlima. Sadržaj kalija od 35.8 mg / 100g tla pokazuje da su prosječno organski slojevi tla vrlo bogati kalijem (iznad 20 mg / 100g tla). Dublji mineralni slojevi su također osrednje opskrbljeni kalijem (11 - 20 mg /100g tla).



Slika 102. Sadržaj fiziološki aktivnog kalija (I sloj na 0-20 cm, II sloj na 40-60 cm, III sloj na 80-100 cm)

3.5.1.5 Onečišćenost tla

Rezultati analize teških metala u površinskim uzorcima tla prikazani su u tablici (Tablica 36.).

Rezultati obrade pokazuju prisutnost izuzetno visokih koncentracija bakra u tlu što prema postojećoj klasifikaciji čak se svrstava u zagađena tla bakrom. Isto tako, na dvije lokacije, PEDL11 i PEDL15 utvrđene su povećane koncentracije olova. Iz geokemijskog atlasa RH (Halamić i Miko 2009) možemo uočiti kako na predjelu Mirne dolazi do određenog povećanja sadržaja bakra u tlu, ali ne dolazi do značajne pojave onečišćenja. Za koncentracije bakra značajno je kako njihov udio u Primorskoj Hrvatskoj značajno premašuje udio na kontinentu. Bakar je izrazito antropogenog porijekla i najviše ga ima u područjima s intenzivnom poljoprivrednom djelatnošću, posebno vinogradarstvom.

Tablica 36. Rezultati analize teških metala na 13 lokaliteta

Broj	Lokacija	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
1.	PEDL01	0.043	3.07	31.71	7.6	1.37	0.59
2.	PEDL02	0.046	2.33	24.33	7.15	1.33	1.2
3.	PEDL03	0.02	2.19	25.93	6.34	0.97	0.73
4.	PEDL04	0.033	2.29	27.56	8.1	1.08	0.76
5.	PEDL05	0.028	2.44	32.96	8.79	1.2	0.63
6.	PEDL06	0.032	2.76	28.26	7.11	1.19	0.43
7.	PEDL07	0.032	2.47	42.79	5.11	1.45	0.92
8.	PEDL08	0.036	2.63	33.18	8.9	1.3	0.56
9.	PEDL09	0.035	2.93	30.68	8.87	1.44	0.51
10.	PEDL10	0.04	2.64	33.47	10.04	1.28	0.55
11.	PEDL11	0.039	3.52	53.12	7.87	1.78	0.55
12.	PEDL14	0.048	3.12	45.34	10.19	1.4	0.97
13.	PEDL15	0.04	2.73	33.96	11.59	2.21	1.17

3.5.1.6 Zaključak

S obzirom na provedene fizikalne i kemijske analize moguće je utvrditi osnovne ekološke uvjete koji vladaju u tlima na području Motovunske šume. Osnovna dva uvjeta koji u većoj mjeri uvjetuju nastanak pedofizikalnih i pedokemijskih značajki su relativno teža tekstura tla te karbonatni sastav matičnog supstrata. Prema teksturi u tlu dominiraju glinaste ilovače odnosno gline odnosno kategorije karakteristične za tla težeg mehaničkog sastava. Dominantni proces nastanka tih tala je nanošenje glinenog materijala odnosno nanosa poplavnim vodama kroz duži period pedogeneze. Navedena tekstura djeluje na ostala fizikalna svojstva kao što su manja poroznost te s time u vezi smanjena pokretljivost vode u tlu (hidraulička vodljivost i infiltracija) koja dovodi do pojave redukcijskih procesa koji su vidljivi iz analize morfokromatskih značajki. Analizom morfokromatskih značajki odnosno boje tla prema Munsellovoj skali utvrđena je pojava izraženih sivih zona u tlu koje su pokazatelj oglejavanja karakterističnog za hidromorfna tla. S obzirom na teksturu te boju horizonata možemo utvrditi kako su tla u vertikalnom i horizontalnom smjeru dosta homogena odnosno nije jasno izraženo diferenciranje pedogenetskih horizonata. Ovakva homogena svojstva rezultat su ujednačenog nanošenja relativno homogenog materijala kroz povijest.

Povoljna kemijska svojstva u tlima uglavnom su posljedica nanošenja karbonatnog materijala s rendzina iz gornjih dijelova sliva Mirne (siva Istra). Karbonatni materijal ima utjecaj na visok pH odnos te indirektno na povećan sadržaj bazičnih katjona odnosno hraniva u tlu.

S obzirom na vlaženje te akumulaciju nanosa, potrebno je izdvojiti uvjete pedogeneze prije i nakon provedenih hidromelioracija i preusmjeravanja korita Mirne. Prevladavajući uvjeti prije provedbe hidromelioracija bili su karakteristični za aluvijalna tla odnosno za recentne riječne



nanose, fluvisole. Takva tla formiraju se na poplavnim terasama odnosno poloju rijeka koji su pod utjecajem taloženja nanosa iz redovitih poplava. Često imaju dosta heterogenu strukturu s obzirom na pojavu slojeva različite teksture ovisno o dinamici plavljenja i veličini nanosa. Vlaženje takvih tala je iz tri smjera; iz oborina, poplavne i podzemne vode. U vremenu nakon provedenih hidromelioracija, dolazi do značajne promjene glavnih pedogenetskih procesa odnosno reducira se plavljenje i nanošenje materijala i prevladavaju uvjeti karakteristični za automorfna tla u gornjim dijelovima profila. Prvenstveno dolazi do akumulacije humusnog materijala koji se razvija u terestičkim uvjetima te pojave braunizacije uz vjerojatno prisustvo i eluvijalno- iluvijalnih procesa. S obzirom na tipske značajke tla imaju karakter fluvijativnog livadskog tla (humofluvisola odnosno semigleja) koji su u donjem dijelu utjecani podzemnom vodom dok površinski dijelovi profila ostaju potpuno izvan utjecaja podzemne vode i formiraju se po tipu automorfni tala.

Iz provedenih rezultata pedoloških analiza, međutim, ne mogu se utvrditi promjene nastale hidromelioracijskim aktivnostima u Motovunskoj šumi. Tla uglavnom zadržavaju reliktnu značajku te nisu podložna promjenama u relativno kratkom razdoblju (40-50 god.) tako da promatranjem samo navedenih pedoloških značajki ne možemo ništa zaključivati o ekološkom stanju u tlima nakon kanaliziranja korita Mirne. Za razmatranje ekološke uloge hidromelioracijskih aktivnosti potrebno je provesti analizu vodnog režima u tlu ili režima podzemnih voda pri karakterističnim pedofizikalnim uvjetima.

LITERATURA

- Bogunović M., Bensa A. (2005): Tla krša - temeljni čimbenik biljne proizvodnje, Hrvatski krš i gospodarski razvoj. Zbornik radova/Biondić, Božidar; Božičević, Juraj (ur.). - Gospić/Zagreb : Centar za krš, 41-50
- Bašić F. The soils of Croatia, Springer
- Gallo C. Obnova Motovunske šume obnovom starog toka rijeke Mirne, Zelena Istra
- Halamić J. i Miko S. (ur.)(2009): Geokemijski atlas Republike Hrvatske
- Martinović, J. (2003): Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj, Šumarski institut Jastrebarsko, Hrvatske šume Zagreb, Zagreb, 525 pp
- Pernar N., Holjević D., Petraš J., Bakšić D. (2005): Pedofiziografski odnosi na poligonu za istraživanje erozije u Abramima. Š.L. 13 pp
- Pernar, N., Bakšić D., Perković I., Holjević D. (2010): Odras sanacije erodiranog terena na svojstva tla na flišu - slučajevi Abrami i Butoniga u Istri. Šumarski list, 134 (5-6): 229-240
- Pernar, N., Holjević D., Bakšić D., Petraš J., Perković I. (2011): Utjecaj tehničkih i bioloških zahvata na tlo i dinamiku erozije na istraživačkom poligonu Abrami. Croatian Journal of Forest Engineering, Vol.32 No.1
- Osnovna geološka karta SFR Jugoslavije (1969): 1:100 000, List Trst, L 33-88. Inst. geol. istr., Zagreb, Sav. geol. zav., Beograd
- Polšak, A., Šikić, D. (1969): Osnovna geološka karta SFR Jugoslavije, 1:100 000, List Rovinj, L 33-100. Inst. geol. istr., Zagreb, Sav. geol. zav., Beograd
- Priručnik za trajno motrenje tala Hrvatske, AZO-agencija za zaštitu okoliša
- Škorić, A., i sur. (1987): Pedosfera Istre s pedološkom kartom. Projektni savjet pedološke karte Hrvatske

- Velić, I. i Tišljar, J. (1988): Litostratigrafske jedinice u dogeru i malmu zapadne Istre (zapadna Hrvatska, Jugoslavija). Geol. vjes., 41, 25-49
- Velić, I., Tišljar, J. Matičec, D. i Vlahović, I. (1995): Opći prikaz geološke građe Istre (A review of the geology of Istria). U: Vlahović, I. i Velić, I. (ur): 1. Hrvatski geološki kongres, Vodič Ekскурzije, 5-30, Zagreb
- Zebec V., Crnjaković M., Pernar N., (2011): Mineraloško-petrološko-geološki aspekt stijenskoga supstrata Istre, Primorja i Dalmacije. Šume hrvatskoga Sredozemlja, 115 pp

3.6 Prostorna razdioba parametara mikoreljefa

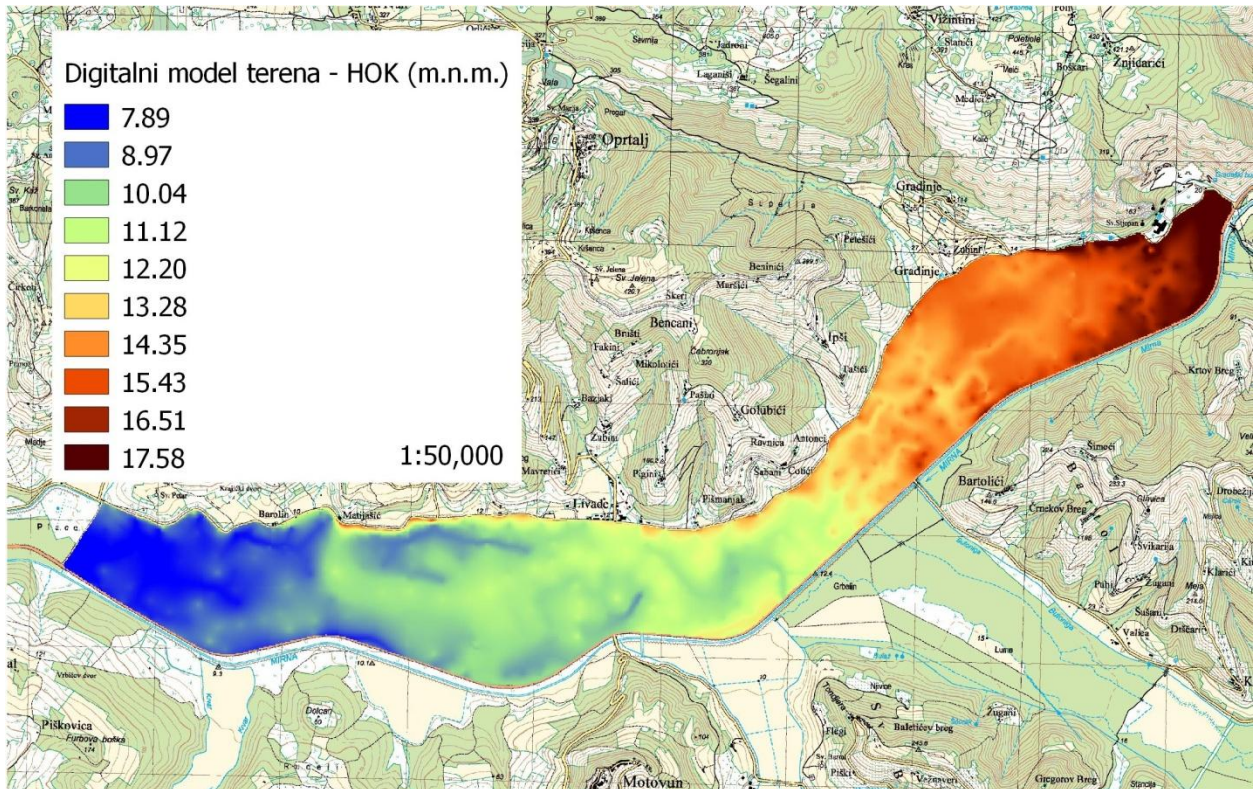
Mikoreljef lokalno mijenja glavnu ekološku varijablu na promatranom području, dubinu do podzemne vode, te je zato uključen u ovo istraživanje. U tu svrhu je napravljen detaljan digitalni model terena na bazi osnovne državne karte (ODK) mjerila 1:5000. Iz osnovne državne karte su digitalizirane slojnice i visinske kote terena iz kojih je generiran digitalni model terena. Uz to, korištene su digitalizirane ceste, depresije, vode i kanali. Na temelju tih podataka izrađen je detaljni rasterski digitalni model terena s veličinom piksela 10 x 10 metara (Slika 103.). K tome, korišten je i Digitalni model reljefa Republike Hrvatske (Državna geodetska uprava) prilagođen za potrebe ovog istraživanja zbog uočenih nedostataka na području doline u kojoj se nalazi Motovunska šuma (Slika 104.).

Digitalni model terena bio je osnova za proračun modelnih izvedenica:

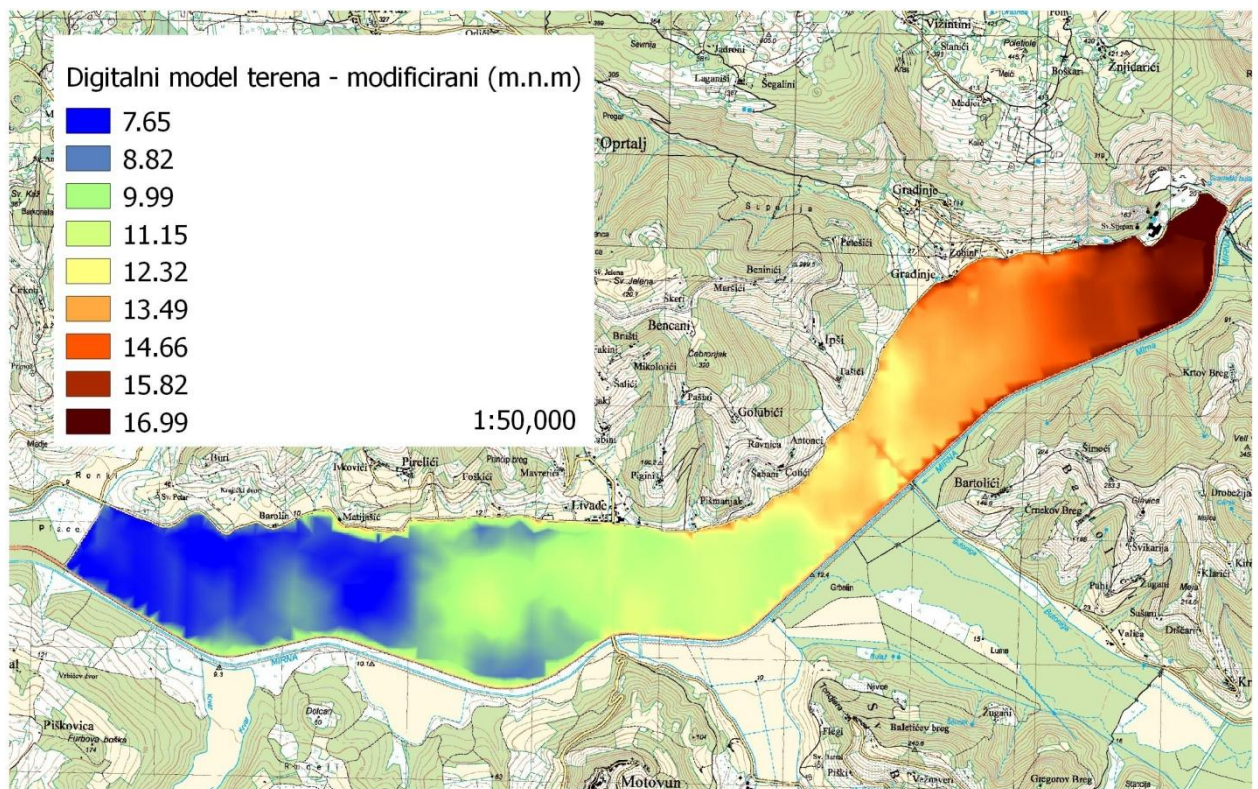
- 1) relativnu visinu u odnosu na referentno vodno lice (Slika 105.),
- 2) udaljenost od vodotoka (Slika 106.),
- 3) potencijalnu akumulaciju površinskim tečenjem,
- 4) relativnu dubinu u lokalnim retencijama.

Ove modelne izvedenice su napravljene za oba digitalna modela. Usporednom analizom dobivenih modela, i njihovim značajnim razlikama, procjenjeno je da dobiveni modeli nemaju potrebnu točnost koja bi mogla pokazati promjene u ekološkim varijablama potrebne za ovo istraživanje. Naime oba digitalna modela imaju određenu razinu nepreciznosti koja je izražena na ovako malom prostoru i u ovakvom istraživanju, koje zahtijeva vrlo veliku visinsku točnost za definiranje razlika u staništu šumskih vrsta, prvenstveno hrasta lužnjaka, graba i poljskog jasena.

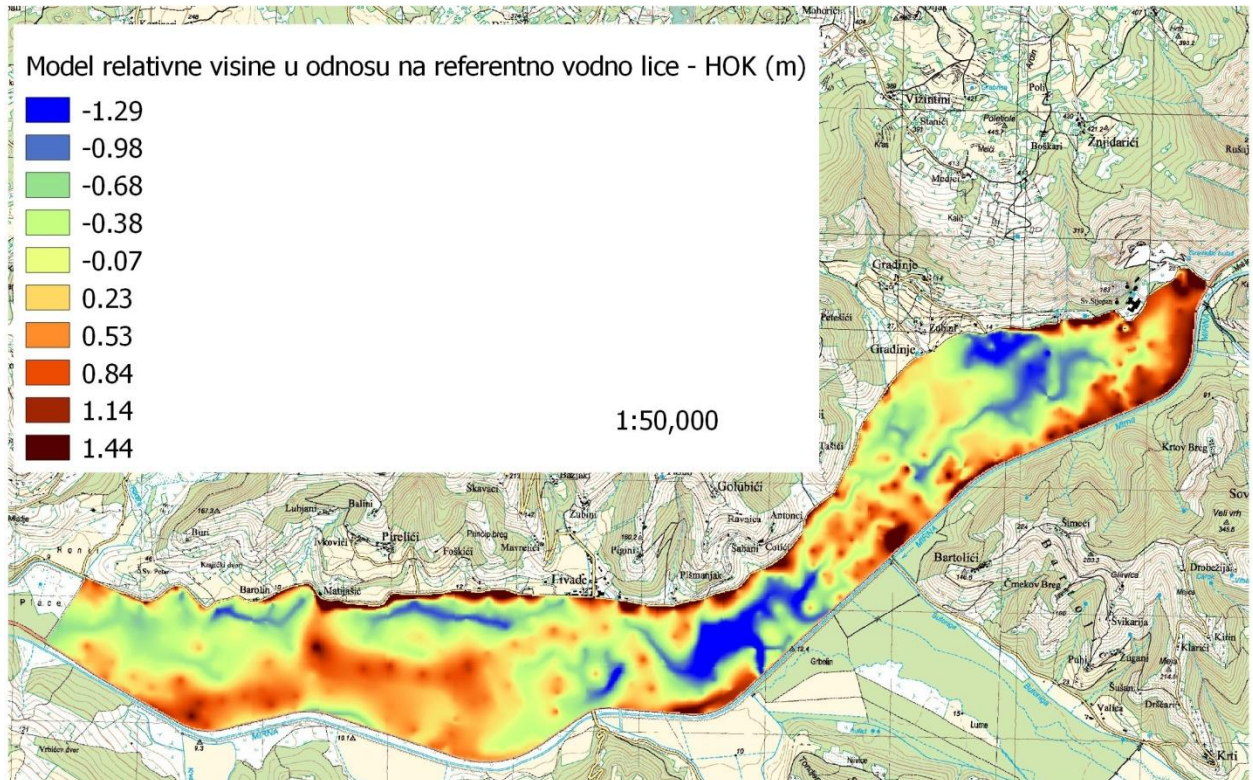
Kako na temelju dostupnih podataka nije bilo moguće napraviti kvalitetan model terena potrebno je za buduća istraživanja snimiti Motovunsku šumu upotrebom LiDAR tehnologije, čime bi se dobio iznimno precizni prikaz konfiguracije terena. Naime, LiDAR tehnologija koristi snimanje laserskim zrakama velike brzine i gustoće iz aviona, čime se može dobiti vertikalna i vodoravna razlučivost do 10 cm te bi bila iznimno korisna za prikaz trenutne mreže meliorativnih kanala, kao i njihove dubine i u skladu s tim modeliranje slivova i pravaca otjecanja vode. K tome, snimanjem LiDARskim sustavom bi se dobili i drugi podaci korisni za analizu stanja šuma, kao npr. visine svakog pojedinačnog stabla, prostorni raspored stabla, stanja sklopa i sl.



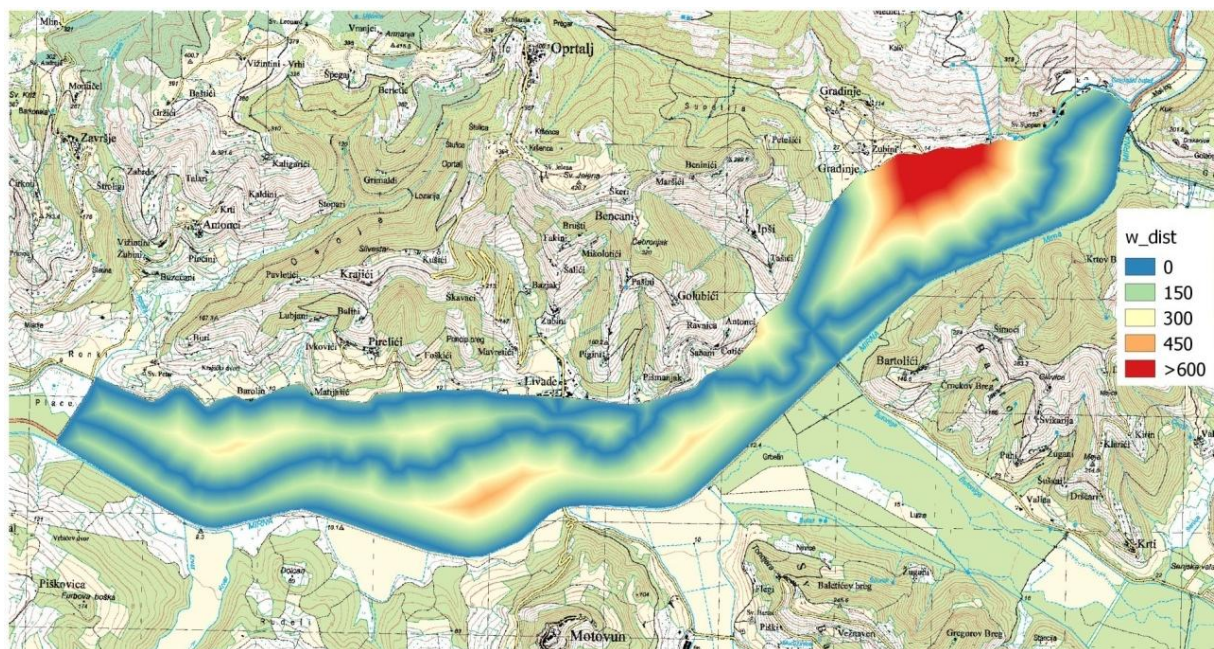
Slika 103. Prikaz digitalnog modela terena napravljenog na temelju Osnovne državne karte 1:5000



Slika 104. Prikaz digitalnog modela terena napravljenog na temelju podataka iz Digitalnog modela reljefa RH 1:5000



Slika 105. Prikaz modela relativne visine u odnosu na referentno vodno lice dobivenog modeliranjem podataka iz Hrvatske osnovne karte 1:5000



Slika 106. Prikaz modela udaljenost od vodotoka

3.7 Kvaliteta zraka na području sliva Mirne

S obzirom na onečišćenost zraka, teritorij Republike Hrvatske klasificira se na zone i aglomeracije (NN 001/2014). Zone predstavljaju veća područja poput primjerice županije, dok su aglomeracije vezane uz veće gradove (Zagreb, Split, Rijeka, itd.). Područje Motovunske šume pripada području Istarske županije (HR4). S obzirom na zaštitu zdravlja ljudi koncentracije onečišćujućih tvari SO₂, NO₂, Benzena te Pb, As, Cd, Ni nalaze se ispod donjeg praga procjene, dok su koncentracije PM₁₀ nešto veće no i one se nalaze unutar regulativnih vrijednosti, ispod gornjeg praga procjene (Tablica 37.).

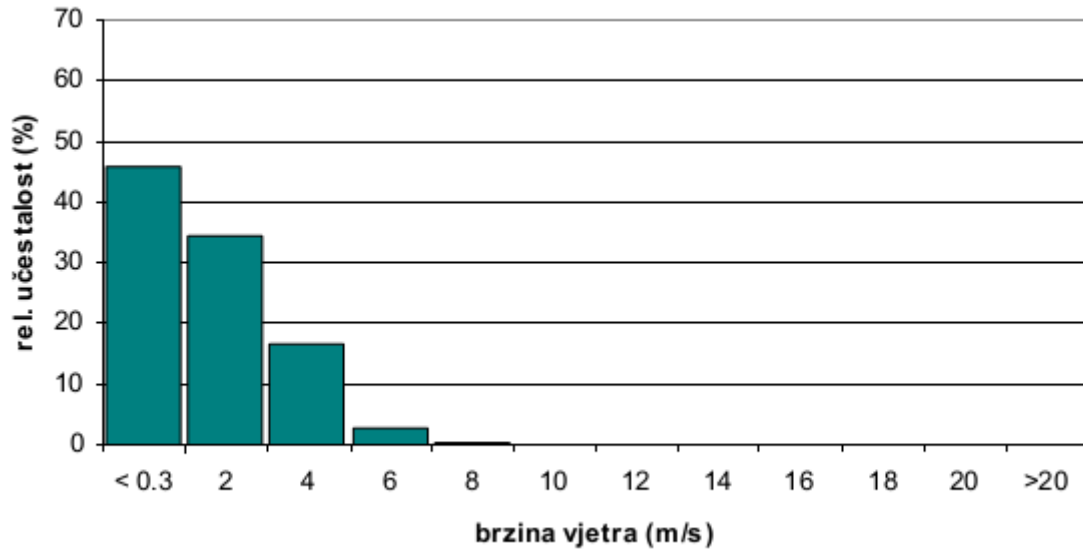
Tablica 37. Razine onečišćenosti zraka po onečišćujućim tvarima s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi za područje aglomeracije HR4 (DPP - donji prag procjene, GPP - gornji prag procjene, CV - ciljna vrijednost za prizemni ozon, GV - granična vrijednost)

Oznaka zone/ aglomeracije	Razina onečišćenosti zraka po onečišćujućim tvarima s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi							
	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	Benzen	Pb, As, Cd, Ni	CO	O ₃	Hg
HR 4	< DPP	< DPP	< GPP	< DPP	< DPP	< DPP	> CV	< GV

U blizini Motovunske šume nema većih onečišćivača okoliša. Najveći pritisci na kvalitetu zraka nalaze se u gradovima od kojih je najbliži grad Pazin. Industrijska područja Istarske županije (npr. Rockwool, Uljanik, Tvornica poljoprivrednih strojeva Labin) nalaze se na udaljenijim područjima i ne utječu na kvalitetu zraka u okolici Motovunske šume. Također mogući je transport onečišćenja pod utjecajem obalne cirkulacije. Takav oblik cirkulacije omogućuje jaku razmjenu zračnih svojstava putem turbulencije čime se homogeniziraju prostorne razdiobe te ublažavaju ekstremi meteoroloških parametara.

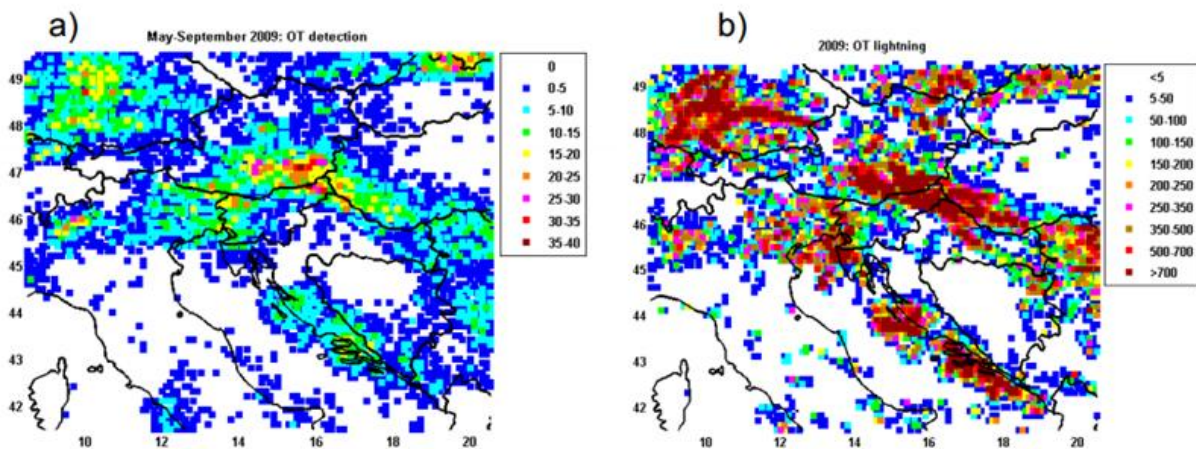
Osim obalne cirkulacije, koja je specifična dinamika strujanja u području granice kopna i mora, na ovom području često se mogu javiti jaka strujanja iz NE kvadranta. Najveća čestina vjetra je iz smjera NE i E (bura) te SE (jugo) izraženija za vrijeme hladnijeg dijela godine. Taj dio godine okarakteriziran je ekstremnim brzinama vjetra koje se najčešće javljaju upravo prilikom bure koja je poznata po svojoj mahovitosti i velikim brzinama te trajanju. Osim u uvjetima zimske kopnene anticiklone, ona nastaje i u uvjetima kada se hladniji zrak iznad kopna obrušava niz planine u toplije područje iznad mora. Prosječne brzine reda su veličine 10 km/h dok brzine udara iznose znatno više. Najveća izmjerena brzina iznosila je 248 km/h. Ono što je bitno za oba vjetra (jugo i bura), jest da oba slabe sa udaljenosti prema unutrašnjosti zbog trenja te se njihove brzine na području Motovunske šume značajno manje. Tijekom ostalog dijela godine dominantna je obalna cirkulacija kada se izmjenjuju maestral i burin. To je ponajviše zbog postojanih i stabilnih anticiklona koje uzrokuju stacionarnost vedrog vremena za ljetnih dana, izuzev konvektivnih sustava koji se javljaju prilikom prolaska fronti ili nakon dužih suših dana zbog termalnih efekata. Najbliža meteorološka postaja sa kvalitetnim anemografskim mjerenjima je postaja Pazin. Kako je ona smještena u udolini, pokazuje specifične lokalne prilike pojačanog hlađenja u anticiklonalnim situacijama pogotovo tijekom noći i zimi. Možemo opaziti kako su upravo najučestalije brzine na toj

postaji ispod 0,3 m/s (Slika 107.) što ukazuje na činjenicu da se uobičajeno veće brzine vjetra izazvane jugom ili burom ublaže do središta Istre. No ta postaja je smještena u udolini te to također može biti povezano sa lokalnim efektom.



Slika 107. Godišnja razdioba brzine vjetra za meteorološku postaju Pazin (2002. - 2006.)

Čitavo područje Istre okarakterizirano je kao dio Hrvatske sa najučestalijim razvojem odnosno incijalizacijom konvektivnih sustava. Sukladno tome, na području Istre, a i Kvarnera učestale su tzv. konvektivne oborine. Iz tog područja provedeno je nekoliko istraživanja (npr. Mikuš i Strelec Mahović, 2014.) Prikazana je (Slika 108.) količina zamijećenih oblaka prema satelitskim slikama sa karakterističnim vrhom koji je posljedica vrlo jake uzlazne struje te u većini slučajeva nadvisuje granicu tropopauze (a) te broj električnog pražnjenja iz takvog tipa oblaka (b).



Slika 108. Količina karakterističnih oblaka (engl. *overshooting clouds*) koji u većini slučajeva nadvisuje granicu tropopauze (a), broj električnog pražnjenja iz takvog tipa oblaka (b), (Mikuš i Strelec Mahović, 2014.)

Takav tip oblaka karakterističan je za prijelaze kopno-more te više u toplije doba godine i prema provedenom istraživanju može se povezati njihova učestalost sa aktivnošću električnog pražnjenja (nevrijeme, veće brzine vjetra). Meteorološki uvjeti u kojem se takvi oblaci stvaraju te ispražnjuju iznimno su statički nestabilni. Statička nestabilnost atmosfere tijekom ljetnih mjeseci te ekstremne brzine vjetra tijekom zime osiguravaju nepogodno stanje atmosfere za dulje zadržavanje većih koncentracija onečišćujućih tvari. Disperzija onečišćenja u takvim situacijama je velika te se ono brže disipira u bližoj okolici izvora. Iako se naravno ovakvi slučajevi ne zadržavaju kontinuirano tijekom cijele godine zanimljiva je meteorološka karakteristika ovog područja koja prikazuje atmosfersko granični sloj kao vrlo promjenjiv tijekom cijele godine.

Karakteristično za ovo područje Hrvatske je prekogranično onečišćenje koje najvećim dijelom dominira iz sjeverne Italije. Ono se može javiti u specifičnim meteorološkim situacijama, primjerice kada onečišćenje nanoseno zapadnim strujanjem na šire područje Kvarnera (najčešće tijekom noći u sustavu obalne cirkulacije) bude zahvaćeno konvergentnim strujanjem iznad Istre tijekom dana te se ono nanosi na unutarnja područja (Prtenjak i sur, 2009, Prtenjak i Grisogono, 2005).

Antropogene godišnje agregirane emisije na području Republike Hrvatske prikazane su na prostornoj razlučivosti od $0,5^\circ$ (Slika 109.-Slika 112.). Podaci su prikupljeni unutar programa EMEP (eng. *European Monitoring and Evaluation Programme*) te su definirani na mreži razlučivosti 50×50 km koja pokriva Europu i djelomično Atlantski ocean (Gašparac, 2012). Emisijski podaci podijeljeni su u 11 sektora, ovisno o podrijetlu i načinu proizvodnje pojedine onečišćujuće tvari ili spoja. Dijele se na slijedeće kategorije (Tablica 38.)

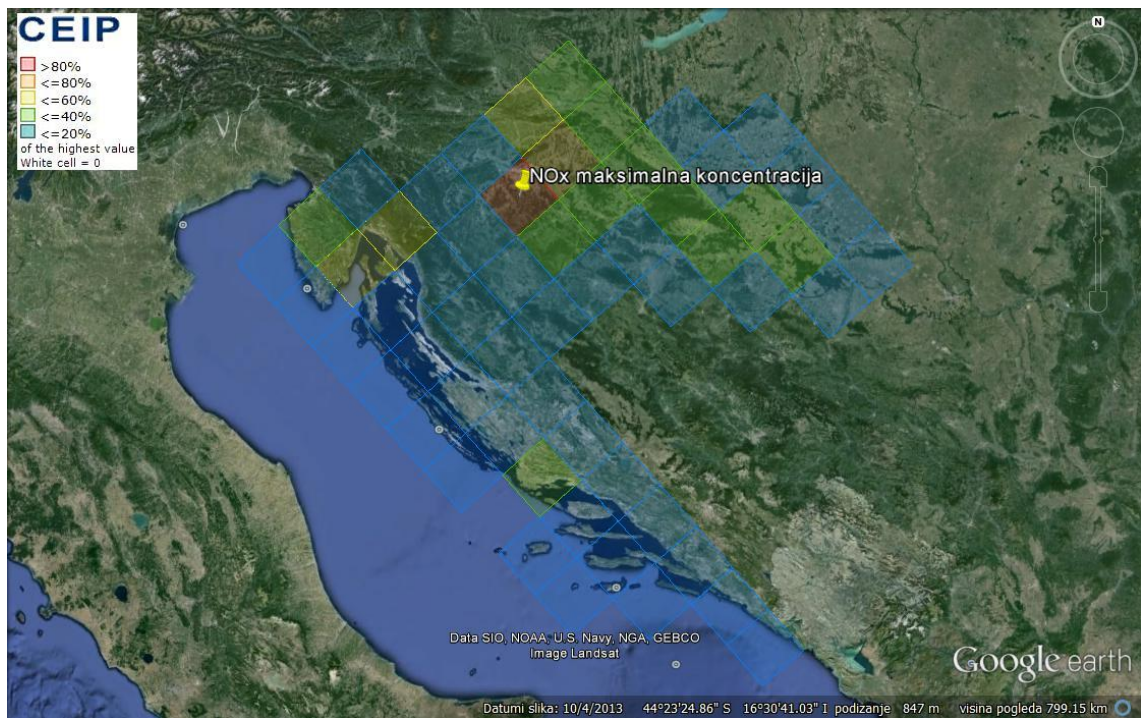
Tablica 38. Sektori antropogenih emisija unutar EMEP programa

Sektor	Opis
S1	Prilikom izgaranja u industriji i transformaciji energije (stacionarni izvori)
S2	Pri izgaranju u manufakturnim industrijama (stacionarni izvori)
S3	Pri izgaranju u malim postrojenjima (stacionarni izvori)
S4	Iz proizvodnih procesa (stacionarni izvori)
S5	Pri ekstrakciji i distribuciji fosilnih goriva i geotermalne energije
S6	Pri korištenju s otapalima
S7	Zbog prometa (cestovni promet)
S8	Zbog ostalog prometa
S9	Pri obradi i odlaganju otpada
S10	U poljoprivredi
S11	Na ostalim izvorima i ispustima

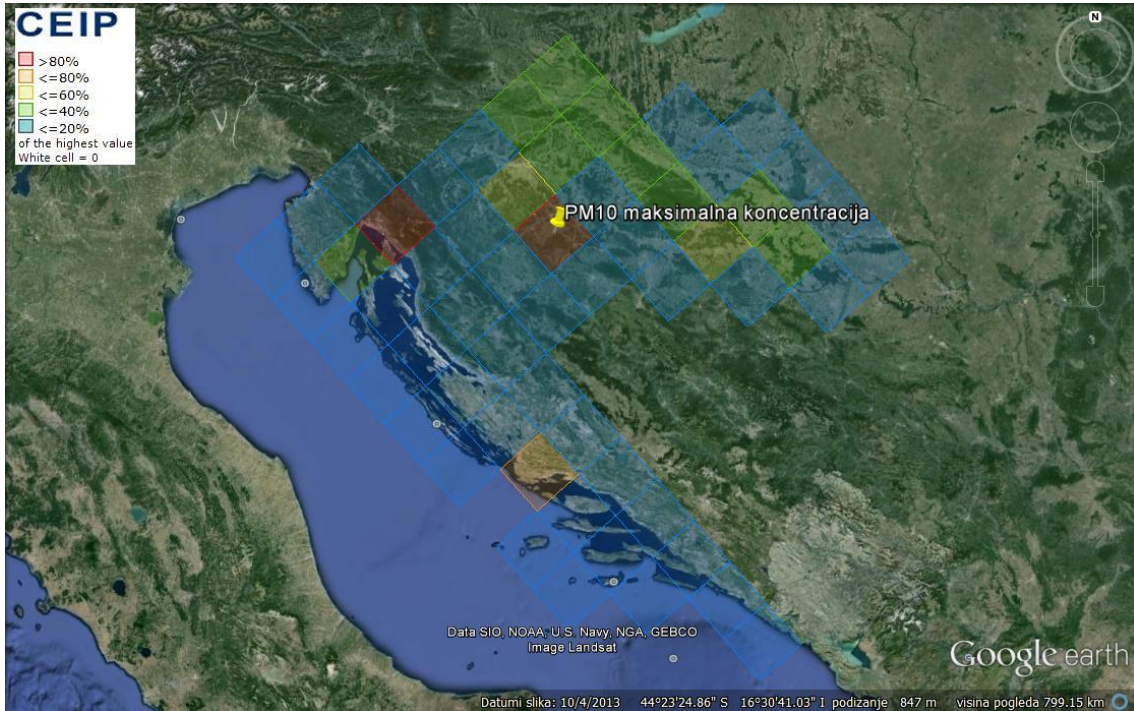
Svi podaci dostupni su na EMEP-ovim web stranicama <http://www.emep.int> za dvije različite horizontalne rezolucije, 50×50 km i $0,5^\circ \times 0,5^\circ$.

Iz navedenih slika (Slika 109.-Slika 112.) opaža se kako je onečišćenje NO_x spojevima i $\text{PM}_{2.5}$ česticama nad područjem Istarske županije manje od 40%, odnosno manje od 20% obzirom na SO_2 i PM_{10} od maksimalne koncentracije na području Republike Hrvatske. SO_2 spojevi i čestice

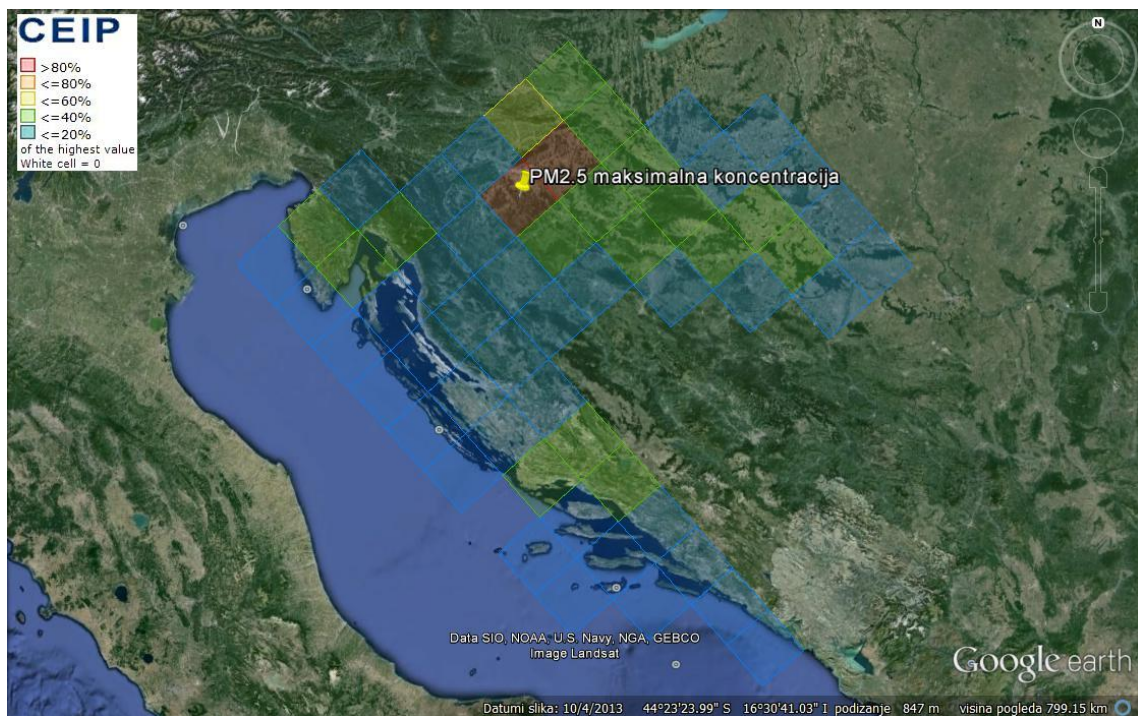
primarno nastaju u blizini većih gradova, industrijskih područja te erozijom vjetra s vodene površine, dok su NO_x spojevi dominantni iz zračnog, kopnenog i pomorskog prometa.



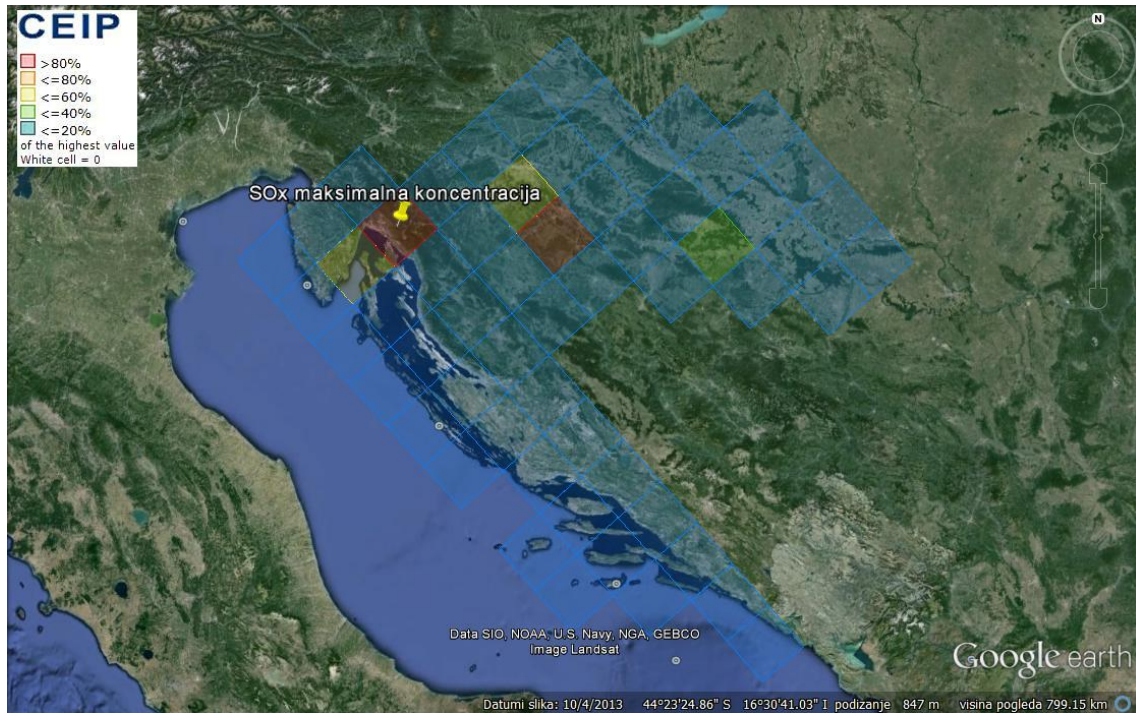
Slika 109. Antropogene agregirane NO_x emisije (izraženog kao NO_2) unutar ćelije prostorne razlučivosti $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ prikazane u postocima u odnosu na maksimalnu koncentraciju za 2012. godinu.



Slika 110. Antropogene agregirane SO₂ emisije unutar ćelije prostorne razlučivosti 0,5° x 0,5° prikazane u postocima u odnosu na maksimalnu koncentraciju 2012. godinu.

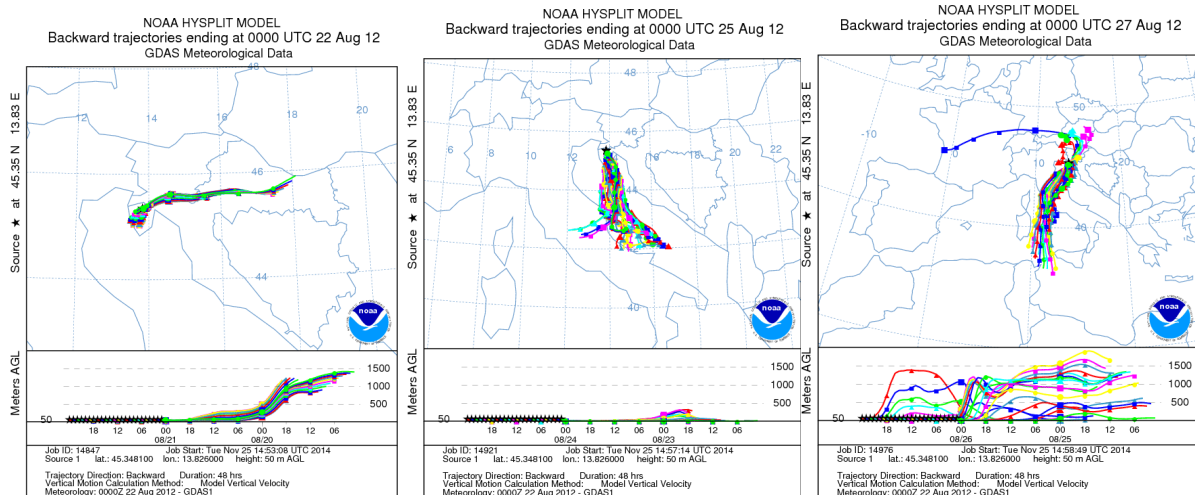


Slika 111. Antropogene agregirane PM₁₀ emisije unutar ćelije prostorne razlučivosti 0,5° x 0,5° prikazane u postocima u odnosu na maksimalnu koncentraciju 2012. godinu.



Slika 112. Antropogene agregirane PM₂₅ emisije unutar ćelije prostorne razlučivosti 0,5° x 0,5° prikazane u postocima u odnosu na maksimalnu koncentraciju 2012. godinu.

Prema zadnjem *Godišnjem izvještaju o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske, za 2012. godinu* na postaji Višnjan na kojoj se mjere koncentracije ozona te PM_{2.5} i PM₁₀, zrak je bio II kategorije obzirom na ozon te I kategorije obzirom na obje frakcije PM. Postaja Višnjan najbliža je mjerna postaja kvalitete zraka Motovunskoj šumi te obzirom na svoju karakteristiku pozadinske mjerne postaje može se očekivati da je zrak na lokaciji Motovunske postaje približno iste kvalitete. Srednje dnevne koncentracije ozona (110 µg/m³) bile su prekoračene 79 puta tijekom 2012. godine (prema tadašnjoj važećoj Uredbi bilo je dozvoljeno svega 7 puta) te je stoga prema ozonu zrak II kategorije kvalitete zraka. Kako ozon nije direktno emitiran u zrak nego je kreiran kemijskim reakcijama između oksida dušikovih spojeva (NO_x) i organskog ugljika (VOC) uz prisustvo Sunčevog zračenja kojeg ima više u toplijem dijelu godine, kada se prekoračenje i javlja. Nadalje, kako su glavni izvori NO_x i VOC upravo emisije iz industrije i prometa, povećanje ozona također može se povezati i sa povećanim udjelom prometa tijekom turističke sezone. To je jedan od načina tumačenja, a drugi može biti također daljinski transport koji je tijekom ovog poglavlja bio spomenut. Za pregled daljinskog transporta i izračun trajektorija (putanja) česti u posljednjih 48h od trenutka mjerenja korišten je Lagrangianski model Hysplit na temelju kojeg je napravljeno nekoliko proračuna (Slika 113.). Opaža se kako su u sva tri termina, iako vrlo blizu, putanje česti u posljednja 2 dana bile vrlo različite. To ukazuje na činjenicu da je transport čestica na promatrano područje moguć i iz drugih smjerova osim očekivanog zapadnog (sj. Italija). Za detaljni proračun i analizu svakako bi trebalo provesti opsežnije proračune sa složenijim modelima na finijim horizontalnim rezolucijama, kako bi se što bolje uveli u proračun lokalni uvjeti kompleksnog okolnog terena.



Slika 113. Rezultati numeričkog modela Hysplit - 48-satne trajektorija onečišćenja unazad obzirom na različiti početni dan simulacije, 22.08.2012. (lijevo), 25.08.2012. (sredina), 27.08.2012. (desno).

LITERATURA

- Gašparac, G. (2012): Modeliranje onečišćenja zraka u gradu Sisku sumpornim dioksidom. Hrvatski meteorološki časopis. Vol 46; str 3-25
- Jeričević, A.; Vidič, S.; Kraljević, L.; Šporer Čanić, K.; Gugec, V. (2012): Ocjena kvalitete zraka na teritoriju Republike Hrvatske u razdoblju godine 2006. - 2010., prema EU DIREKTIVI 2008/50/EC, Državni hidrometeorološki zavod
- Mikuš, P.; Strelec Mahović, N. (2014): Characteristics of lightning activity in deep convective clouds with the overshooting tops. Croatian meteorological journal Vol 47; str 45 - 55
- Telišman Prtenjak, M.; Grisogono, B. (2005): Topographic flows at the north-eastern adriatic coast. Hrvatski meteorološki časopis, Vol. 40; str 427 - 431
- Telišman-Prtenjak, M.; Jeričević, A.; Kraljević, L.; Herceg-Bulić, I. Nitis, T.; Bencetić-Klaić, Z. (2009): Exploring atmospheric boundary layer characteristics in a severe SO₂ episode in the north-eastern Adriatic Atmospheric Chemistry and Physics, 9/13; str 4207-4519.
- www.ceip.at
- <http://www.emep.int>
- <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>

4 BIOLOŠKE ZAJEDNICE I VRSTE U TRENUTNIM UVJETIMA STANIŠTA

4.1 Šumske zajednice

Motovunska šuma, razvijena u dolini rijeke Mirne i njezine pritoke Butonige, predstavlja relikv središnjih nizinskih šuma kakve su pridolazile u dolinama jadranskih rijeka. Naime, premda se dolina rijeke Mirne nalazi u submediteranskoj vegetacijskoj zoni, u kojoj kao klimazonalna vegetacija prevladavaju šume hrasta medunca i bijeloga graba (*Quercus pubescenti-Carpinetum orientalis* Horvatić 1939), zbog specifičnih hidrološko-edafskih čimbenika i mikroreljefa karakterističnih za područje doline, kao paraklimaks su se razvile povremeno plavljene šume slične onima iz kontinentalnoga nizinskoga dijela Hrvatske, a u kojima prevladavaju hrast lužnjak i poljski jasen. Pod šumom je 1.065 ha (18 odjela), a odjeli 1-4, površine 276 ha, proglašeni su 1963. godine posebnim rezervatom šumske vegetacije.

Zbog specifičnosti i reliktnog karaktera vegetacije, Motovunska šuma je u prošlosti više puta fitocenološki analizirana:

Godina	Zaključak
1954.	Wraber je opisuje kao <i>Querceto-Carpinetum quercetosum pedunculatae</i>
1956.	Fukarek je spominje kao <i>Querceto-Fraxinetum angustifoliae</i>
1960.	Bertović ju detaljnije opisuje kao <i>Fraxino angustifoliae-Quercetum roboris carpinetosum betuli</i>
1968.	pripremajući sintetsku tablicu za knjigu o vegetaciji jugoistočne Europe (Horvat, Glavač i Ellenberg 1974), Bertović je navodi kao <i>Carpino betuli-Quercetum roboris submediterraneum</i>
1987.	na temelju Bertovićevog opisa i 13 fitocenoloških snimaka, Bertović i Lovrić mijenjaju naziv u <i>Rusco aculeati-Quercetum roboris</i> Bertović (1975) 1985, svrstavši navedenu zajednicu u svezu <i>Carpinion betuli</i> i red <i>Fagetalia</i>

Kako prethodno navedeni nazivi nisu bili u skladu s Kodeksom fitocenološke nomenklature, Trinajstić je 2008. godine na temelju Bertovićevih istraživanja opisao asocijaciju *Carici pendulae-Quercetum roboris*, no bez fitocenoloških analiza i potrebnih podataka. S druge strane, Vukelić i dr. (2008) smatraju da je riječ o poplavnoj asocijaciji poljskoga jasena i hrasta lužnjaka s visećim šašem (*Carici pendulae-Fraxinetum angustifoliae*), ustanovljenoj u donjim tokovima nekih talijanskih rijeka. Te zajednice pripadaju svezi *Alno-Quercion roboris*, odnosno *Alnion incanae*, čime je Motovunska šuma bitno drugačije određena nego što su to učinili prijašnji istraživači.

Već je spomenuto da razvoj i sastav vegetacije Motovunske šume, kao i svih nizinskih šuma, ovisi o osobinama mikroreljefa, odnosno o različitom intenzitetu vlaženja (podzemna, poplavna, oborinska voda). Također, slivno područje Mirne obraslo je klimazonalnom submediteranskom vegetacijom (tj. različitim degradacijskim stadijima šume hrasta medunca), stoga se u sklopu vegetacije Motovunske šume pojavljuju pojedini njeni elementi koji imaju široku ekološku valenciju s obzirom na vodu kao ekološki faktor. Već Bertovićevih 13 snimaka upućuje na specifičnost i heterogenost flornoga sastava u kojem se stalnošću ističu:

<p>od vrsta viših i ocjeditih staništa (sveza <i>Carpinion</i>, red <i>Fagetalia</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Carpinus betulus</i> L., - <i>Acer campestre</i> L., - <i>Lonicera caprifolium</i> L., - <i>Corylus avellana</i> L., - <i>Carex sylvatica</i> Huds., - <i>Primula vulgaris</i> Huds., - <i>Hedera helix</i> L., - <i>Prunus spinosa</i> L., - <i>Pyrus pyraeaster</i> Burgsd., - <i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex Boreau, - <i>Euphorbia dulcis</i> L., - <i>Pulmonaria officinalis</i> L., - <i>Listera ovata</i> (L.) R.Br., - <i>Vinca minor</i> L.;
<p>od termofilnih vrsta (red <i>Ouercetalia pubescentis</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Ruscus aculeatus</i> L., - <i>Ligustrum vulgare</i> L.;
<p>od vrsta vrlo vlažnih i poplavnih staništa (sveza <i>Alnion incanae</i> = <i>Alno-Quercion roboris</i> i <i>Alnion glutinosae</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Quercus robur</i> L., - <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl, - <i>Ulmus minor</i> Miller, - <i>Lysimachia nummularia</i> L., - <i>Ranunculus repens</i> L., - <i>Rubus caesius</i> L., - <i>Frangula alnus</i> Mill., - <i>Viburnum opulus</i> L., - <i>Carex remota</i> L., - <i>C. pendula</i> Huds., - <i>Listera ovata</i> (L.) R.Br. i dr.

U depresijama, primjerice u odsjeku 4a raste tako čista 30-godišnja sastojina poljskoga jasena, a na samo nešto višim i sušim položajima prevladava hrast lužnjak sa značajnim udjelom jasena. Na još izdignutijim položajima rastu grab i klen s udjelom preko 15 %. Tako heterogen florni sastav osim što ukazuje na znatne ekološke razlike pojedinih mikrolokaliteta, također ističe nemogućnost obuhvaćanja cijeloga područja samo jednom biljnom zajednicom te sugerira da je vegetacijska obilježja moguće ustanoviti tek sustavnim istraživanjima na cijeloj površini Motovunske šume.

Vukelić i sur (2008) izdvaja da sastojine u dolini rijeke Mirne imaju veliku ekološku, hidrološku, estetsku, turističku, gospodarsku i rekreativnu vrijednost, te da stoga zahvati u njima moraju biti usmjereni samo njezinoj obnovi i očuvanju stabilnosti. Međutim, Motovunska šuma je prilično degradirana tijekom prošlog stoljeća:

- konverzijom prirodnih sastojina s prevlašću hrasta lužnjaka u kulture hibridnih topola (1960-ih) - euroameričke topole zauzimale su otprilike 16 % šume (Prpić 1980);
- izgradnjom nove ceste i novoga korita rijeke Mirne (u razdoblju od 1971. do 1974. godine); te



- sječom pojedinih dijelova šume zbog njezina pretvaranja u akumulacijsko jezero Butoniga i predviđenu intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju (u razdoblju od 1981. do 1987. godine).

Nadalje, Prpić 1980. godine navodi da je nizinski brijest (sin. poljski brijest; *Ulmus carpiniifolia* Gleditsch., sin.: *Ulmus minor* Miller) nekad bio vrlo zastupljen u sastojinama Motovunske šume (čak do 30 - 40 %, a u pojedinim sastojinama i do 70 %), no potom je, kao i u drugim nizinskim šumama, gotovo nestao zbog epidemije holandske bolesti brijesta (*Ceratocystis ulmi*), što je dovelo do suših i toplijih uvjeta u srednjedobnim i starim sastojinama, odnosno do promjene šumske fitoklime.

Prpić (1980) naglašava da je kao posljedica svega navedenog došlo do znatnih promjena hidroloških uvjeta što je mjestimično, prvenstveno zbog regulacije korita, rezultiralo padom razine podzemnih voda i pojavom suših uvjeta. S druge strane, višak se vlage pojavio zbog :

- prekida kontinuiteta starog korita rijeke Mirne uslijed izgradnje cesta, čime je onemogućeno otjecanje oborinske vode (Prpić 1980),
- praga na ulazu Stare Mirne u kanal Gradinje koji je doveo do usporene evakuacije preljevnih voda izvora Bulaž (Santin 1999) te
- prelijevanja vodnih valova reguliranog korita Mirne za vrijeme visokih vodostaja na najzapadnijem dijelu korita Stare Mirne (Santin 1999).

Za praćenje stanja Motovunske šume, na površini od 400 m² unutar odsjeka 3c, 1989. godine je osnovana trajna ploha br. 95 te je kao uzgojni oblik šume navedena visoka šuma. U svibnju 1989. i lipnju 1995. godine analiziran je florni sastav plohe, a usporedbom dobivenih rezultata uočen je pad brojnosti i pokrovnosti većine vrsta koje pridolaze u sloju drveća i grmlja. Najznačajnija iznimka je vrsta *Carpinus betulus* L. koja pridolazi na ocjeditijim sušim položajima. Pritom je bitno imati na umu da bi se manje promjene, odnosno prisutnost/odsutnost pojedinih vrsta mogle dijelom objasniti subjektivnošću metode, kao i eventualnom prostornom greškom u promatranim plohama.

Na manjoj površini (odsjek 4b) sađen je močvarni taksodij (*Taxodium distichum*) 1930-ih i 1980-ih, a koji i danas pokazuje dobar prirast (do 25 m³/ha godišnje), kvalitetu i prirodno pomlađivanje.

Povijesni pregled gospodarenja Motovunskom šumom

Prema dostupnim podacima, Motovunska šuma je od najstarijih vremena (prije Rimskog Carstva) pripadala državnim šumama pa su sječa i gospodarenje bili uređeni posebnim zakonima. Krajem 13. stoljeća potpala je pod upravu Republike Venecije. S obzirom da je iz nje crpila kvalitetnu brodarsku građu (uključujući građevni materijal za ratnu mornaricu), do kraja svoje uprave (kraj 18. stoljeća) Venecija je Motovunskoj šumi pridavala veliku važnost - postojalo je strogo državno gospodarenje, propisane su stroge kazne za nanošenje štete šumskoj vegetaciji, a izgrađena je i mreža šumskih kanala s ciljem melioracije i povećanja produkcije kvalitetnog drveta. S time da su radi izgradnje brodova trebali zakrivljeno drvo te su nje govali kriva i rašljava stabla s velikom krošnjom.



Zatim Motovunskom šumom upravlja Francuska. Za vrijeme francuske uprave melioracijski kanali su napušteni, što dovodi do zamočvarenja tla i sušenja izvorne šume, a posječene su i velike površine pod šumskom vegetacijom.

Početak 19. stoljeća upravu preuzima Austro-Ugarska Monarhija te Motovunska šuma ponovno postaje dobro od državnog interesa. Međutim, tek 1835. godine, nakon imenovanja Josipa Ressela za upravitelja državnih šuma predmetnog područja, dolazi do razvijanja sustava obnove mreže šumskih kanala. Međutim, austrijska vlast je strogo poštivala privatno vlasništvo te je gospodarenje okolnim privatnim šumama prepustila njihovim vlasnicima što je rezultiralo sječom većih površina okolnih privatnih šuma te uzrokovalo povećanu eroziju zemljišta i dopremanje većih količina riječnog nanosa bujičnim tokovima na područje Motovunske šume što se negativno odrazilo na šumsku vegetaciju.

Potom upravu Motovunskom šumom preuzima talijanska vlast koja je gotovo u cijelosti očuvala postojeće šumske površine. Italija je uvela šumsku policiju, koja je nadzirala i privatne i državne šume te kazne za prekršitelje. Međutim, zbog svjetske krize dio Motovunske šume u tom je razdoblju posječen i zamijenjen plantažama brzorastućih topola, traženih u industriji celuloze.

Padom Italije, u razdoblju između dva rata, stanje je bilo poprilično kaotično - programa gospodarenja nema, a sječe su stihijske. Nakon II. svjetskog rata, točnije 60-tih godina 20. stoljeća, sama struktura Motovunske šume je bitno izmijenjena uslijed pojave holandske bolesti brijesta i gotovo potpunog nestanka nizinskog brijesta (sin. poljski brijest) iz šumskih sastojina što je dovelo do promjene šumske fitoklime (Prpić 1975.).

U to vrijeme Motovunskom šumom upravlja Socijalistička Republika Hrvatska koja krajem navedenog desetljeća prenosi pravo upravljanja na poljoprivredne subjekte, s izuzetkom odjela 1, 2, 3 i 4 koji su 1963. godine zaštićeni kao specijalni rezervat šumske vegetacije. Nova uprava također donosi odluku o pretvorbi Motovunske šume u oranice i pašnjake. Usprkos nastojanjima da se šuma očuva, započelo je krčenje, no tadašnja mehanizacija nije bila u mogućnosti iskrčiti panjeve i duboka žilišta hrastovih stabala te se odustalo od prenamjene zemljišta. Svake godine, naime, vode su nanosile tla debljine 1 do 2 cm te je tlo uz žilište u stogodišnjoj šumi "naraslo". Nadalje, izgradnjom nove ceste i novoga korita rijeke Mirne (1971. - 1974. godine) te akumulacijskog jezera Butoniga (1987. godine) dodatno su degradirane šumske sastojine. Navedeni zahvati doveli su do promjene hidroloških prilika na području Motovunske šume, pri čemu je došlo do sniženja razina podzemne vode, što je najviše naštetilo stablima unutar srednjedobnih i starih sastojina (tj. stablima iznad polovice starosti ophodnje). Naime, korijenova mreža srednjedobnih i starih stabala nije u mogućnosti prilagoditi se novim vodnim uvjetima u rizosferi te je došlo do njihovog fiziološkog slabljenja i sušenja. Kako nisu postojali, ili nisu sačuvani, Programi i Osnove gospodarenja, nije poznat opseg sušenja stabala. S druge strane, zapuštanje mreže šumskih kanala dovelo je do zabarivanja, pa čak i zamočvarenja pojedinih dijelova Motovunske šume. Do zamočvarenja je također došlo i na dijelovima Motovunske šume, koje su iskrčene zbog privođenja poljoprivredi, gdje se zbog retencijske sposobnosti Motovunske šume pojavio višak vode (Prpić 1997.).

Otprilike 1100 ha, koliko je preostalo, danas je pod Upravom šuma podružnica Buzet, "Hrvatske šume", d.o.o. Zagreb., s time da je na području Posebnog rezervata šumske vegetacije Motovunska šuma, koji zauzima površinu od oko 276 ha, zabranjen bilo kakav



zahvat bez suglasnosti Javne ustanove za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode istarske županije „Natura Histrica“.

U nastavku teksta dan je pregled podataka o gospodarenju područjem Motovunske šume od kraja 19. stoljeća do danas:

Godina (Period)	Stanje
1879.	- izrađen prvi Program gospodarenja za gospodarsku jedinicu "Mirna" za razdoblje od 1879. - 1888. godine i sačuvan u Katedri za uređivanje šuma Šumarskog fakulteta u Zagrebu;
1889. - 1933.	- programi ili osnove gospodarenja redovito su se izrađivali za navedeno razdoblje, no izgubljeni su te su podaci poznati samo iz tablica u sačuvanim programima;
1932.	- izrađena je Osnova gospodarenja za period od 1933. - 1942. godine koja je obuhvaćala područje današnje g.j. „Mirna“ i područje Corneria (današnja Kornarija, sastavno područje g.j. „Oprtalj“ šumarije Buje) - jedan primjerak Programa gospodarenja iz talijanskih vremena (Piano di assestamento per il decennio 1933-1942) sačuvan je u Centru za povijesna istraživanja u Rovinju (Centro di ricerche storiche);
1959. - 1968.	- razdoblje obuhvaćeno prvom idućom gospodarskom osnovom;
1968. - 1986.	- nakon isteka prethodno navedene Osnove nije izvršena revizija, već je dugi niz godina područjem gospodareno na temelju godišnjih planova kojima se izgubio trag stoga nema podataka o izvršenju prethodnih osnova;
1986. - 1991.	- za navedeno razdoblje postoje sačuvana Izvršenja godišnjih planova;
1991. - danas	- u navedenom periodu redovito su izrađivani programi gospodarenja te su dostupni Programi gospodarenja za period od 1991. - 2000., 2001. - 2010. te posljednji za period od 2011.-2020. godine.

Međutim, koliko god precizno mjereni, podaci prikazani u Osnovama nisu dovoljno detaljni za analize koje je bilo potrebno provesti tijekom ovog projekta. Naime, sporedne vrste, bitne za razlikovanje i uočavanje promjena, u Osnovama su svrstavane u kategorije „ostala tvrda bjelogorica“ (OTB), odnosno „ostala meka bjelogorica“ (OMB). Nadalje, nije poznat prostorni raspored samih vrsta unutar odsjeka te da li je izmjera provedena na istim površinama u 1991., 2001. i 2011. godini.

4.1.1 Karakteristike šumskih sastojina

Na području obuhvata projekta nalazi se 784,29 ha šuma i šumskog zemljišta (Tablica 39.) koje se nalaze u sklopu gospodarske jedinice državnih šuma „Mirna“. Malo više od polovice površine je uređajnog razreda sjemenjače hrasta lužnjaka, a skoro trećina površine je pod uređajnim razredom sjemenjače poljskog jasena. Desetina promatrane površine se nalazi pod kulturama topole koje se nalaze u zapadnom dijelu gospodarske jedinice tj. u donjem toku Mirne (Slika 114.). Neobraslo proizvodno zemljište su čistine na kojima je nekad postojala šumska vegetacija, a neobraslo neproizvodno zemljište se odnosi na površine pod prosjekama, dalekovodima te vodovodom.

Od ukupne površine, 31,16% se nalazi unutar Šuma posebne namjene (ŠPN) tj. unutar strogog rezervata šumske vegetacije, gdje su šumskouzgojni radovi vrlo ograničeni i služe samo održavanju postojećeg stanja.

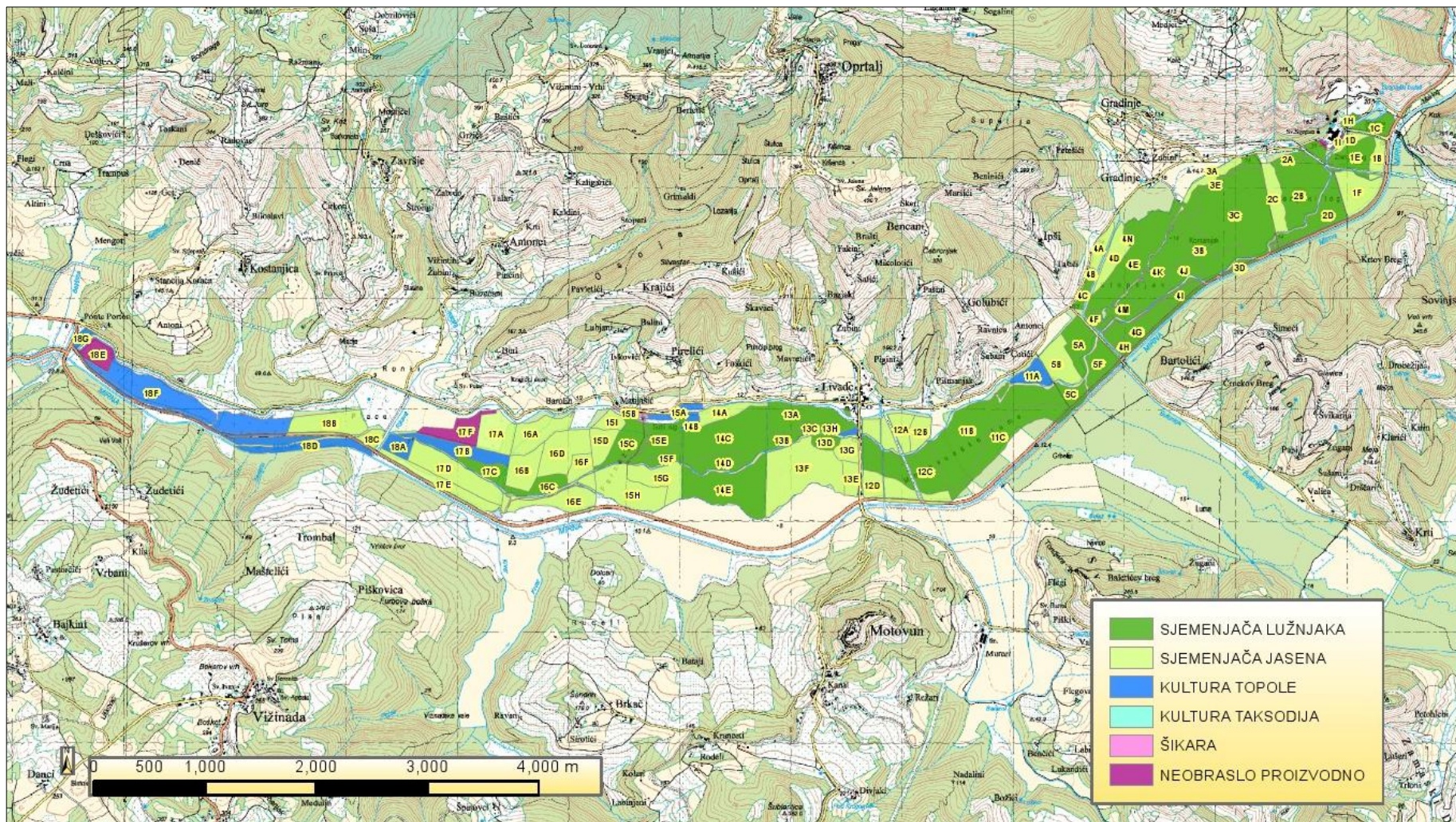
Tablica 39. Razdioba površina prema uređajnim razredima u Motovunskoj šumi - Gospodarska jedinica Mirna

Uređajni razred	Površina UR (ha)	Udio UR (%)	ŠPN (ha)	UDIO ŠPN U UR (%)
SJEMENJAČA LUŽNJAKA	415.88	53.03	200.9	48.31
SJEMENJAČA JASENA	254.64	32.47	31.85	12.51
KULTURA TOPOLE	73.17	9.33	0.00	0.00
KULTURA TAKSODIJA	0.63	0.08	0.63	100.00
ŠIKARA	1.55	0.20	0.00	0.00
NEOBRASLO PROIZVODNO	15.33	1.95	0.89	5.81
NEOBRASLO NEPROIZVODNO	23.09	2.94	10.13	43.87
Ukupno	784.29	100.00	244.4	31.16

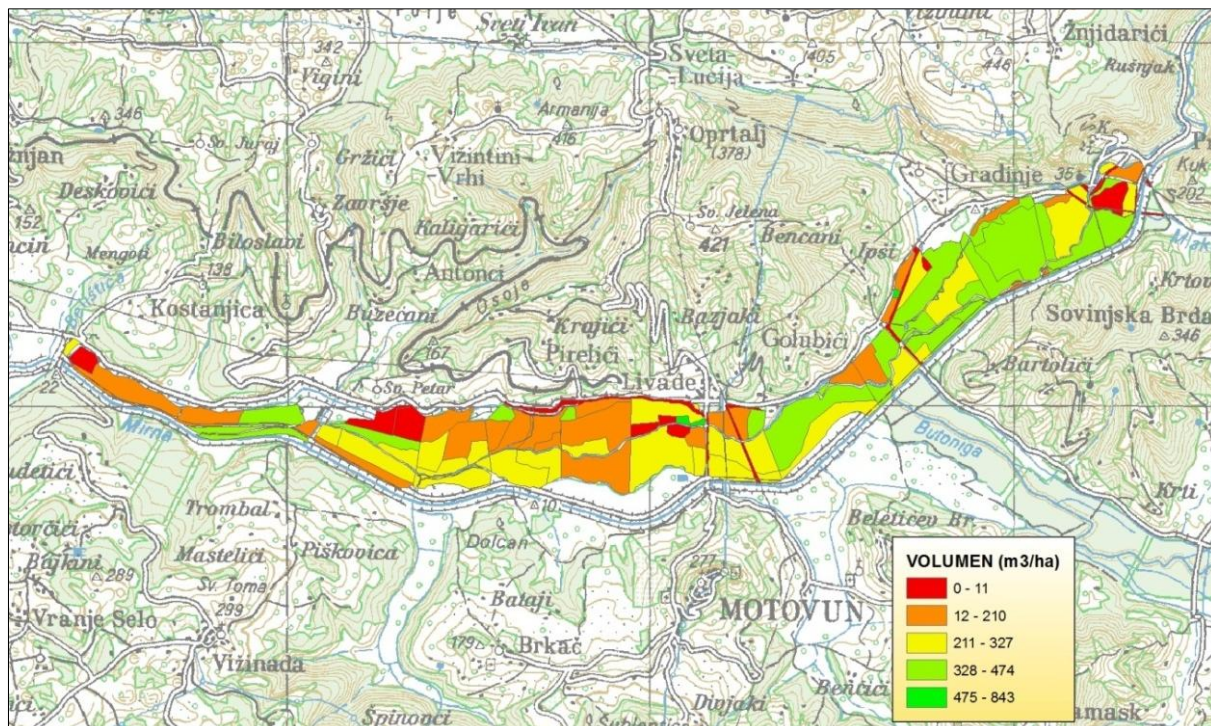
Drvena zaliha, prirasti i broj stabala po uređajnim razredima ukupno i po jedinici površine prikazani su u donjoj tablici (Tablica 40.). Slika 115. prikazuje razdiobu prosječnog volumena po hektaru po odsjecima, a Slika 116. prikazuje prosječni broj stabala po odsjecima.

Tablica 40. Drvena zaliha, prirast i broj stabala po uređajnim razredima ukupno i po hektaru u Motovunskoj šumi -Gospodarska jedinica Mirna

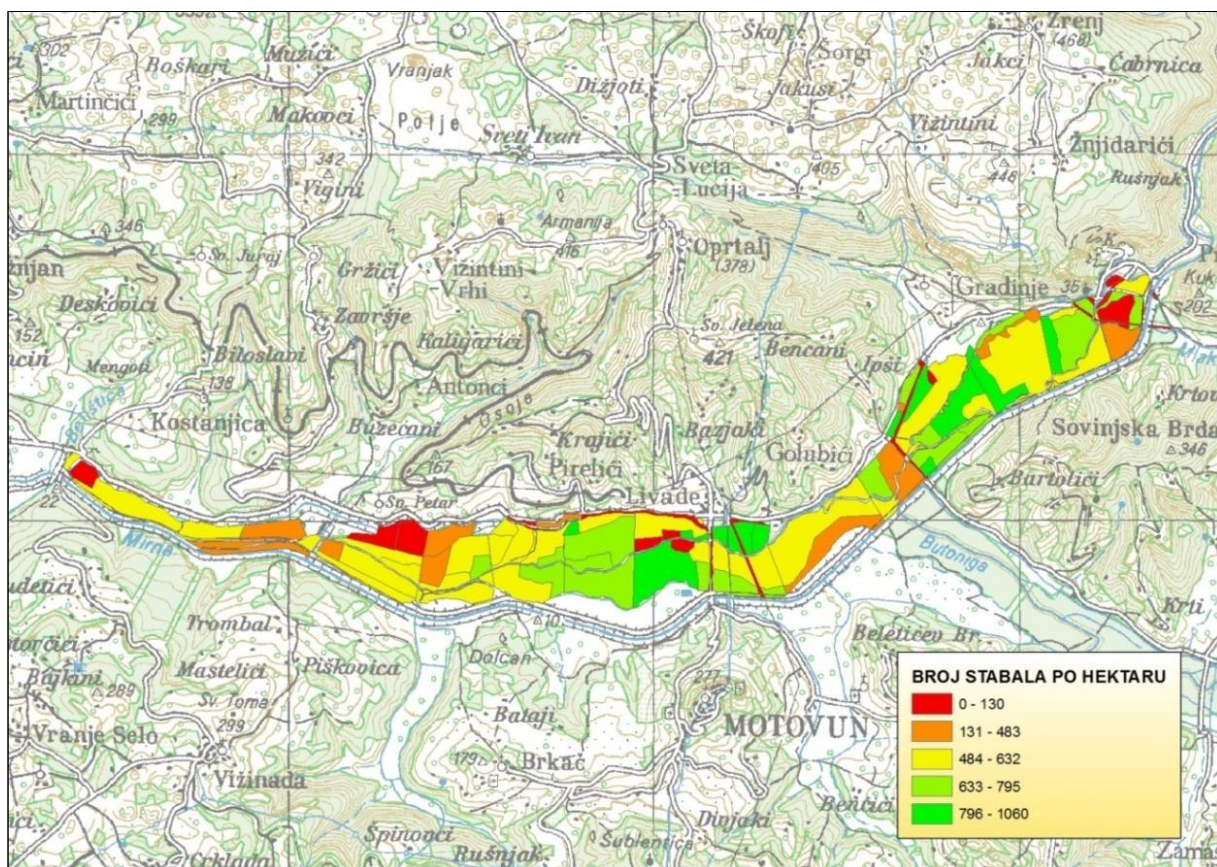
Uređajni razred	Površina UR (ha)	Ukupni volumen UR (m ³)	Volumen UR po hektaru (m ³)	Ukupni prirast UR (m ³)	Prirast UR po hektaru (m ³)	Ukupni broj stabala u UR	Broj stabala UR po hektaru
SJEMENJAČA LUŽNJAKA	415.88	130371	313	3660.3	8.8	245112	589
SJEMENJAČA JASENA	254.64	59537	234	2156.4	8.5	158036	621
KULTURA TOPOLE	73.17	16232	222	576.4	7.9	39509	540
KULTURA TAKSODIJA	0.63	531	843	9.2	14.6	164	260
ŠIKARA	1.55		0		0.0		0
NEOBRASLO PROIZVODNO	15.33		0		0.0		0
NEOBRASLO NEPROIZVODNO	23.09		0		0.0		0
Ukupno	784.29	206671	264	6402.3	8.2	442821	565



Slika 114. Razdioba površina prema uređajnim razredima (Prikaz na A3 formatu nalazi se u Prilogu 9. - Knjiga priloga I)



Slika 115. Prosječan volumen po odsjecima u Motovunskoj šumi - Gospodarska jedinica Mirna

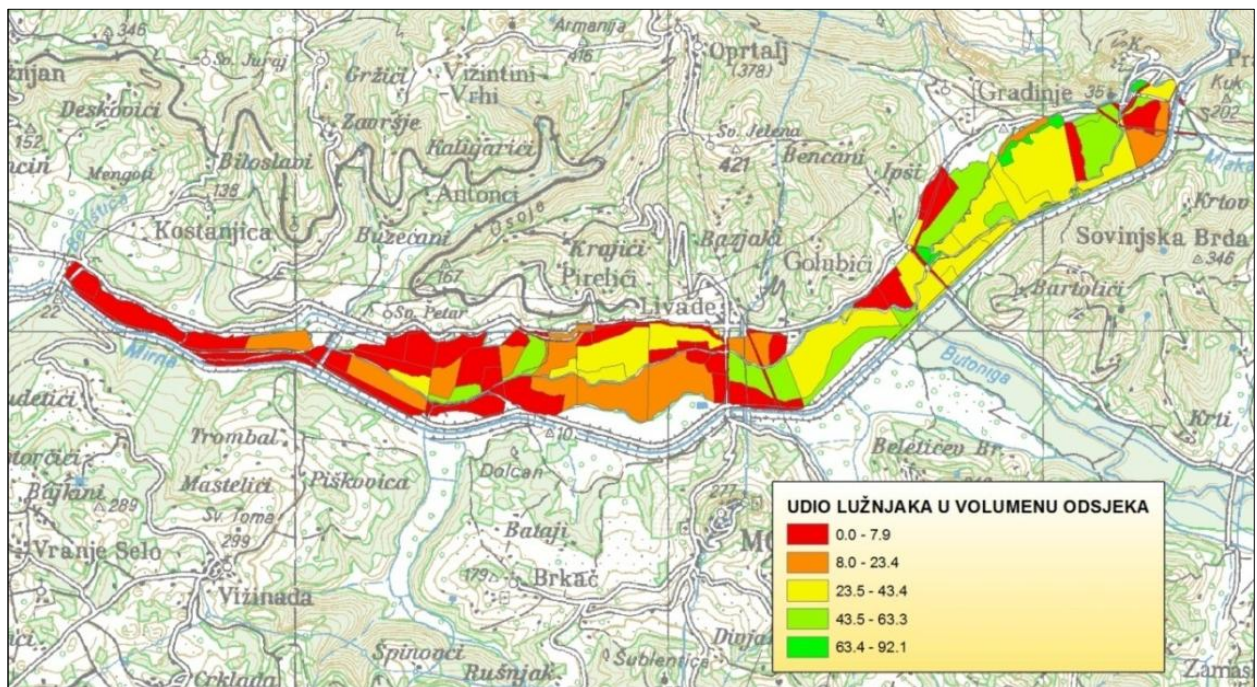


Slika 116. Prosječan broj stabala po odsjecima u Motovunskoj šumi - Gospodarska jedinica Mirna

Uspoređujući vrijednosti razdioba površina prema uređajnim razredima (Tablica 39.) sa ukupnim drvnim zalihama, prirasta i broja svih stabala po uređajnim razredima po hektaru (Tablica 40.), omjeri i vrijednosti su uglavnom očekivane. No detaljnijom analizom su analizirani udjeli pojedinih vrsta (u ovom slučaju hrasta lužnjaka) unutar samog uređajnog razreda (Tablica 41. i Slika 117.). Unutar uređajnog razreda hrasta lužnjaka, glavna vrsta hrast lužnjak čini samo 40 % (u rasponu od 8 do 92 %) ukupne drvene zalihe uređajnog razreda, a što upućuje na to da je odnos i pridolazak vrsta poremećen. A činjenica da jedna petina stabala nosi dvije petine ukupne drvene zalihe uređajnog razreda sjemenjače hrasta lužnjaka, upućuje na to da su to većinom starija i stara, tj. zrela i prezrela stabla te da im je smanjen broj stabala u nižim debljinskim stupnjevima. Upravo su ta stabla osjetljiva na trajnije promjene vodnih režima, jer su se razvijala u drukčijim uvjetima vlaženja.

Tablica 41. Ukupni volumen, prirast te broj stabala hrasta lužnjaka unutar uređajnog razreda u Motovunskoj šumi - Gospodarska jedinica Mirna

Uređajni razred	Ukupni vol. UR (m ³)	Vol. lužnjaka u UR (m ³)	Udio vol. lužnjaka (%)	Ukupni prirast UR (m ³)	Prirast lužnjaka u UR (m ³)	Udio prirasta lužnjaka (%)	Ukupni broj stabala u UR	Broj stabala lužnjaka u UR	Udio stabala lužnjaka (%)
SJEMENJAČA LUŽNJAKA	130371	53572	41.09	3660.3	1149.1	31.39	245112	48817	19.92
SJEMENJAČA JASENA	59537	5100	8.57	2156.4	145.6	6.75	158036	8679	5.49
KULTURA TOPOLE	16232	3	0.02	576.4	0	0.00	39509	18	0.05
KULTURA TAKSODIJA	531		0.00	9.2		0.00	164		0.00
Ukupno	206671	58675	28.39	6402.3	1294.7	20.22	442821	57514	12.99





Slika 117. Udio volumena hrasta lužnjaka unutar odsjeka u Motovunskoj šumi -Gospodarska jedinica Mirna

Šumskim sastojinama na području Motovunske šume gospodari se regularnim gospodarenjem tj. gospodari se s jednodobnim sastojinama različitih starosti (Tablica 42.). Sjemenjačama lužnjaka i jasena se gospodari ophodnjom od 140 godina tj. 80 za sjemenjaču jasena i kulturu taksodija, stoga je širina dobnog razreda 20 godina, a kulturom topole se gospodari ophodnjom od 30 godina, stoga je širina dobnog razreda 5 godina.

U nastavku je dan prikaz podataka vezanih uz površine (Tablica 43.), prosječne drvene zalihe (Tablica 44.) i prosječne priraste u uređajnim razredima GJ Mirna (Tablica 45.) razdijeljen prema dobnim i uređajnim razredima te prema kazetama.

Kazete su određene na osnovu prostornog rasporeda lokalnih prometnica koje sijeku GJ Mirna na tri jasna i odvojena dijela. Prva kazeta je najzapadnija i postavljena je od kraja GJ Mirna do prometnice brza cesta-Livade. Druga kazeta se proteže od navedene prometnice na istoku do prometnice koja spaja brzu cestu s prometnicom Livade-Gradinja, dok je treća kazeta najistočnija, tj pruža se od prometnice Livade-Gradinja do Istarskih toplica.

Tablica 42. Starosti sastojina u određenom dobnom razredu s obzirom na različite širine dobnog razreda (kod topola je širina dobnog razreda 5 godina, a kod ostalih 20 godina)

Dobni razred	Širina dobnog razreda 20 godina	Širina dobnog razreda 5 godina
0		
1	0-20 godina	0-5 godina
2	21-40 godina	6-10 godina
3	41-60 godina	11-15 godina
4	61-80 godina	16-20 godina
5	81-100 godina	21-25 godina
6	101-120 godina	26-30 godina
7	preko 121 godina	preko 31 godina

Promatrajući starost i površinu prema uređajnim razredima, uočavamo da su u 3. kazeti pretežno razvijene starije i stare sastojine, što je u stvari područje Posebnog rezervata šumske vegetacije (Tablica 43.). Slična situacije je također u 2. kazeti, koja je površinski najmanja od kazeta, dok su u 1. kazeti sve sastojine mlađe od 80 godina.

Tablica 43. Razdioba površine GJ Mirna u sklopu obuhvata ovog projekta prema uređajnim i dobnim razredima te kazetama

Kazeta broj	Uredajni razred	Dobni razred								Ukupno (ha)
		0	1	2	3	4	5	6	7	
I	SJEM. LUŽNJAKA	/	8.29	51.97	23.73	32.43	/	/	/	116.42
	SJEM. JASENA	/	10.40	82.20	80.64	12.66	/	/	/	185.90
	KULTURA TOPOLE	/	/	/	/	36.68	/	/	31.50	68.18
	ŠIKARA	1.55	/	/	/	/	/	/	/	1.55
	NEOB. PROIZ.	14.44	/	/	/	/	/	/	/	14.44
	NEOBR.NEPROIZ.	7.28	/	/	/	/	/	/	/	7.28
Ukupno Kazeta I		23.27	18.69	134.17	104.37	81.77			31.50	393.77
II	SJEM. LUŽNJAKA	/	/	/	/	7.49	17.88	/	73.19	98.56
	SJEM. JASENA	/	/	19.79	/	17.10	/	/	/	36.89
	KULTURA TOPOLE	/	/	4.99	/	/	/	/	/	4.99
	NEOBR. NEPROIZ.	5.68	/	/	/	/	/	/	/	5.68
	Ukupno Kazeta II		5.68		24.78		24.59	17.88		73.19
III	SJEM. LUŽNJAKA	/	1.05	2.10		51.84	27.58	11.38	106.95	200.90
	SJEM. JASENA	/	/	8.11	8.77	3.90	11.07	/	/	31.85
	KUL. TAKSDODIJA	/	/	/	/	0.63	/	/	/	0.63
	NEOB. PROIZV.	0.89	/	/	/	/	/	/	/	0.89
	NEOB. NEPROIZ.	10.13	/	/	/	/	/	/	/	10.13
	Ukupno Kazeta III		11.02	1.05	10.21	8.77	56.37	38.65	11.38	106.95
Sveukupno		39.97	19.74	169.16	113.14	162.73	56.53	11.38	211.64	784.29

Tablica 44. Razdioba prosječne drvene zalihe GJ Mirna u sklopu obuhvata ovog projekta prema uređajnim i dobnim razredima te kazetama

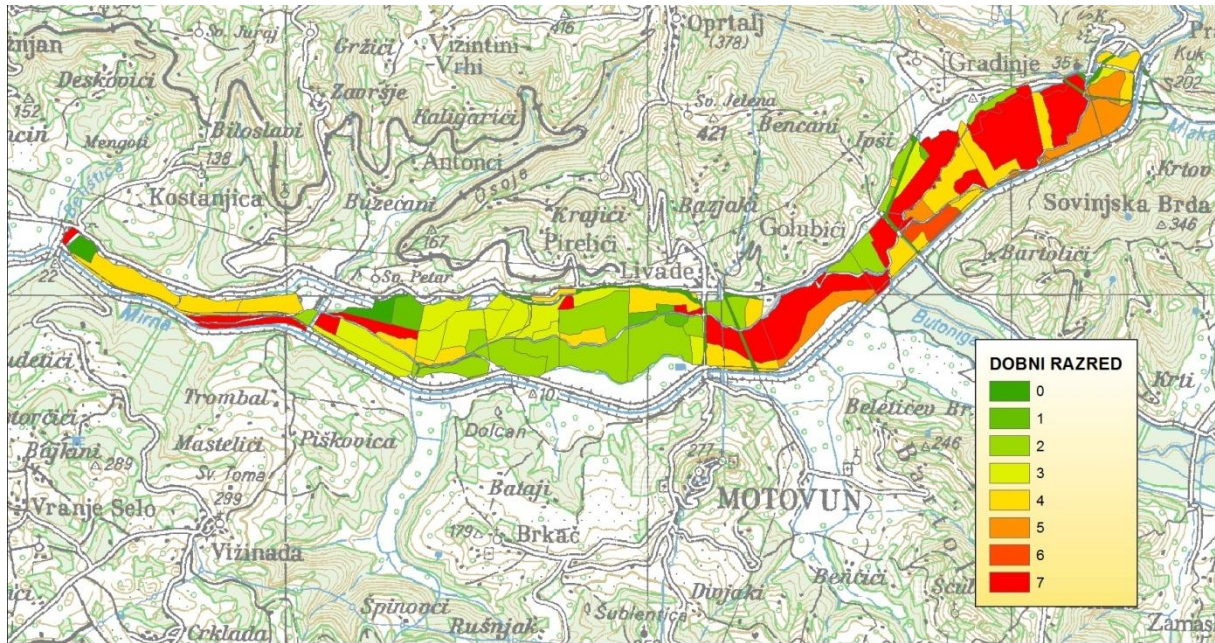
Kazeta broj	Uredajni razred	Dobni razred								Ukupno (m ³ /ha)
		0	1	2	3	4	5	6	7	
I	SJEM. LUŽNJAKA	/	/	175.22	198.23	276.84	/	/	/	195.74
	SJEM. JASENA	/	/	245.60	210.39	363.98	/	/	/	224.65
	KULTURA TOPOLE	/	/	/	/	103.98	/	/	368.73	226.30
	Ukupno Kazeta I		/	/	218.33	207.63	212.79	/	/	368.73
II	SJEM. LUŽNJAKA	/	/	/	/	312.02	237.02	/	391.52	357.45
	SJEM. JASENA	/	/	173.07	/	309.94	/	/	/	236.51
	KULTURA TOPOLE	/	/	160.92	/	/	/	/	/	160.92
	Ukupno Kazeta II		/	/	170.62	/	310.57	237.02	/	391.52
III	SJEM. LUŽNJAKA	/	/	160.95	/	339.64	300.40	418.01	386.78	360.14
	SJEM. JASENA	/	/	177.68	298.18	255.90	360.98	/	/	284.14
	KUL. TAKSDODIJA	/	/	/	/	842.86	/	/	/	842.86
	Ukupno Kazeta III		/	/	174.24	298.18	339.47	317.75	418.01	386.78
Sveukupno		/	/	208.68	214.65	271.45	292.22	418.01	385.73	263.51

Tablica 45. Razdioba prosječnog prirasta GJ Mirna u sklopu obuhvata ovog projekta prema uređajnim i dobnim razredima te kazetama

Kazeta broj	Uređajni razred	Dobni razred								Ukupno (m ³ /ha)
		0	1	2	3	4	5	6	7	
I	SJEM. LUŽNJAKA	/	/	7.77	7.75	10.82	/	/	/	8.06
	SJEM. JASENA	/	/	9.74	7.35	8.70	/	/	/	8.09
	KULTURA TOPOLE	/	/	/	/	4.26	/	/	12.15	7.91
	Ukupno Kazeta I	/	/	8.98	7.44	7.55	/	/	12.15	7.57
II	SJEM. LUŽNJAKA	/	/	/	/	10.40	6.80	/	9.70	9.23
	SJEM. JASENA	/	/	8.52	/	11.91	/	/	/	10.09
	KULTURA TOPOLE	/	/	7.49	/	/	/	/	/	7.49
	Ukupno Kazeta II	/	/	8.32	/	11.45	6.80	/	9.70	9.03
III	SJEM. LUŽNJAKA	/	/	6.81	/	11.50	7.63	8.90	8.32	9.02
	SJEM. JASENA	/	/	5.60	9.51	9.10	10.50	/	/	8.81
	KUL. TAKSDODIJA	/	/	/	/	14.60	/	/	/	14.60
	Ukupno Kazeta III	/	/	5.85	9.51	11.37	8.45	8.90	8.32	8.60
Sveukupno	/	/	8.69	7.60	9.46	7.93	8.90	9.37	8.16	

Promatrajući prosječnu drvenu zalihu i prirast, uređajni razredi hrasta lužnjaka u sve tri kazete imaju podjednake vrijednosti, dok su uređajnom razredu poljskog jasena vrijednosti u 3. kazeti najmanje. Potrebno je također istaknuti i kulturu močvarnog taksodija veličine 0,4 ha i starosti 80 godina, koja ima gotovo nevjerojatnih 850 m³/ha prosječne drvene zalihe.

Uočljivo je da je skoro polovica uređajnog razreda sjemenjače lužnjaka starosti preko 120 godina. To su pretežno površine Posebnog rezervata šumske vegetacije, izuzeta iz aktivnog gospodarenja.

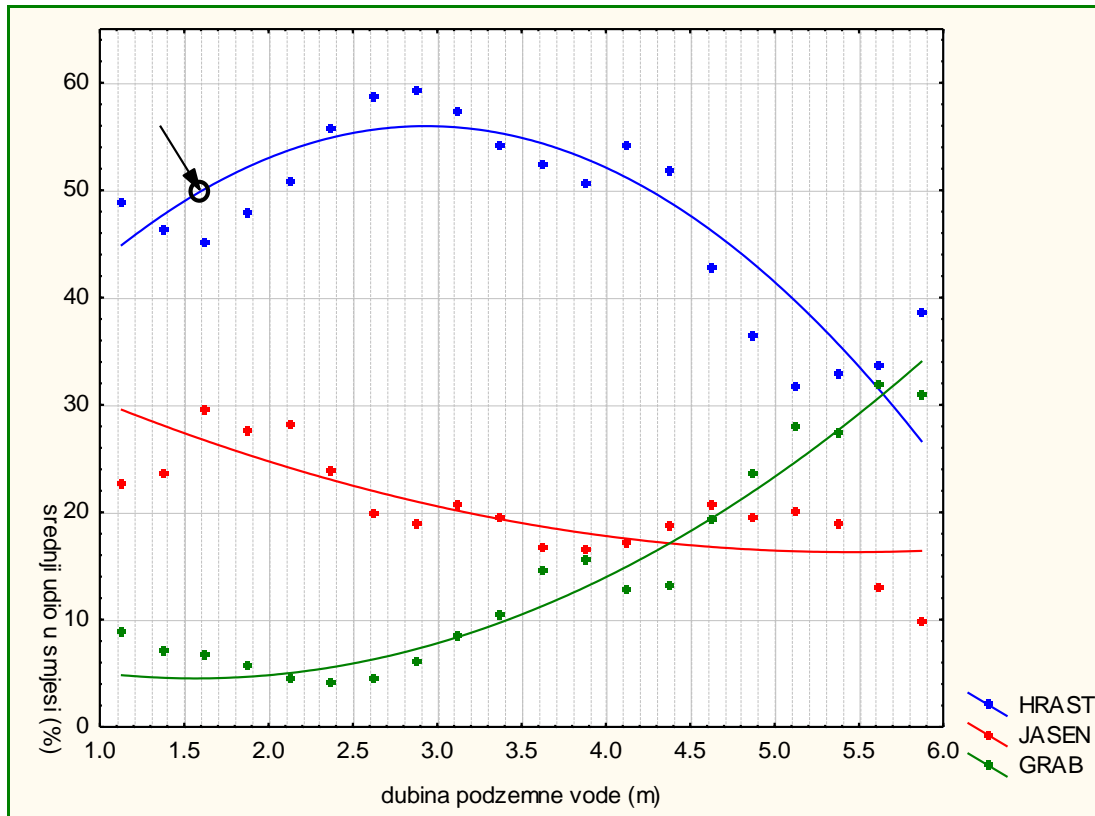


Slika 118. Prikaz dobnih razreda prema odsjecima u Motovunskoj šumi

Odjeli 5a, 5c i 11b (središnji dio), starosti preko 130 godina, najosjetljiviji su na promjenu vodnog režima, jer će se u njima za nekoliko godina početi s procesom prirodne obnove. Postoji rizik da se u slučaju nepostignutih povoljnih sastojinskih uvjeta hrast lužnjak neće moći prirodno pomladiti te će zbog zamočvarenja biti potrebno umjetno pomlađivanje sadnicama poljskog jasena, što znači daljni gubitak staništa hrasta lužnjaka na ovom području.

Volumni udio hrasta lužnjaka

Poplavne šume hrasta lužnjaka u Hrvatskoj su najvećim dijelom rasprostranjene u kontinentalnom dijelu Hrvatske, a jedno od najreprezentativnijih lokaliteta je Spačvanski bazen. U sklopu istraživanja utjecaja predviđenog višenamjenskog kanala Dunav-Sava (VKDS) 2006. godine u Spačvanskom bazenu, provedena je i analiza udjela vrsta unutar sastojina odnosno odsjeka u odnosu na razinu podzemne vode. Ovo je izvršeno na način da su srednje godišnje razine podzemnih voda u promatranom prostoru, uspoređene s udjelom vrsta prema važećim Osnovama gospodarenja (Slika 119.). Potrebno je naglasiti da se klimatski i hidrogeološki odnosi u Spačvanskom bazenu i Motovunskoj šumi dosta razlikuju te nije moguće koristiti vrijednosti parametra dubine do podzemne vode iz istraživanja u Spačvanskom bazenu za definiranje idealne dubine do podzemne vode u Motovunskoj šumi. Ipak, na rezultatima iz Spačvanskog bazena mogu se objasniti odnosi ekološke valencije dubine do podzemne vode glavnih edifikatorskih vrsta drveća.



Slika 119. Srednji udjeli hrasta lužnjaka, poljskog jasena i običnog graba (iz HŠ fonda) u Spačvanskom bazenu prema dubini do podzemne vode (točke - podaci, linije - izjednačenje polinomom drugog reda). Strelica naznačava točku na kojoj daljnjim smanjenjem srednje godišnje dubine do podzemne vode hrast lužnjak u prosjeku prestaje biti dominantna vrsta u sastojini.

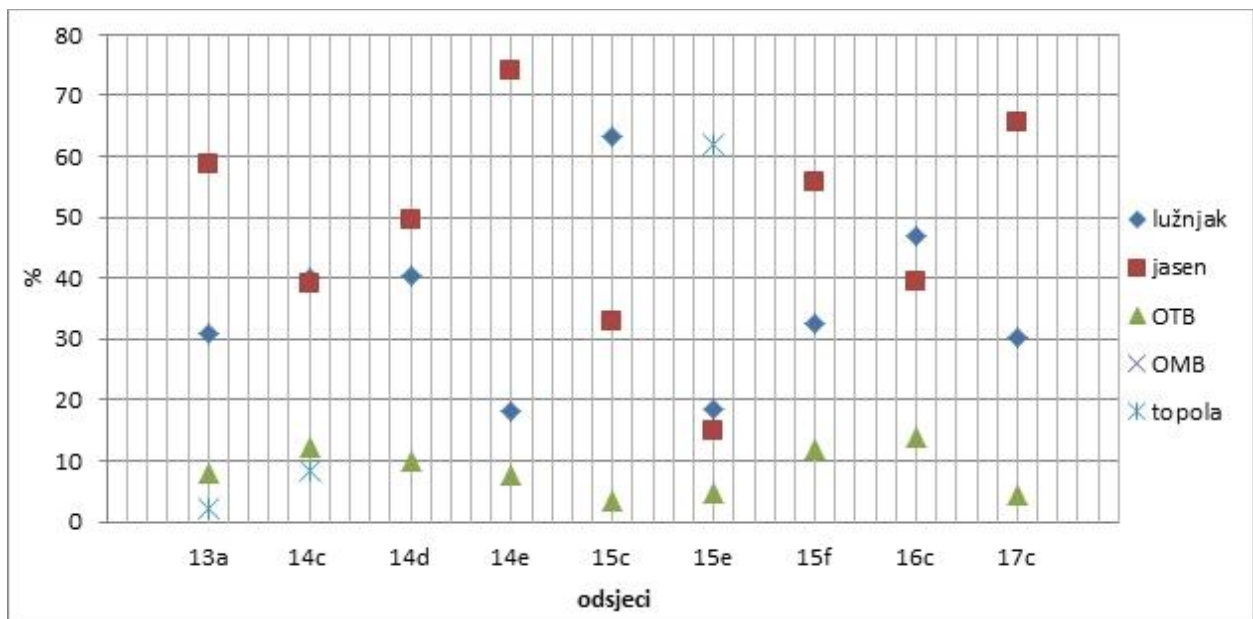
Uočljivo je da hrast lužnjak ima maksimum srednjeg udjela na srednjoj godišnjoj dubini podzemne vode od približno 2.9 m. Od te dubine, koja se na promatranom području može smatrati prosječnim optimumom, srednji udio hrasta pada i porastom (promjene prema isušivanju staništa) i padom (promjene prema prekomjernom vlaženju) srednje dubine podzemne vode. U sklopu istog istraživanja, uočeno je da na područjima sa srednjom godišnjom dubinom podzemne vode od 1.6 m hrast lužnjak u prosjeku prestaje biti dominantna vrsta u sastojini, što upućuje na povećanu vjerojatnost nastanka uvjeta prevlaživanja (vodni suficit) na manjim dubinama podzemne vode. Jednako tako hrast prema prikazanom modelu prestaje biti dominantna vrsta i na srednjoj godišnjoj dubini podzemne vode od 4.3 m, što upućuje na povećanu vjerojatnost nastanka uvjeta nedovoljne opskrbljenosti vodom (vodni deficit) na većim dubinama podzemne vode.

S druge strane, srednji udio poljskog jasena pada s porastom srednje godišnje dubine podzemne vode. Ranije spoznaje o ekologiji jasena govore nam da je takav rezultat također posve očekivan, jer je na većini staništa gdje lužnjak i jasen zajedno dolaze lužnjak kompetitivniji, tako da jasen veće udjele u sastojini ostvaruje na rubu ili sasvim izvan ekološke amplitude lužnjaka. U skladu s tim dobiveni rezultat nije prikladno tumačiti kao izravnu vezu zastupljenosti jasena i dubine do podzemne vode, nego prije kao posljedicu kompeticijskog odnosa između jasena i lužnjaka. Drugim riječima, iako je jasen bez sumnje znatno otporniji od lužnjaka na uvjete zamočvarenja (pa stoga i tvori čiste sastojine u

barama), u odsustvu lužnjaka i on ima svoj optimum na većim dubinama podzemne vode, odnosno u uvjetima umjerenijeg dopunskog vlaženja u zoni korijenovog sustava.

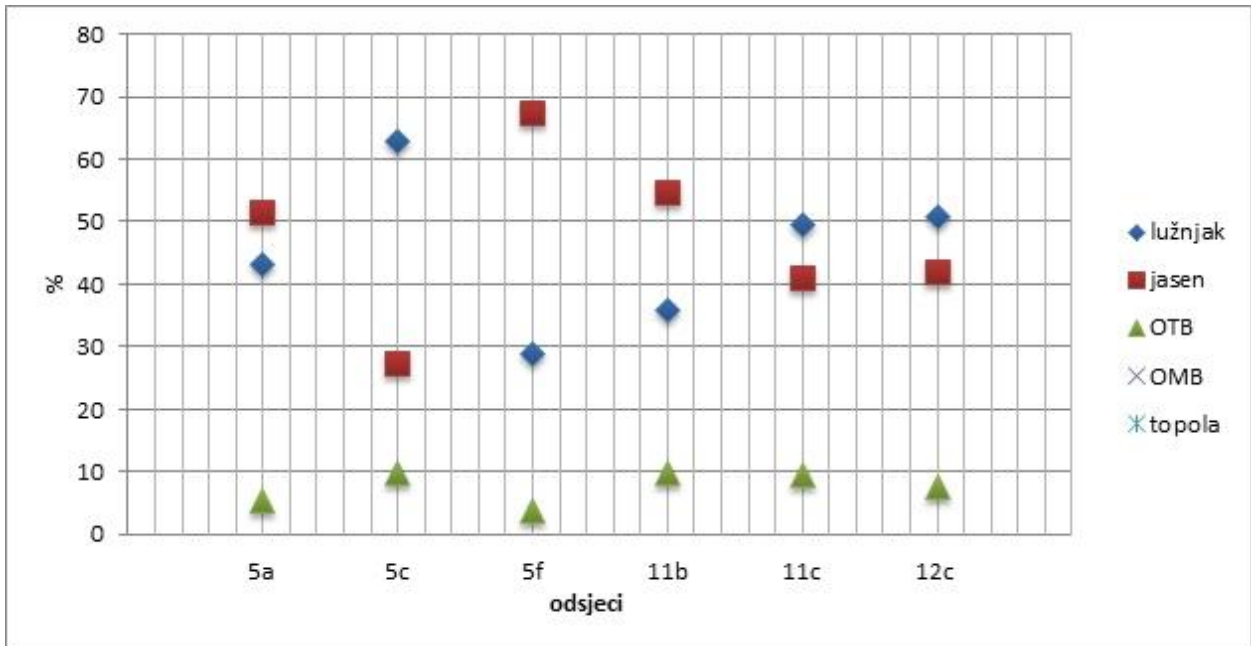
Srednji udio običnog graba raste s porastom srednje dubine podzemne vode, što je u skladu s od ranije poznatom činjenicom da toj vrsti u načelu ne odgovara dopunsko vlaženje podzemnom vodom, nego joj je dovoljna vlaga iz oborina (usporedi npr. Antić 2001).

Podaci o volumnom udjelu vrsta na području Motovunske šume prikazani su na sljedećim slikama. Podaci su preuzeti iz važećeg programa gospodarenja (2011-2020).



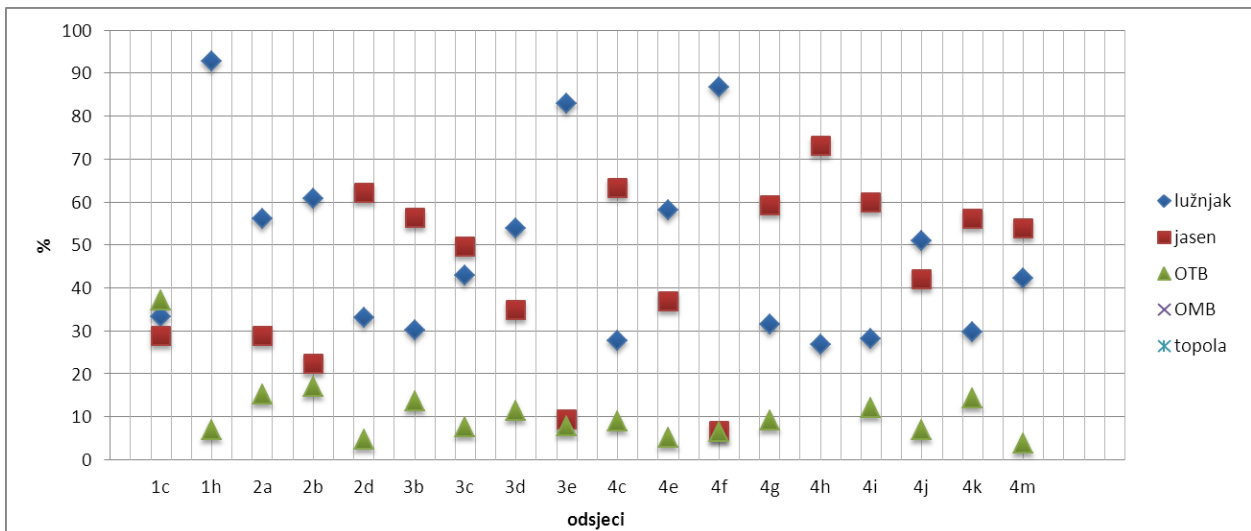
Slika 120. Udio vrsta u volumenu za uređajni razred sjemenjača hrasta lužnjaka unutar 1. kazete (vertikalne linije predstavljaju šumskogospodarske odsjeke)

Komparativnom analizom volumnog udjela unutar 1. kazete u Motovunskoj šumi (Slika 120.) i situacije u Spačvanskom bazenu (Slika 119.), uviđamo da je struktura odnosa vrsta iznimno poremećena. Uviđamo da je u većini slučajeva volumni udio poljskog jasena veći od volumnog udjela hrasta lužnjaka unutar odsjeka, iako hrast lužnjak u istim odsjecima čini 20 do 40 % drvene mase.



Slika 121. Udio vrsta u volumenu za uređajni razred sjemenjača hrasta lužnjaka unutar 2. kazete (vertikalne linije predstavljaju šumskogospodarske odsjeke)

Komparativnom analizom volumnog udjela unutar 2. kazete u Motovunskoj šumi (Slika 121) i situacije u Spačvanskom bazenu (Slika 119.), uviđamo da je struktura odnosa vrsta iznimno poremećena. U prvom redu zbog visokog udjela poljskog jasena koji čini 30 do 70 % drvene mase.



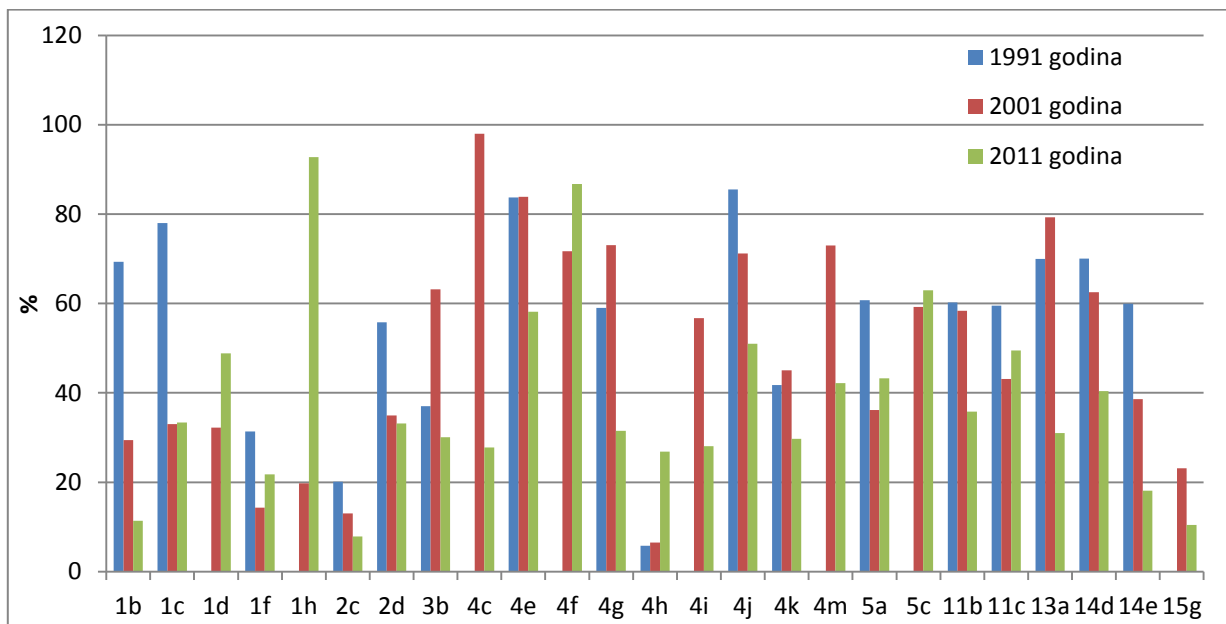
Slika 122. Udio vrsta u volumenu za uređajni razred sjemenjača hrasta lužnjaka unutar 3. kazete (vertikalne linije predstavljaju šumskogospodarske odsjeke)

Komparativnom analizom volumnog udjela unutar 3. kazete u Motovunskoj šumi (Slika 122.) i situacije u Spačvanskom bazenu (Slika 119.), uviđamo da postoje dva tipa odsjeka tj. omjera vrsta. Prvi je onaj gdje hrast lužnjak čini više od 50 % drvene mase odsjeka, u tim odsjecima

poljski jasen čini 30 do 40 %, a drugi tip je onaj gdje hrast lužnjak čini 30-ak % drvne mase, a poljski jasen u tom slučaju čini oko 60 % drvne mase.

Promatrajući kumulativno, vidimo da su omjeri vrsta iznimno poremećeni osim u pojedinačnim slučajevima. Ovo ukazuje da možda dolazi do sušenja hrasta lužnjaka i postupnog prelaza ovih šuma u šume poljskog jasena.

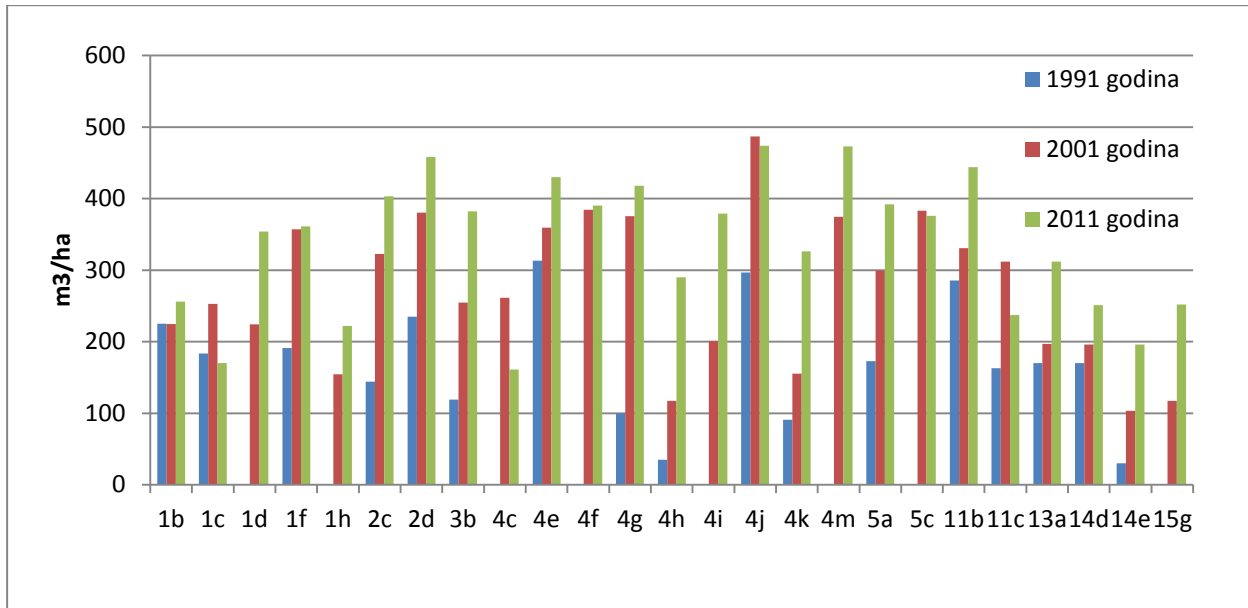
Podaci izneseni u ovom poglavlju preuzeti su iz posljednjeg Programa gospodarenja šumama i predstavljaju dobru podlogu za analizu sadašnjeg stanja. Radi procjene raspona promjena, analizirane su i dostupne Osnove s važenjem od 1991. do 2000. i od 2001. do 2010. Sama analiza je mogla biti napravljena za one odsjeke koji nisu mijenjali svoje granice. Ostali odsjeci nisu razmatrani zbog nedostatka prostornih podataka o odjelima i odsjecima (nisu bile dostupne pregledne karte), te stoga nije bilo moguće procijeniti opseg promjena unutar odsjeka koji su mijenjali granice.



Slika 123. Volumni udio hrasta lužnjaka u tri zadnja Programa gospodarenja šumama

Analizirajući kretanje volumnog udjela hrasta lužnjaka u zadnje tri Osnove gospodarenja je prikazan na slici (Slika 123.) uočava se da su ti odsjeci većinom unutar 3. kazete (1-4 odjel) te par odsjeka u drugim kasetama (5 i 11 odjel- 2. kazeta, 13,14 i 15 odjel- 1. kazeta). Isto tako, uočava se u većini odsjeka pad udjela hrasta lužnjaka u odnosu na ukupni volumen, dok se u sklopu iste analize uočava porast udjela poljskog jasena u tim odsjecima.

Međutim, analiza volumena po hektaru (Slika 124.), pokazuje da nije bilo značajnih promjena te se volumen po hektaru čak i povećavao. Ovo se ne bi smjelo dogoditi u slučaju sušenja većih razmjera koji bi utjecao na takve promjene u omjeru vrsta.



Slika 124. Srednji volumen promatranih sastojina u tri zadnje Osnove gospodarenja

Isto tako, u većini tih odsjeka sječe ili nisu evidentirane ili su sječe manje od iznosa 10-godišnjeg prirasta, te stoga sječe nisu mogle utjecati na omjer vrsta. S obzirom na proturječje podataka, ove podatke ne možemo smatrati dovoljno dobrim za daljnju interpretaciju. Ova nelogičnost u podacima može se objasniti jedino različitim metodama izmjere. 1991. godine procjena sastojinskih parametara je vršena na osnovu podataka dobivenim izmjerom primjernih pruga, da bi se 2000-ih prešlo na mjerenje primjernih ploha, a tek zadnjih godina su te primjerne plohe projektirane uz pomoć GIS-a i nalažene uz pomoć GPS-a. Stoga, gotovo sigurno, izmjera primjernih ploha se nije odvijala na istim mjestima 2001. i 2011. godine. S obzirom na sve navedeno može se pretpostaviti da su dobivene razlike u omjerima udjela vrsta posljedica različitih metoda izmjere i vjerojatno prostorno neravnomjernog rasporeda vrsta, dok je iznos drvene mase dobro obračunat s obzirom da su ovo jednodobne šume.

4.1.2 Analiza šumskih vegetacijskih tipova

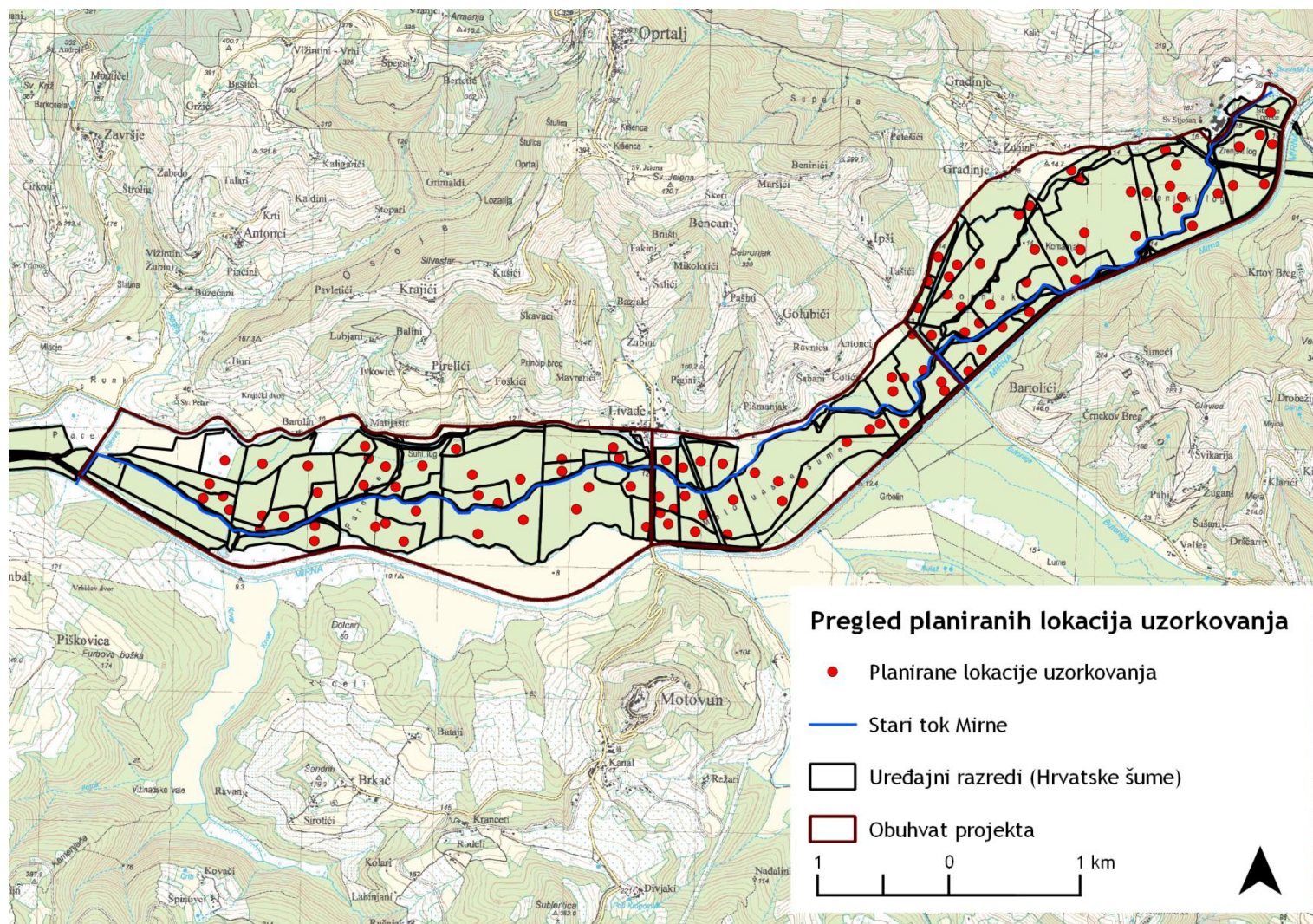
Analiza šumskih vegetacijskih tipova, s naglaskom na njihovu prostornu razdiobu, napravljena je na temelju intenzivnih istraživanja vegetacije Motovunske šume. Istraživanje razdiobe vegetacijskih tipova postavljeno je na način da se pokuša pomoću vegetacije utvrditi gradijent pretpostavljenog dopunskog vlaženja. Potrebno je istaknuti da cilj ovih istraživanja nije bio utvrđivanje vegetacijske zajednice na pojedinim ploham, već utvrđivanje fiziološkog i ekološkog stanja vegetacije, s naglaskom na prisustvo ili odsustvo dopunskog vlaženja. S obzirom da se područjem Motovunske šume gospodari te da su šumske sastojine različite dobne starosti i sastava (od 10 do 160 godina prema Šumsko-gospodarskoj osnovi), osnovna jedinica na temelju koje su odabrane istraživačke plohe bio je šumski odsjek. U svakom odsjeku odrađena je barem jedna vegetacijska snimka, a u većim odsjecima postavljeno ih je nekoliko. U odsjecima s više odrađenih snimaka, lokacije su odabirane tako da prate



potencijalni gradijent dopunskog vlaženja, odnosno prema dostupnom modelu relativne visine u odnosu na referentno vodno lice u vodotoku odabrana su najviša i najniža područja u odsjeku (potencijalne nize i grede). Kako je korišten model terena nedovoljne preciznosti ne možemo tvrditi da su odabrane plohe doista pratile potencijalne nize i grede, stoga je u daljnjoj analizi ovaj parametar korišten uz stručnu procjenu istraživača o njegovoj pouzdanosti.

Terensko istraživanje odrađeno je u razdoblju od svibnja do lipnja 2014. godine. Vegetacijske snimke napravljene su na kružnim ploham površine 500 m² (r = 12,62 m) (Slika 125.) što je u skladu s preporučenim standardom za kartiranje staništa (DZZP 2006) i standardnom šumarskom praksom. Na svakoj plohi u terenski obrazac (Slika 126., Slika 127. i Slika 128.) bilježeni su sljedeći podaci:

- a) podaci o opažanju i lokalitetu s naglaskom na
 - prostorni smještaj plohe (geografska koordinata plohe),
 - opis ekoloških uvjeta koji vladaju na pojedinoj plohi (uključujući subjektivnu procjenu vlažnosti tla i otvorenost šumskog sklopa),
 - skicu plohe,
 - ukupnu pokrovnost pojedinog vegetacijskog sloja te
 - u slučaju prisutnosti jedinki običnog graba (*Carpinus betulus* L.), prsni opsezi najdebljih 5 jedinki u bližoj okolini plohe;
- b) podaci o indikatorskim vrstama
 - gdje je bilježena ocjena kombinirane procjene gustoće i pokrovnosti pojedinog preliminarnog indikatora prema Braun-Blanquetu (za svaki sloj u kojem se pojavljuje zasebno);
- c) podaci o ostalim vrstama
 - gdje je bilježena ocjena kombinirane procjene gustoće i pokrovnosti zabilježene vrste prema Braun-Blanquetu (za svaki sloj u kojem se pojavljuje zasebno).



Slika 125. Prikaz planiranih lokacija uzorkovanja za potrebe analize prostorne razdiobe bioindikatorskih vrsta i vegetacijskih tipova (M 1:50.000)

PODACI O OPAŽANJU I LOKALITETU									
Datum:		31.05.2014			Promatrač(i):		AD MZ LŠ MŠ		
PLOHA									
Šifra plohe:		V072			Površina plohe:		500 m ²		
GPS koordinate centroida:		x		GPS Točka		A-143-149 148			
		y		Fotografije lokaliteta (file):					
Ndm. h centr.:		m.n.m.			Nagib:		0-5 5-10 10-20 20-30 >40		
Ekspozicija:		Flat - S - W - N - E SW - SE - NW - NE			Vlažnost:		suho - vlažno - vrlo vlažno		
					Sklop šume:		potpun - nepotpun - rjedak - progoljen		
Grab 1	cm	Grab 2	cm	Grab 3	cm	Grab 4	cm	Grab 5	cm
Opis / Napomena:									
<p>(Dio padine: ...zaravan (podnožje padine), viši dio (uzvišenje)-gređa, srednji dio, niži dio (povremeno vlažan) - niza, linija odvodnje - bara)</p> <p>- donje i srednje srednji dio (glog) - drvo, ali glog nije tako produktivan</p> <p>- nešto gloga, stari porosa s mehanikom</p> <p>- malo ut platu je prirodno (važno stajlo (pseu) + 105 jedu</p> <p>- u nižem dijelu vlaž i pseu, u višem dijelu vlaž</p> <p>- netko dano sjeceno? - pastirski put</p>									
Skica plohe:									
						Simboli: - vodeni tok (~~~~) - jarak/kanal (####) - cesta/staza (=====) - mikrodepresija (▼) - gređa (▲)			

Grab treba mjeriti na 1,50 m visine.

Slika 126. Primjer ispunjenog terenskog obrasca - 1.dio

Pokrovnost pojedinog sloja (%) :																		
Prizem.	1/4	2/4	3/4	4/4	U	Grmije	1/4	2/4	3/4	4/4	U	Drveće	1/4	2/4	3/4	4/4	U	
	85	80	10	85			100	90	100	80			80	80	60	90		
PODACI O INDIKATORSKIM SVOJTAMA																		
Svojt	Građa	Kombinirana procjena prema Braun-Blanquetu																
		1/4 (p-g-d)	2/4 (p-g-d)	3/4 (p-g-d)	4/4 (p-g-d)	Ukupno												
Asparagus acutifolius	1inka																	
Carpinetus orientalis	1inka																	
Dictamnus albus	1inka																	
Geranium columbinum	1inka																	
Geranium sanguineum	1inka																	
Helleborus multifidus	1inka																	
Melittis melissophyllum	1inka																	
Ornithogalum pyramidale	1inka																	
Pallurus spina-christi	1inka																	
Quercus cerris	1inka																	
Quercus pubescens	1inka																	
Ruscus aculeatus	hrpica	+	+	/		+	+	+		+	+							
Alisma pl.-aquatica	1inka																	
Alnus glutinosa	1inka																	
Carex pendula	hrpica	/				1				+					+			
Carex remota	hrpica	/				1				+					+			
Carpinus betulus	1inka																	
Cornus sanguinea	1inka	/	/	/		+	1	/		3	/		+	+	/			
Crataegus monogyna	1inka	+	5	/		+	3	/		+	3	/		+	4	/		
Equisetum telmateia	1inka																	
Euonymus europaeus	1inka	/	/	/		+	/	/		/	/							
Fraxinus angustifolia	1inka	/	+	3		+	1	3	+		+	4		+	1	4		
Gratiola officinalis	1inka																	
Mentha aquatica	1inka																	
Nasturtium officinale	hrpica																	
Phragmites officinalis	hrpica																	
Populus nigra	1inka																	
Quercus robur	1inka	+	2	3		+	+	3	/	/	/	/	/	/	+			
Ranunculus repens	1inka	↓																
Salix cinerea	1inka																	
Scirpus sylvaticus	1inka																	
Viburnum opulus	1inka																	
Vincetoxicum	hrpica																	

* 17 delova u 1m ujedini

STUPANJ	OPIS
+	biljka je rijetko nazočna (do desetak primjeraka na plohi i neznatne pokrovnosti)
1	broj je primjeraka iste vrste veći, ali je pokrovnost mala (5 do 10%)
2	biljka je mnogobrojnija ili, bez obzira na broj primjeraka, pokriva (projekcijom nadzemnih dijelova na površinu tla) 10 do 25%
3	bez obzira na broj individuala biljka pokriva 25 do 50%
4	bez obzira na broj primjeraka pokrovnost je 50 do 75%
5	bez obzira na broj primjeraka pokrovnost je 75 do 100%
(r)	ponaškad se koristi i slovo „r“ (rijetak) kad je biljka na plohi samo pojedinačno, a ima vrlo malu pokrovnost

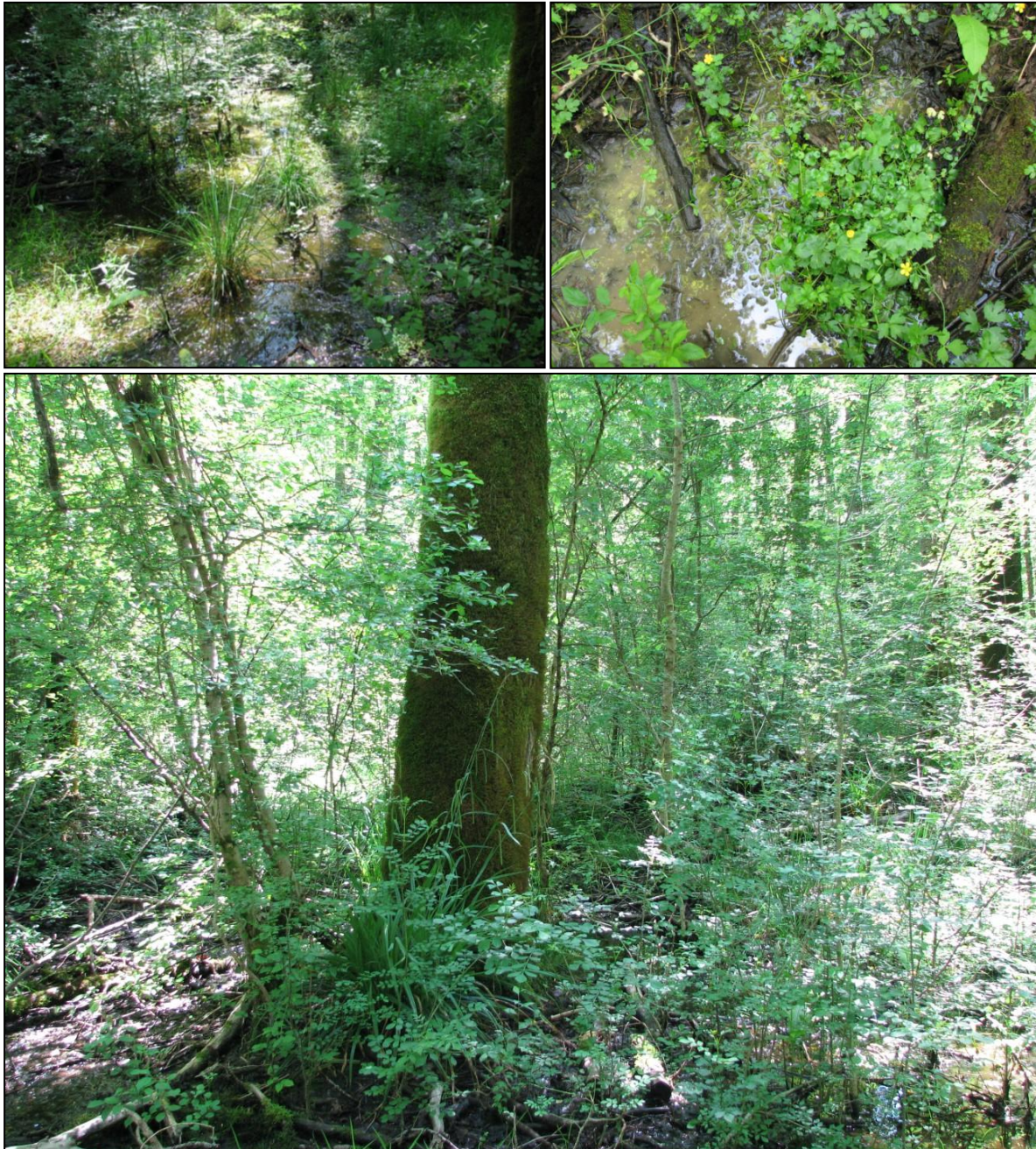
Slika 127. Primjer ispunjenog terenskog obrasca - 2.dio

OSTALE SVOJTE							
Svojta	P	G	D	Svojta	P	G	D
Acer campestre	+	1	1	Ulmus glabra			
Aegopodium podagraria				Ulmus minor	1	2	2
Ajuga reptans	+	/	/	Viola hirta			
Arum italicum				Viola reichenbachiana			
Berula erecta				Rubus	+	+	/
Carex flacca				plancera	+	/	/
Carex hirta							
Carex riparia							
Carex sylvatica							
Cerastium sylvaticum							
Clematis vitalba							
Corylus avellana							
Dactylis glomerata							
Dipsacus fullonum							
Erigeron annuus							
Euphorbia amygdaloides							
Galium aparine							
Galium palustre							
Glechoma hirsuta							
Hedera helix	+	/	/				
Iris pseudacorus							
Lamium maculatum							
Ligustrum vulgare	+	+	/				
Listera ovata							
Lycopus europaeus							
Lysimachia nummularia							
Mentha longifolia							
Plantago altissima							
Populus alba							
Primula vulgaris							
Prunus mahaleb							
Prunus spinosa							
Pulmonaria officinalis							
Pyrus pyraeaster							
Ranunculus lanuginosus	+	/	/				
Rosa arvensis							
Rubus sp.	+	/	/				
Rumex conglomeratus	+	/	/				
Rumex crispus							
Salix alba							
Salix fragilis							
Salix purpurea							
Salvia glutinosa							
Sorbus aria							
Symphytum tuberosum							
Tamus communis							

Slika 128. Primjer ispunjenog terenskog obrasca - 3.dio

Premda procjena vlažnosti tla na terenu varira od vrlo vlažnog (5 uzorkovanih ploha) do suhog (33 uzorkovane plohe), na uzorkovanim ploham prevladava vlažno tlo. Uočeno je da mikroreljef ima značajnu ulogu, odnosno da su nerijetko unutar same plohe uočeni različiti stupnjevi vlažnosti tla (npr. ploha 27, Slika 129.) koji pogoduju kako razvoju biljaka tipičnih za vrlo vlažne uvjete tako i onih koje su tipične za suše uvjete. Pritom je bitno ponovo naglasiti da je ocjena vlažnosti tla bila temeljena na subjektivnoj procjeni istraživača, a

utjecaj na ocjenu mogao je imati raspored i količina oborina tijekom i prije rada na terenu. Ipak, kako je u doba rada na terenu (5. i 6. mjesec) bilo dosta oborina smatramo da procjena istraživača daje barem indicije o područjima koja bi mogla biti vlažnija ili zamočvarena.



Slika 129. Promjena vlažnosti tla na plohi 27 s obzirom na mikroreljef - gore: područje sa površinskom vodom; dolje: područje sa izdignutim terenom

Vegetacijske snimke rađene su prema standardnoj srednjoeuropskoj metodi, odnosno uz korištenje kombinirane procjene brojnosti i pokrovnosti jedinka pojedine vrste na plohi prema Braun-Blanquetu (Tablica 46.), a sukladno preporučenoj metodologiji za kartiranje staništa (DZZP 2006). Pokrovnost vrsta bilježena je zasebno za prizemni sloj, sloj grmlja i sloj drveća. Također, bilježena je ukupna pokrovnost pojedinog vegetacijskog sloja.

Tablica 46. Ljestvica za kombiniranu procjenu brojnosti i pokrovnosti jedinki pojedine vrste u snimci prema Braun-Blanquetu. Izvor: DZZP 2006.

Oznaka	Opis
r	biljka je na plohi utvrđena samo pojedinačno, a ima vrlo malu pokrovnost
+	biljka je rijetko nazočna (do desetak primjeraka na plohi), neznatne pokrovnosti
1	broj primjeraka iste vrste je veći, pokrovnost mala (5-10 %)
2	biljka je mnogobrojnija ili, bez obzira na broj primjeraka, pokriva 10-25 % površine
3	pokrovnost iznosi 25-50 %, bez obzira na broj jedinki
4	pokrovnost iznosi 50-75 %, bez obzira na broj jedinki
5	pokrovnost iznosi 75-100 %, bez obzira na broj jedinki

Vrste koje nije bilo moguće pouzdano odrediti na terenu, herbarizirane su i određene po povratku s terena uz pomoć lupe i standardnih determinacijskih ključeva: Domac (1994), Javorka i Csapody (1991), Rothmaler i sur. (1987), Martinčić (2007), Eggenberg i Möhl (2007) i dr., a imena vrsta usklađena su s „Flora Croatica Database“ (Nikolić 2014).

Ukupno su uzorkovane 104 plohe, odnosno načinjene su 104 vegetacijske snimke te je zabilježena 141 biljna vrsta (Prilog 12.).

Od 141 zabilježene biljne vrste, 14 vrsta pridolazi u 75 % i više uzorkovanih ploha: glog (*Crataegus* sp.), poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl), veliki šaš (*Carex pendula* Huds.), bršljan (*Hedera helix* L.), poljski brijest (*Ulmus minor* Miller), poljski javor (*Acer campestre* L.), svibovina (*Cornus sanguinea* L.), obična kalina (*Ligustrum vulgare* L.), hrast lužnjak (*Quercus robur* L.), bodljikava veprina (*Ruscus aculeatus* L.), obična kurika (*Euonymus europaeus* L.), prava kozja krv (*Lonicera caprifolium* L.), šumska ljubica (*Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau) te kupina (*Rubus* sp.). Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) je zabilježen na 90 uzorkovanih ploha tj. zabilježen je u 87,38 % ploha. Pregled zabilježenih vrsta s prikazom Ellenbergovih ekoloških indeksa i postotkom pojavljivanja pojedine vrste u ukupnom setu uzorkovanih ploha prikazan je tablično u nastavku teksta (Tablica 47.).

Tablica 47. Pregled zabilježenih vrsta s prikazom Ellenbergovih ekoloških indeksa prema Pignatiju i frekvencijom pojavljivanja

Oznake: B = broj uzorkovanih ploha u kojima se pojedina vrsta pojavljuje, F = frekvencija, tj. postotak pojavljivanja pojedine vrste u ukupnom setu uzorkovanih ploha. Oznake Ellenbergovih ekoloških indeksa: L = svjetlost, C = kontinentalnost, T = temperatura, R = reakcija (pH) tla, M = vlažnost, N = nutrijenti; x = vrsta je indiferentna s obzirom na pojedini ekološki čimbenik. Podebljane su vrste zabilježene u najmanje 75 % uzorkovanih ploha.

Vrsta	B	F (%)	L	C	T	R	M	N
<i>Crataegus sp.</i>	103	100.00	/	/	/	/	/	/
<i>Fraxinus angustifolia</i>	103	100.00	4	6	8	7	7	8
<i>Carex pendula</i>	99	96.12	5	5	5	6	8	5
<i>Hedera helix</i>	99	96.12	4	4	5	x	5	X
<i>Ulmus minor</i>	99	96.12	5	5	7	8	x	X
<i>Acer campestre</i>	97	94.17	5	4	7	7	5	6
<i>Cornus sanguinea</i>	97	94.17	7	5	5	8	7	X
<i>Ligustrum vulgare</i>	95	92.23	7	4	6	8	x	X
<i>Quercus robur</i>	90	87.38	7	6	6	5	6	6
<i>Ruscus aculeatus</i>	88	85.44	4	5	8	5	4	5
<i>Euonymus europaeus</i>	82	79.61	6	5	5	8	5	5
<i>Lonicera caprifolium</i>	81	78.64	6	6	5	x	6	5
<i>Viola reichenbachiana</i>	79	76.70	4	4	5	7	5	6
<i>Rubus sp.</i>	78	75.73	/	/	/	/	/	/
<i>Primula vulgaris</i>	76	73.79	6	4	5	7	5	5
<i>Carex sylvatica</i>	73	70.87	2	3	5	7	5	5
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	73	70.87	3	4	x	7	6	7

Vrsta	B	F (%)	L	C	T	R	M	N
<i>Malus sylvestris</i>	62	60.19	7	5	5	7	5	5
<i>Prunus spinosa</i>	61	59.22	7	5	5	x	x	X
<i>Viburnum opulus</i>	59	57.28	6	5	5	7	7	6
<i>Carpinus betulus</i>	57	55.34	4	4	6	x	x	X
<i>Ajuga reptans</i>	53	51.46	6	4	x	x	6	6
<i>Carex remota</i>	52	50.49	4	4	5	6	6	8
<i>Corylus avellana</i>	50	48.54	6	4	5	5	5	8
<i>Ranunculus repens</i>	44	42.72	6	x	x	x	7	7
<i>Clematis vitalba</i>	40	38.83	7	4	7	7	5	7
<i>Lysimachia nummularia</i>	38	36.89	4	4	6	x	6	x
<i>Arum italicum</i>	33	32.04	6	4	8	5	4	5
<i>Listera ovata</i>	33	32.04	4	5	4	7	6	5
<i>Poa trivialis</i>	29	28.16	6	5	x	x	7	7
<i>Rumex conglomeratus</i>	28	27.18	8	5	7	x	7	8
<i>Brachypodium pinnatum</i>	27	26.21	6	5	5	7	4	4
<i>Galium palustre</i>	26	25.24	7	4	5	5	8	3
<i>Vinca minor</i>	25	24.27	4	4	6	x	5	6
<i>Ranunculus ficaria</i>	23	22.33	4	5	5	7	6	7
<i>Nasturtium officinale</i>	22	21.36	7	5	4	7	11	7
<i>Circaea lutetiana</i>	20	19.42	4	4	5	7	6	7
<i>Aegopodium podagraria</i>	17	16.50	5	4	x	7	6	8
<i>Populus nigra</i>	17	16.50	5	6	7	7	8	7
<i>Rhamnus catharticus</i>	17	16.50	7	5	5	8	4	x
<i>Cornus mas</i>	16	15.53	6	6	7	8	5	4
<i>Taraxacum officinale</i>	16	15.53	7	x	x	x	5	7

Vrsta	B	F (%)	L	C	T	R	M	N
<i>Galium aparine</i>	14	13.59	6	5	x	5	4	5
<i>Polygonatum multiflorum</i>	14	13.59	2	5	5	7	5	4
<i>Rosa arvensis</i>	14	13.59	5	5	5	7	5	5
<i>Ophioglossum vulgatum</i>	13	12.62	5	4	5	x	7	x
<i>Plantago altissima</i>	11	10.68	9	6	7	7	7	5
<i>Carex riparia</i>	10	9.71	7	5	5	6	10	5
<i>Erigeron annuus</i>	10	9.71	7	5	7	5	6	4
<i>Lycopus europaeus</i>	10	9.71	7	5	6	x	9	7
<i>Prunus cerasifera</i>	10	9.71	9	5	7	5	5	5
<i>Pulmonaria officinalis</i>	10	9.71	5	5	6	8	5	6
<i>Solanum dulcamara</i>	10	9.71	7	x	5	x	8	8
<i>Tamus communis</i>	10	9.71	5	5	7	8	5	6
<i>Frangula alnus</i>	9	8.74	6	4	5	5	7	5
<i>Sambucus nigra</i>	9	8.74	7	4	5	x	5	9
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	8	7.77	4	4	5	7	5	6
<i>Veronica chamaedrys</i>	8	7.77	6	6	x	x	4	X
<i>Acer negundo</i>	7	6.80	8	5	7	5	5	5
<i>Bidens frondosa</i>	7	6.80	7	x	7	7	9	8
<i>Euphorbia dulcis</i>	7	6.80	4	5	5	8	5	5
<i>Festuca sp.</i>	7	6.80	/	/	/	/	/	/
<i>Salix alba</i>	7	6.80	5	6	6	8	7	7
<i>Valeriana dioica</i>	7	6.80	7	4	5	x	8	2
<i>Anthriscus sylvestris</i>	6	5.83	7	5	x	x	5	8
<i>Cirsium sp.</i>	6	5.83	/	/	/	/	/	/
<i>Equisetum telmateia</i>	6	5.83	5	4	7	8	8	5

Vrsta	B	F (%)	L	C	T	R	M	N
<i>Lamium galeobdolon</i>	6	5.83	2	5	4	7	5	5
<i>Carex otrubae</i>	5	4.85	9	5	5	x	9	5
<i>Iris pseudacorus</i>	5	4.85	7	5	7	6	10	7
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	4	3.88	7	x	x	x	10	8
<i>Berula erecta</i>	4	3.88	8	4	6	x	10	7
<i>Carpinus orientalis</i>	4	3.88	4	6	7	4	3	5
<i>Epilobium sp.</i>	4	3.88	/	/	/	/	/	/
<i>Geranium robertianum</i>	4	3.88	4	5	6	5	4	5
<i>Lamium maculatum</i>	4	3.88	7	5	7	5	4	4
<i>Potentilla sp.</i>	4	3.88	/	/	/	/	/	/
<i>Prunus avium</i>	4	3.88	4	6	5	7	5	5
<i>Sonchus sp.</i>	4	3.88	/	/	/	/	/	/
<i>Symphytum tuberosum</i>	4	3.88	4	6	5	7	6	5
<i>Viola hirta</i>	4	3.88	6	5	5	8	3	2
<i>Cerastium sylvaticum</i>	3	2.91	6	5	7	6	5	6
<i>Knautia sp.</i>	3	2.91	/	/	/	/	/	/
<i>Leontodon sp.</i>	3	2.91	/	/	/	/	/	/
<i>Morus alba</i>	3	2.91	8	5	7	5	5	5
<i>Rapistrum rugosum</i>	3	2.91	7	5	7	5	4	5
<i>Salix fragilis</i>	3	2.91	5	4	5	5	8	6
<i>Ulmus glabra</i>	3	2.91	4	4	5	x	7	7
<i>Anthriscus sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Carex sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Dactylorhiza sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Geum urbanum</i>	2	1.94	4	5	5	6	5	7

Vrsta	B	F (%)	L	C	T	R	M	N
<i>Hieracium sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Humulus lupulus</i>	2	1.94	7	4	6	6	8	8
<i>Juglans regia</i>	2	1.94	6	6	6	6	5	6
<i>Juncus effusus</i>	2	1.94	7	5	7	6	9	5
<i>Leucojum aestivum</i>	2	1.94	6	4	5	7	7	7
<i>Lythrum sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Mentha aquatica</i>	2	1.94	7	5	5	7	9	4
<i>Orobanche sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Pastinaca sativa</i>	2	1.94	8	5	6	8	4	5
<i>Petasites sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Plantago major</i>	2	1.94	8	x	x	x	5	7
<i>Platanthera bifolia</i>	2	1.94	6	5	x	7	5	X
<i>Prunus sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Salix cinerea</i>	2	1.94	7	5	4	5	9	4
<i>Salix rosmarinifolia</i>	2	1.94	9	6	7	6	3	3
<i>Sambucus ebulus</i>	2	1.94	8	5	6	8	5	7
<i>Senecio sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Sorbus torminalis</i>	2	1.94	4	5	6	7	4	4
<i>Vicia dumetorum</i>	2	1.94	6	4	5	8	5	4
<i>Vicia sp.</i>	2	1.94	/	/	/	/	/	/
<i>Allium sp.</i>	1	0.97		/	/	/	/	/
<i>Arctium sp.</i>	1	0.97	/	/	/	/	/	/
<i>Carex distans</i>	1	0.97	9	5	6	8	7	X
<i>Carex hirta</i>	1	0.97	7	4	6	x	6	5
<i>Cirsium arvense</i>	1	0.97	8	x	x	x	4	7

Vrsta	B	F (%)	L	C	T	R	M	N
<i>Dipsacus sp.</i>	1	0.97	/	/	/	/	/	/
<i>Epipactis sp.</i>	1	0.97	/	/	/	/	/	/
<i>Equisetum sp.</i>	1	0.97	/	/	/	/	/	/
<i>Galium tricornutum</i>	1	0.97	8	5	8	5	4	4
<i>Hypericum tetrapterum</i>	1	0.97	7	6	7	4	4	4
<i>Juniperus communis</i>	1	0.97	8	0	0	0	4	4
<i>Lamium orvala</i>	1	0.97	3	5	5	7	6	8
<i>Mentha longifolia</i>	1	0.97	7	5	5	8	8	8
<i>Populus canadensis</i>	1	0.97	5	x	7	x	7	6
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1	0.97	5	5	7	x	4	8
<i>Rumex crispus</i>	1	0.97	7	5	5	x	6	5
<i>Sorbus sp.</i>	1	0.97	/	/	/	/	/	/
<i>Stachys sylvatica</i>	1	0.97	4	4	x	7	7	7
<i>Taxodium distichum</i>	1	0.97	/	/	/	/	/	/
<i>Urtica dioica</i>	1	0.97	x	x	x	x	6	8
<i>Veronica serpyllifolia</i>	1	0.97	x	5	x	5	3	x
<i>Vicia cracca</i>	1	0.97	7	x	x	x	5	x

Ekološki indeksi usklađeni su prema Pignatti S: Ellenberg indicator values for the whole Europe - Ellenberg indicator values (including Salinity) modified for the check list of Flora Europea and prepared by Alessi N. and Tichý L. for the application in JUICE (2013/01/02)

Odabir indikatorskih vrsta

Indikatorske vrste odabrane su analizom Ellenbergovog ekološkog indeksa vlažnosti (u nastavku teksta: EIV) prilagođenog prema Pignattiju za mediteransko područje (Pignatti 2005):

- svojstvenih vrsta paraklimaksne biljne zajednice poljskoga jasena i hrasta lužnjaka s visećim šašem (*Carici pendulae-Fraxinetum angustifoliae*) koje potencijalno ukazuju na dopunsko vlaženje;
- svojstvenih vrsta klimazonalne šumske zajednice hrasta medunca i bijeloga graba (*Quercu pubescenti-Carpinetum orientalis*) koje upućuju na nešto suše stanišne uvjete (odnosno potencijalno isušivanje pojedinog dijela Motovunske šume);
- ostalih biljnih vrsta navedenih za područje Motovunske šume, a koje potencijalno ukazuju na isušivanje ili zabarivanje i zamočvarivanje pojedinog dijela Motovunske šume.

Analizom dostupnih literaturnih podataka i baze podataka Flora Croatica Database (Nikolić 2014), napravljen je popis vrsta čija se prisutnost očekuje na području Motovunske šume te je svakoj pridodan Ellenbergov ekološki indeks vlažnosti.

Raspon i objašnjenje vrijednosti Ellenbergovog ekološkog indeksa vlažnosti prikazani su tablično u nastavku teksta (Tablica 48.).

Tablica 48. Objašnjenje Ellenbergovih ekoloških indeksa vlažnosti. Oznake: EIV= Ellenbergov ekološki indeks vlažnosti. Izvor: FCD 2014.

EIV	Značenje	Objašnjenje
1	pokazatelj jako suhih tala	staništa često isušena, vrsta ograničena na suha tla
2	između 1 i 3	/
3	pokazatelj suhih tala	vrsta češće dolazi na suhim nego na svježim tlima, nema je na vlažnim tlima
4	između 3 i 5	/
5	pokazatelj svježih tala	težište vrste na umjereno vlažnim tlima, ne uspjeva na mokrim i na često isušivanim tlima
6	između 5 i 7	/
7	pokazatelj vlažnih tala	težište vrste na vlažnim, ali ne i mokrim tlima
8	između 7 i 9	/
9	pokazatelj mokrih tala	težište vrste na često natopljenim tlima siromašnih zrakom
10	pokazatelj izmjenične vlažnosti	vodene vrste koje podnose duže vrijeme odsustvo vodenog pokrivača
11	vodene vrste	vrste zakorjenjene na dnu, povremeno s listovima iznad površine ili plivajuće biljke
12	submerzne vrste	vrste stalno ili dugotrajno pod vodom
x	indiferentne vrste	/

Sukladno dodijeljenoj vrijednosti Ellenbergovog ekološkog indeksa vlažnosti, vrste su podijeljene u 7 grupa odabranih na način da prikazuju gradijent vlažnosti tla:

Grupa	Vrijednost EIV
I	2
II	3 - 4
III	5 - 6
IV	7 - 8
V	9
VI	10 - 11
VII	indiferentne vrste te vrste za koje vrijednost ekološkog indeksa vlažnosti nije izračunata

Vrste klimazonalne vegetacije uglavnom se nalaze u grupama II i III, dok se vrste paraklimaksne zajednice nalaze uglavnom unutar grupa III i IV. Stoga su kao indikatorske vrste izabrane relativno česte, na terenu lako uočljive i prepoznatljive vrste iz grupe II (koje ukazuju na suše stanišne uvjete i potencijalno na isušivanje) te grupe V i VI (koje potencijalno ukazuju na vlažnije stanišne uvjete i potencijalno bi mogle ukazivati na zabarivanje i zamočvarivanje). Kao indikatori suših stanišnih uvjeta pojedinog dijela Motovunske šume odabrane su tako vrste:

Vrsta	EIV
<i>Arum italicum</i> Mill.	4
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	4
<i>Carpinus orientalis</i> Mill.	4
<i>Galium aparine</i> L.	4
<i>Geranium robertianum</i> L.	4
<i>Lamium maculatum</i> L.	4
<i>Rhamnus catharticus</i> L.	4
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	4
<i>Viola hirta</i> L.	3
<i>Veronica serpyllifolia</i> L.	3

Nadalje, premda Ellenbergov ekološki indeks vlažnosti ukazuje da je obični grab (*Carpinus betulus* L.) indiferentan s obzirom na vlažnost, odabran je kao indikator izostanka dopunskog vlaženja i zabarivanja, tj. zamočvarivanja. Naime, obični grab podnosi kratkotrajne prolazne poplave, no ne podnosi stajaću vodu i visoku razinu podzemnih voda. Stoga se javlja samo na područjima s dubinom do podzemne vode od 2 - 3 m, no optimalan razvoj postiže pri dubini do podzemne vode većoj od 3 m. S obzirom da se područjem Motovunske šume gospodari, grab bi u pojedinim dijelovima šume mogao biti uklonjen zbog redovnih proreda i čišćenja, te zato nije korišten kao isključivi indikator suših stanišnih uvjeta.

S druge strane, kao indikatori vlažnijih stanišnih uvjeta i potencijalni indikatori zabarivanja i zamočvarivanja odabrane su sljedeće vrste:

Vrsta	EIV
-------	-----

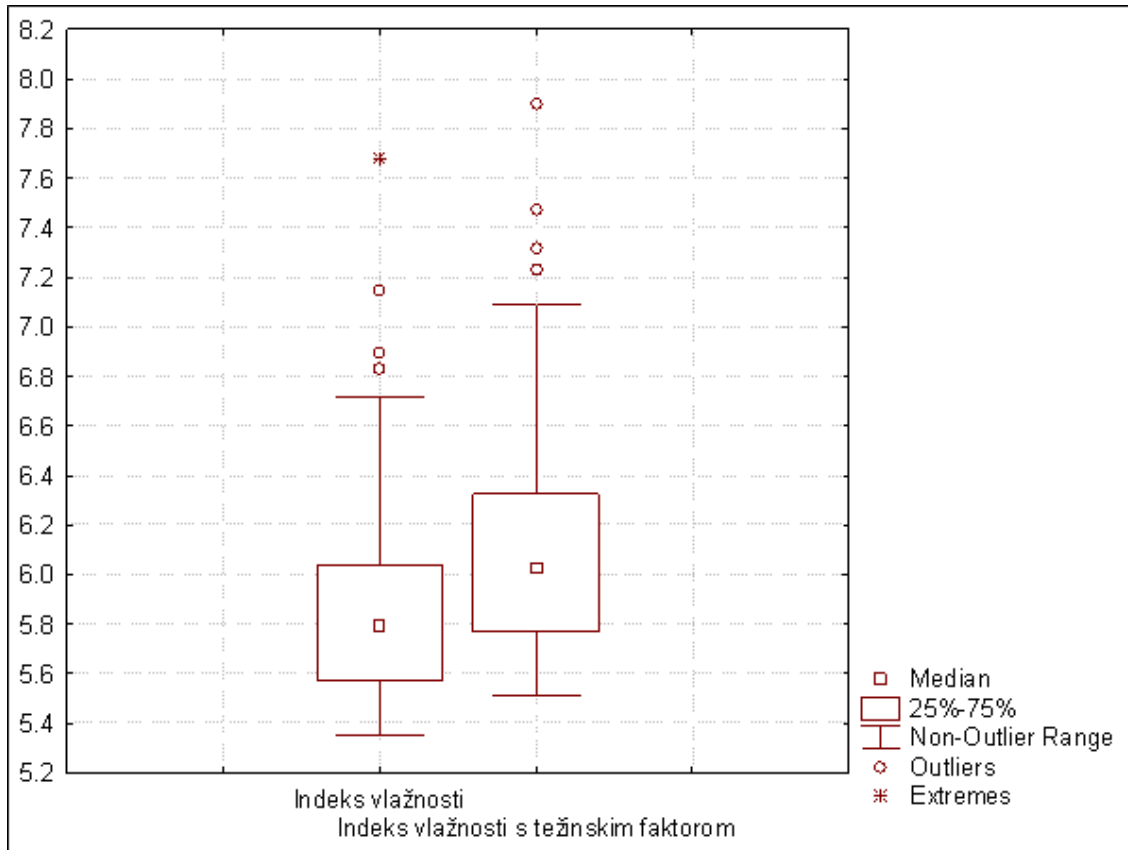
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	11
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	10
<i>Carex riparia</i> Curtis	10
<i>Iris pseudacorus</i> L.	10
<i>Carex otrubae</i> Podp.	9
<i>Juncus effusus</i> L.	9
<i>Bidens frondosa</i> L.	9
<i>Lycopus europaeus</i> L.	9
<i>Mentha aquatica</i> L.	9

4.1.2.1 Analiza prostorne razdiobe vlažnosti pojedinih ploha

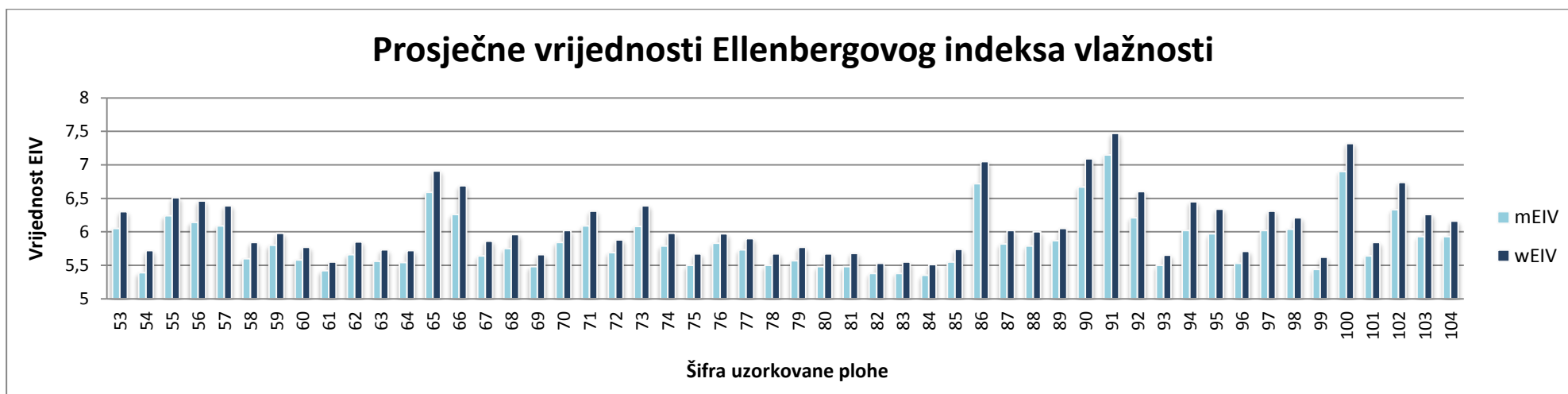
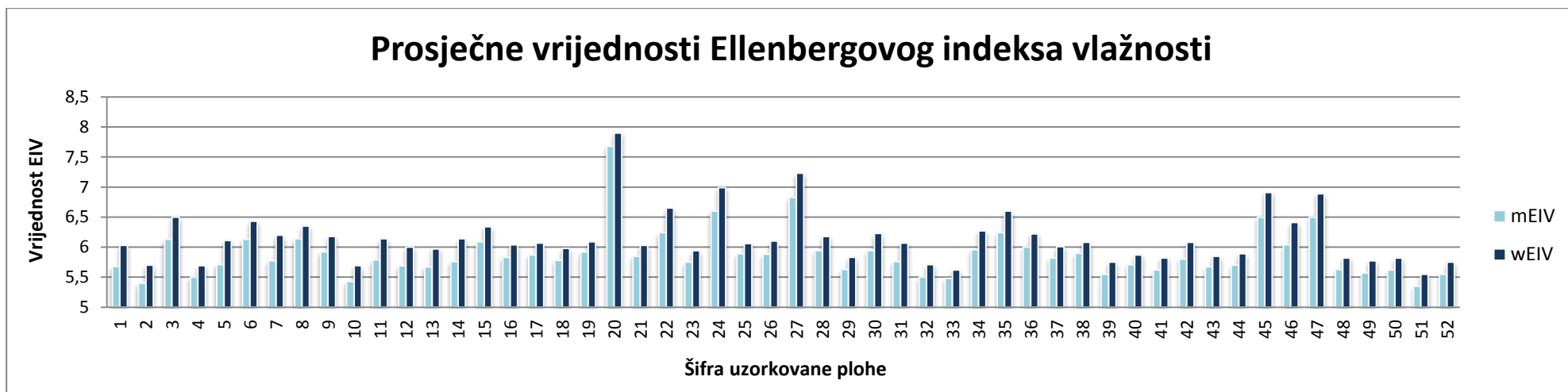
Uvjeti vlažnosti na istraživanim ploham su analizirani prema dva kriterija:

- A) prosječan Ellenbergov ekološki indeks vlažnosti za cijelu plohu sa i bez težinskog faktora određenog s obzirom na učestalost zabilježene vrste na pojedinoj plohi (Slika 131.) i
- B) udio (učestalost) vrsta određen vrijednosti EIV unutar pojedine uzorkovane plohe (Slika 132.).

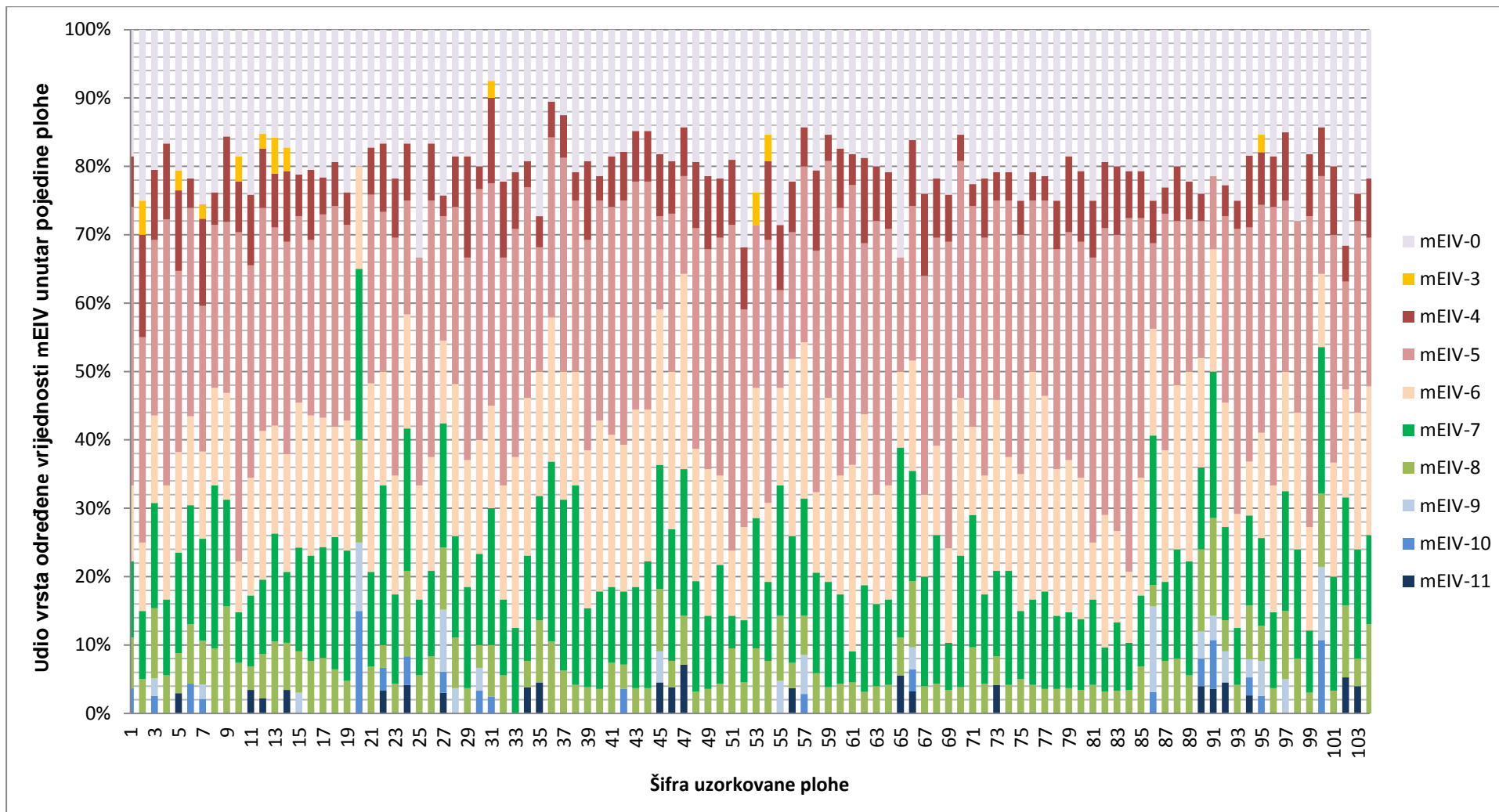
Najniža prosječna vrijednost EIV uzorkovanih ploha bez pridodanog težinskog faktora (u nastavku teksta: mEIV) iznosi 5,35 (plohe 51 i 84), a najviša 7,68 (ploha 20). S druge strane, najniža prosječna vrijednost EIV uzorkovanih ploha s pridodanim težinskim faktorom (u nastavku teksta: wEIV) iznosi 5,51 (ploha 84), a najviša 7,9 (ploha 20). Medijan mEIV za uzorkovane plohe iznosi 5,79, dok za wEIV iznosi 6,025.



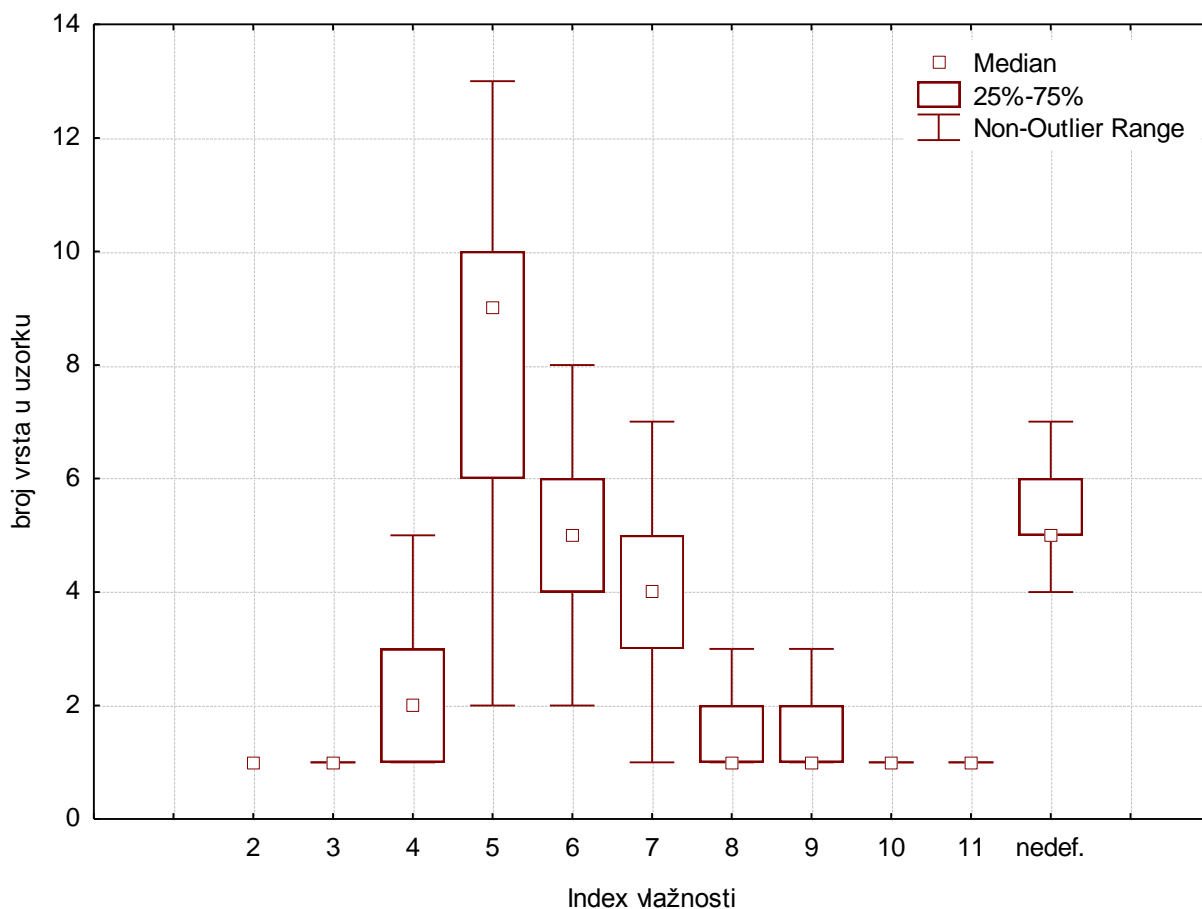
Slika 130. Raspoređenost uzorkovanih ploha s obzirom na prosječne vrijednosti ekološkog indeksa vlažnosti sa i bez pridodanog težinskog faktora



Slika 131. Vrijednosti Ellenbergovog ekološkog indeksa vlažnosti (sa i bez pridodanog težinskog faktora) za svaku uzorkovanu plohu (Oznake: mEIV = prosječna vrijednost EIV, wEIV = prosječna vrijednost EIV s pridodanim težinskim faktorom)



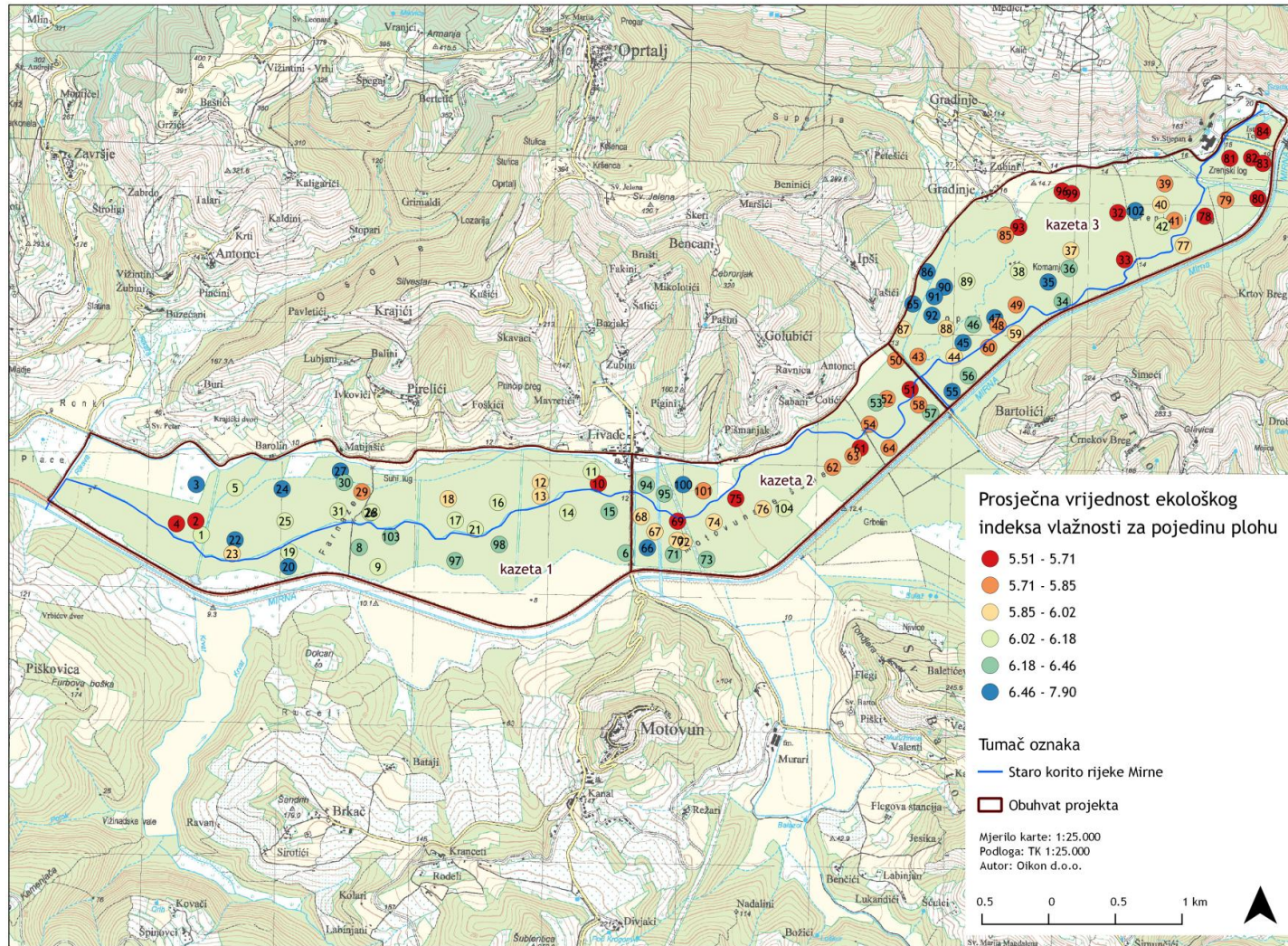
Slika 132. Raspodjela vrsta u uzorkovanim plohama prema Ellenbergovom ekološkom indeksu vlažnosti bez pridodanog težinskog faktora (mEIV) (Oznake: mEIV-3 - mEIV-11 = vrste utvrđene na pojedinoj plohi grupirane prema pripadajućoj vrijednosti mEIV (od 3-11), mEIV-0 = vrste za koje nije bilo moguće utvrditi pripadajuću vrijednost mEIV)



Slika 133. Raspodjela učestalosti vrsta prema ekološkim indeksima vlažnosti u uzorcima

S najvećom učestalošću javljaju se u uzorkovanim ploham vrste s EIV 5, zatim 6 i 7, dok je malo vrsta s EIV 3 i 4, odnosno EIV većim od 7. Navedeni rezultat u skladu je s činjenicom da se raspon vrijednosti EIV vrsta svojstvenih za paraklimaksnu zajednicu kreće od 5 - 7, odnosno da se raspon vrijednosti EIV vrsta klimazonalnih vrijednosti kreće od 3 - 6.

Prostorni raspored indikatorskih vrsta dan je u Prilogu 11.

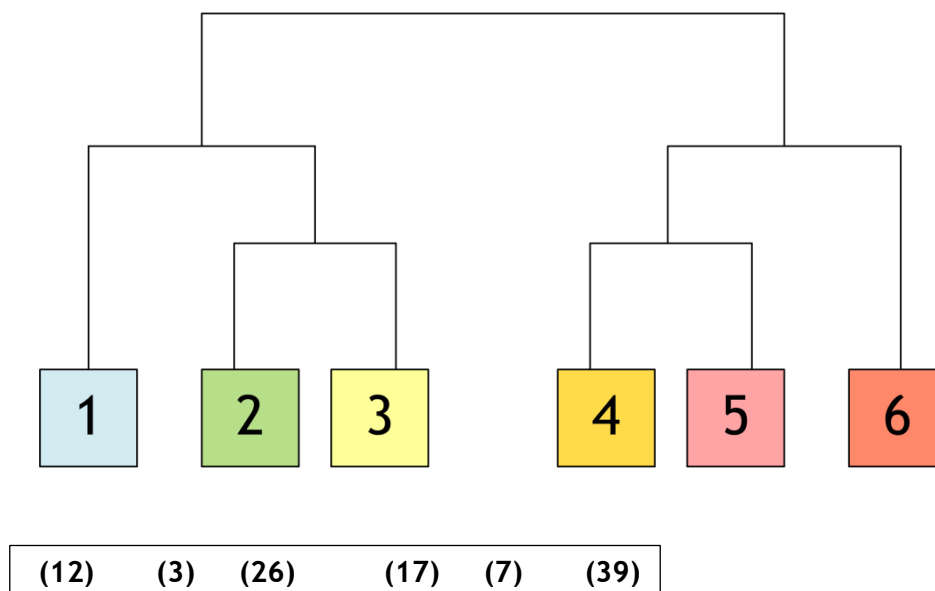


Slika 134. Prosječna vrijednost ekološkog indeksa vlažnosti s pridanim težinskim faktorom za pojedinu plohu. U kružiću je označen broj vegetacijske snimke.

4.1.2.2 Vegetacijski tipovi prema analizi flornog sastava

Za analizu florističkog sastava ploha korištena je TWINSpan metoda (Hill 1979) provedena pomoću programa Juice (Tichý 2002). Pomoću istog programa provedena je također jedna od ordinacijskih analiza - NMDS (Nonmetric Multidimensional Scaling), a korišten je i za izradu analitičke tablice. Nadalje, uzimajući u obzir pokrovnosti pojedinih vrsta izračunati su prosječni Ellenbergovovi ekološki indeksi za svaku plohu te su izračunati indeksi bioraznolikosti (bogatstvo vrsta, Shannon-Wiener-ov indeks i Pielou-ov indeks ujednačenosti).

Unutar zajednice poljskoga jasena i hrasta lužnjaka s visećim šašem (*As. Carici pendulae-Fraxinetum angustifoliae* Pedrotti 1970) izdvojeno je pomoću Twinspan analize šest vegetacijskih tipova. Prema florističkoj sličnosti, na prvoj razini razdvajanja vegetacijski tipovi 1, 2 i 3 odvojili su se od vegetacijskih tipova 4, 5 i 6 (Slika 135.). Značajna razlika u flornom sastavu koja je uzrokovala ovakvu podjelu je odsutnost (vegetacijski tipovi 1, 2 i 3), odnosno prisutnost (vegetacijski tipovi 4, 5 i 6) običnog graba (*Carpinus betulus* L.).



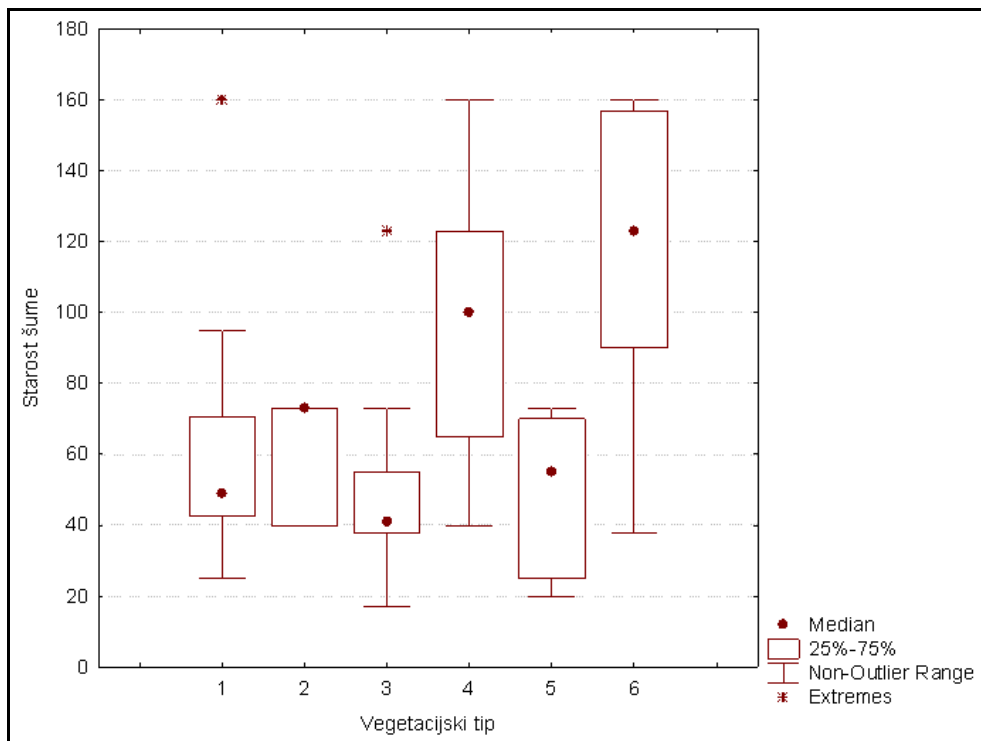
Slika 135. Prikaz raspodjele vegetacijskih tipova prema florističkoj sličnosti (u zagradi je prikazan broj snimki u svakoj skupini).

U florističkom sastavu vegetacijskih tipova 1, 2 i 3 češće su prisutne vrste karakteristične za vrlo vlažna i poplavna staništa (vrste sveze *Alnion glutinosae*), dok su u vegetacijskim tipovima 4, 5 i 6, osim karakterističnih vrsta asocijacije, sa znatnijom prisutnošću i pokrovnošću zastupljene vrste mezofilnijih staništa (vrste karakteristične za red *Fagetalia*). U svim vegetacijskim tipovima prisutne su vrste karakteristične za termofilnija staništa (vrste karakteristične za klimazonalnu vegetaciju - red *Quercetalia pubescentis*), no uočljivo je da im je prisutnost i pokrovnost najniža u vegetacijskom tipu s najvećim udjelom higrofilnih vrsta (vegetacijski tip 1).

U vegetacijski tip 2 izdvojile su se 3 snimke iznimno heterogenih svojstava. Naime, vegetacijske snimke smještene su u mladu šumu (ploha 1), odnosno u blizini ruba šume (ploha

2), dok plohom 7 prolazi šumski put. Stoga ove snimke imaju vrlo raznoliku strukturu te u usporednoj analizi prema pojedinim fitocenološkim karakteristikama i ekološkim parametrima pokazuju vrlo raznolika svojstva. Zbog toga, ali i zbog malog broja snimki, karakteristike ovog vegetacijskog tipa neće biti posebno komentirane u daljnoj usporednoj analizi.

Raspodjela vegetacijskih tipova prema starosti (Slika 136.) pokazuje da u vegetacijskom tipu 1, 2, 3 i 5 prevladavaju snimke mlađih šumskih sastojina, do 80 godina starosti (prema podacima o starosti šume iz Fonda Hrvatskih Šuma), dok u vegetacijskom tipu 4 prevladavaju snimke iz šumskih sastojina između 70 i 120 godina starosti. Šumske sastojine starije od 100 godina prevladavaju u vegetacijskom tipu 6. Kako se dio snimaka vegetacijskih tipova 4 i 6 preklapa u starosti, može se zaključiti da su razlike u fitocenološkom sastavu snimki između ova dva vegetacijska tipa rezultat razlika određenih ekoloških čimbenika. Sličan zaključak može se donijeti također za razdvajanje vegetacijskih tipova 1,2,3 i 5.



Slika 136. Prikaz starosti šume vegetacijskih tipova (prema podacima navedenim u pojedinom šumarskom odsjeku)

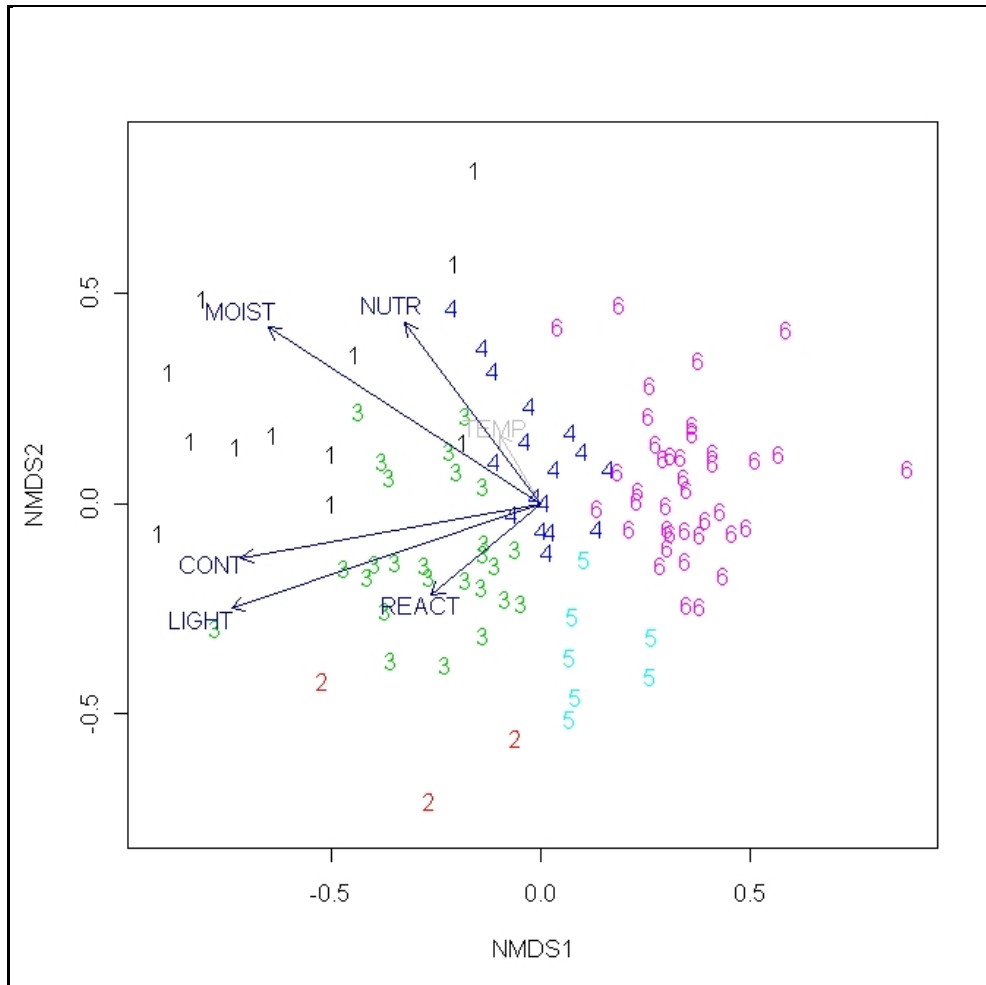
Slika 137. prikazuje rezultate ordinacijske analize NMDS, s pasivno projiciranim vektorima okolišnih faktora dobivenim na temelju Ellenbergovih ekoloških indeksa prilagođenih prema Pignattiju za cijelu Europu (preuzeto iz programa Juice, Tichý 2002). Radi usporedbe grupiranja ploha, koje se pokazalo vrlo sličnim za dvije upotrebene metode (NMDS i TWINSpan), ploha je pridružena pripadnost grupama dobivenim TWINSpan analizom.

Provedena NMDS analiza pokazala je sljedeću raspodjelu utvrđenih vegetacijskih tipova u odnosu na vlažnost:

- vegetacijski tip 1 pomaknut je u smjeru vektora koji označava povećanu vlažnost tla te predstavlja vegetacijski tip koji bi ukazivao na područja sa najvlažnijim tlima (u usporedbi s drugim vegetacijskim tipovima);

- potom slijede vegetacijski tipovi 3 i 4 koji predstavljaju vegetacijske tipove koji ukazuju na nešto vlažnija tla; dok
- vegetacijski tipovi 5 i 6 predstavljaju vegetacijske tipove kod kojih floristički sastav ukazuje na nešto suše uvjete, odnosno na područja umjereno vlažnog tla.

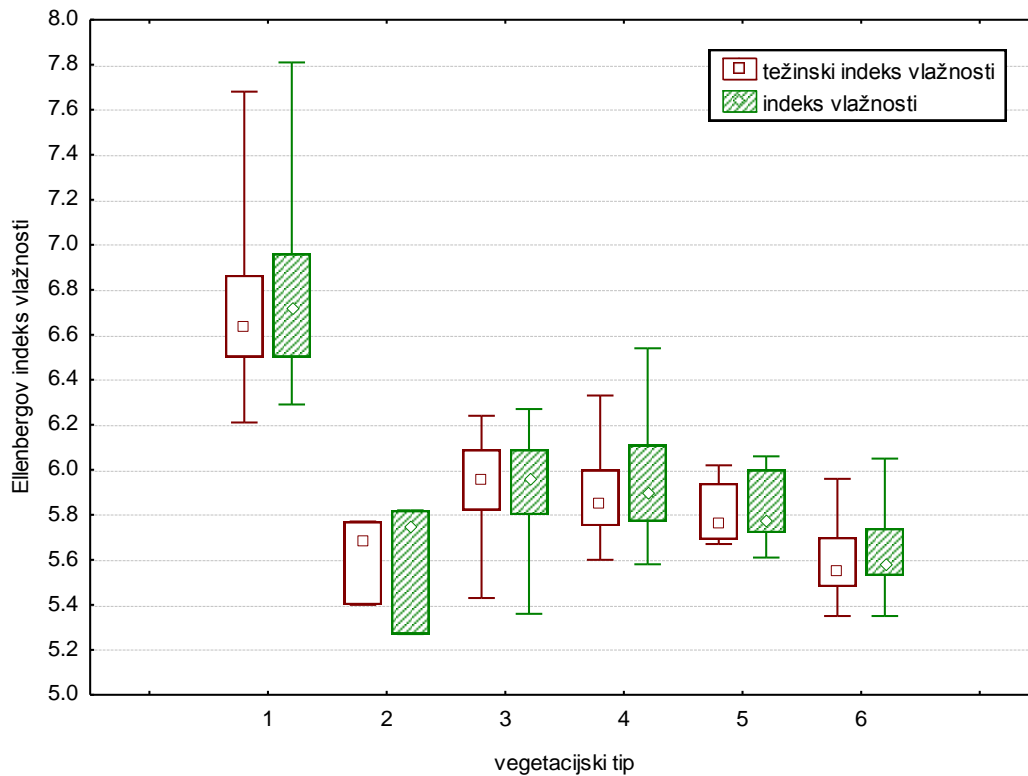
Snimke unutar vegetacijskog tipa 2 izdvojene su u zasebnu kategoriju zbog vrlo heterogenog flornog sastava uzrokovanog degradiranošću šumskih sastojina unutar kojih su odrađene te se u, odnosu na vlažnost, smještaju pored vegetacijskih tipova vlažnih i umjereno vlažnih tala. Snimke iz vegetacijskog tipa 2 i 1 su vrlo heterogene, a naročito vegetacijski tip 2 znatnije opisuju neki drugi okolišni faktori, poput otvorenosti staništa.



Slika 137. NMDS ordinacijski graf utvrđenih vegetacijskih tipova s pasivno projiciranim vektorima Ellenbergovih ekoloških indeksa prilagođenih prema Pignattiju za cijelu Europu (Oznake: NUTR - hranjivost tla, MOIST - vlažnost tla, CONT - kontinentalnost, LIGHT - svjetlost, REACT - reakcija tla).

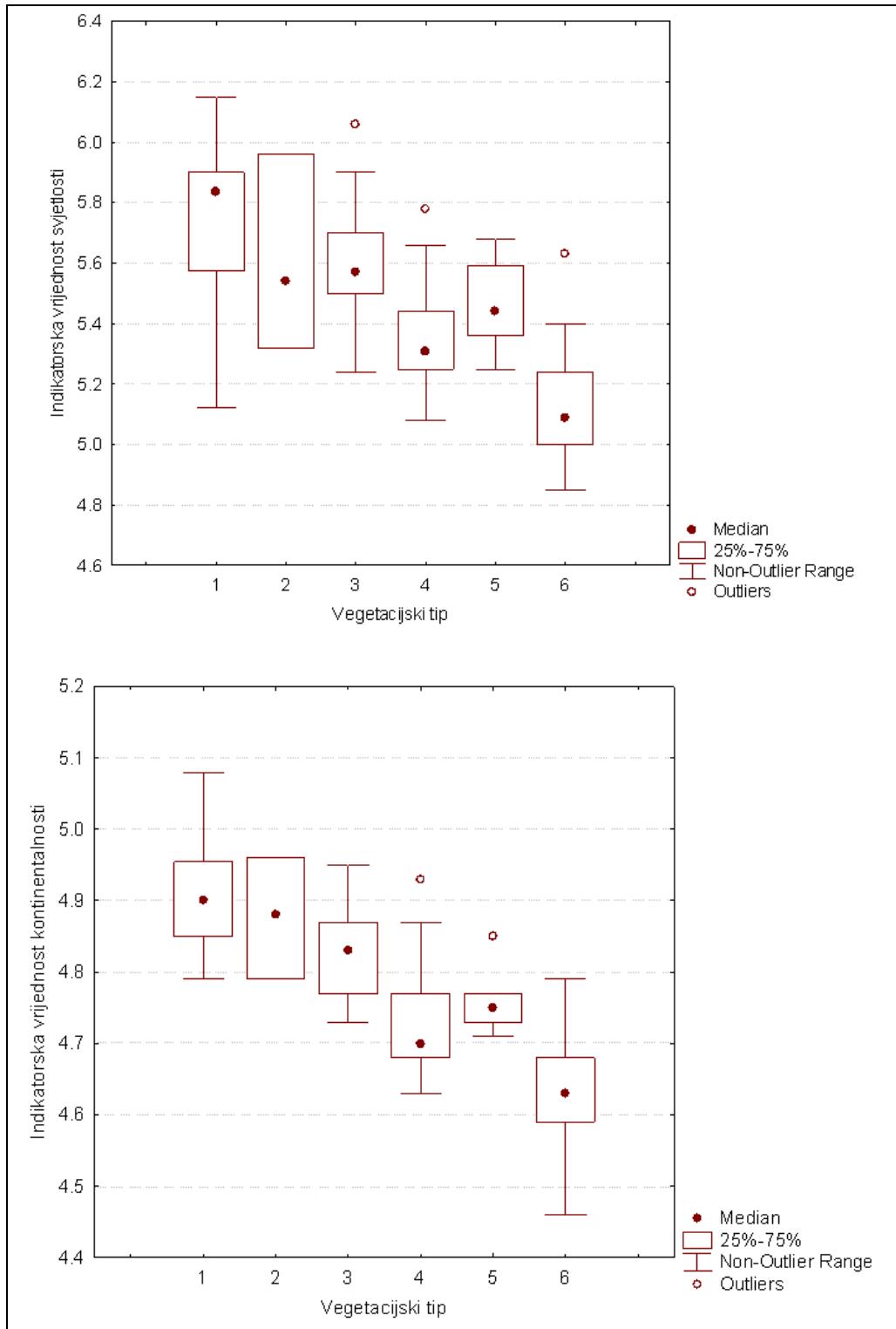
Sličnu raspodjelu pokazuje i analiza prosječnog Ellenbergovog indeksa vlažnosti vegetacijskih tipova (Slika 138.), prema kojoj su u vegetacijskom tipu 1 snimke s najvećim indeksom vlažnosti. Ostali vegetacijski tipovi nemaju jasnu granicu raspodjele prema ukupnom udjelu vrsta koje preferiraju vlažne stanišne uvjete, ali se uočava da u vegetacijskom tipu 3 i 4 veći broj snimaka (u odnosu na vegetacijski tip 5 i 6) pokazuje nešto vlažnije uvjete na plohi. Premda se uočava trend u padu Ellenbergovog indeksa vlažnosti između vegetacijskih tipova 3-6, preklapanje vrijednosti ukazuje na postojanje drugih čimbenika u razdvajanju

vegetacijskih tipova te da vlažnost nije jedini i dominantan čimbenik u raspodjeli ovih vegetacijskih tipova. Tako je vidljiv trend smanjenja kontinentalnosti vrsta i smanjenja zahtjeva vrsta za svjetlom u vegetacijskim tipovima od tipa 1 prema tipu 6 (Slika 139.).

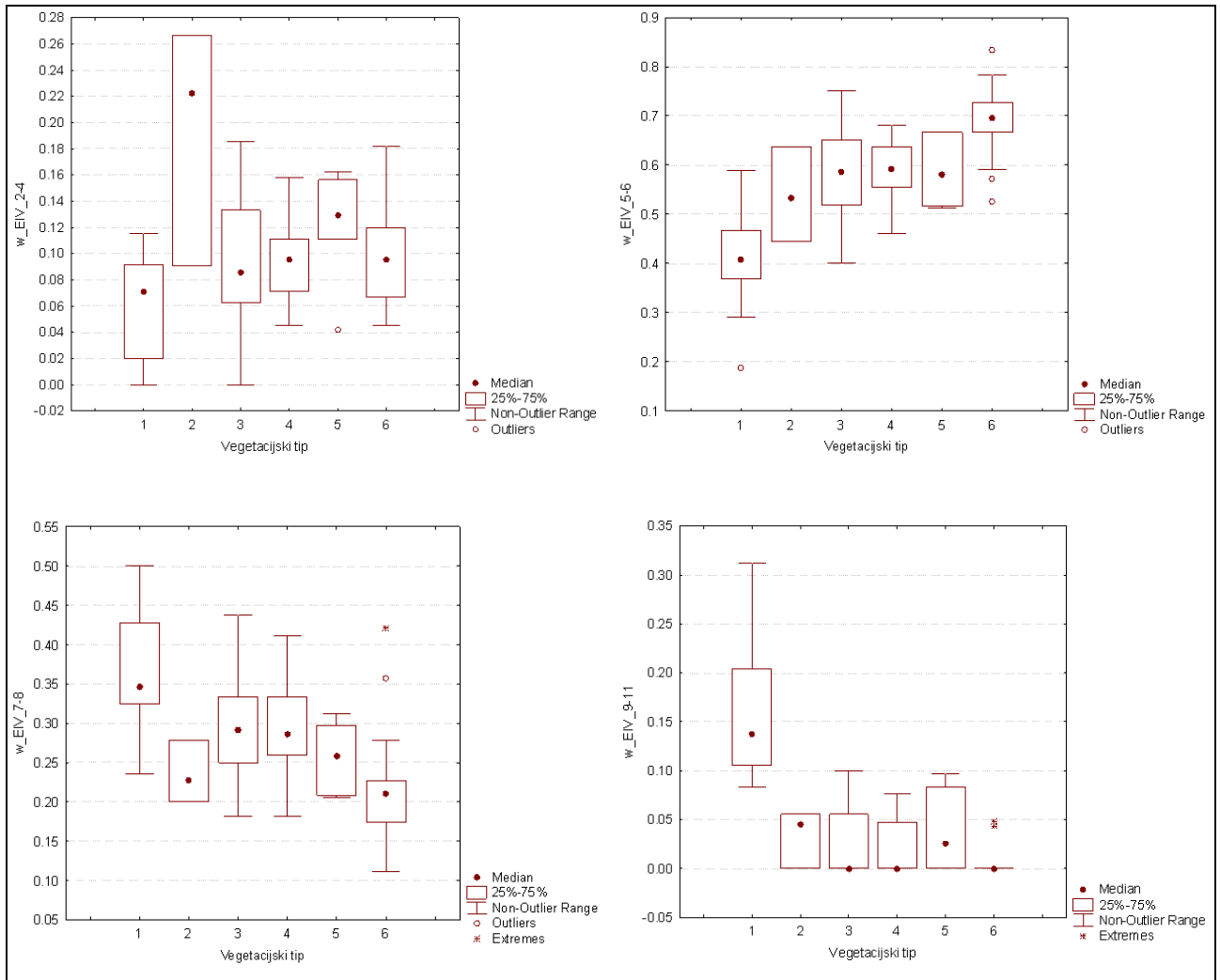


Slika 138. Raspodjela indeksa vlažnosti snimaka vegetacijskih tipova

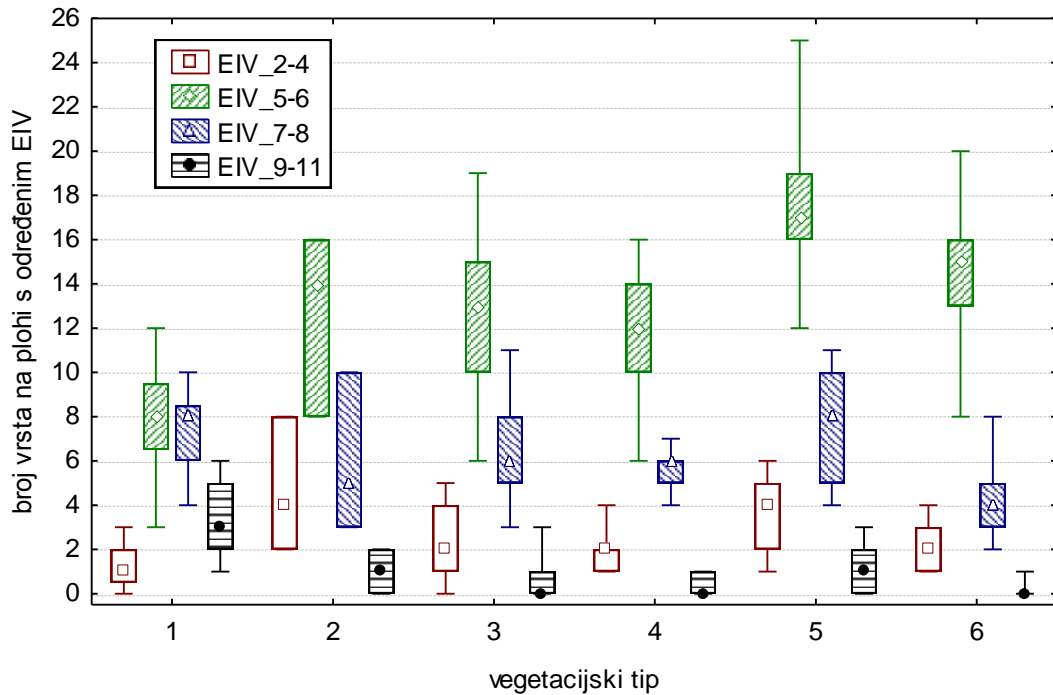
Raspodjela biljnih vrsta po vegetacijskim tipovima s obzirom na pripadajuće vrijednosti Ellenbergovog ekološkog indeksa vlažnosti (Slika 140. i Slika 141.) pokazuje da su vrste nešto suših tala s EIV između 2 i 4 (uključujući potencijalne indikatore isušivanja poput vrsta *Arum italicum* Mill., *Veronica chamaedrys* L., *Galium aparine* L., *Rhamnus catharticus* L., *Ruscus aculeatus* L. i *Carpinus betulus* L.) prilično ravnomjerno prisutne u svim vegetacijskim tipovima. Uglavnom je riječ o vrstama klimazonalne vegetacije od kojih su neke sa širom ekološkom amplitudom kada je u pitanju vlažnost (npr. *Ruscus aculeatus* L.) pronašle svoju ekološku nišu unutar paraklimaksne zajednice. Iznimka je njihova relativno visoka zastupljenost u vegetacijskom tipu 2, što se može objasniti otvorenosću staništa ovog vegetacijskog tipa. Također, veći udio termofilnih vrsta može se objasniti slabijom zasjenom mladih stabala i promjenjenom fitoklimom što rezultira pridolaskom vrsta tipičnih za otvorenija i termofilnija staništa. Pokazatelji svježih tala (EIV 5 i 6) značajnije su prisutni u najsušem vegetacijskom tipu te im brojnost pada u vegetacijskim tipovima (3 i 4) što upućuje da se vegetacijski tipovi 3 i 4 nalaze na područjima s nešto većom vlažnosti tla. Suprotno njima, brojnost pokazatelja vlažnih tala (EIV 7 i 8) je najveća u sklopu vegetacijskog tipa 1 i postupno pada prema vegetacijskom tipu 6 (gdje je najmanja učestalost ovih vrsta). Najveći broj vrsta mokrih tala s EIV od 9 i više (uključujući potencijalne indikatore zabarivanja i zamočvarivanja poput vrsta *Alisma plantago-aquatica* L., *Carex riparia* Curtis, *Carex otrubae* Podp., *Lycopus europaeus* L. i *Mentha aquatica* L.) pridolazi u vegetacijskom tipu 1 koji je razvijen na najvlažnijim djelovima Motovunske šume.



Slika 139. Prikaz raspodjele vegetacijskih snimaka po vegetacijskim tipovima s obzirom na njihove Ellenbergove ekološke indekse svjetlosti i kontinentalnosti

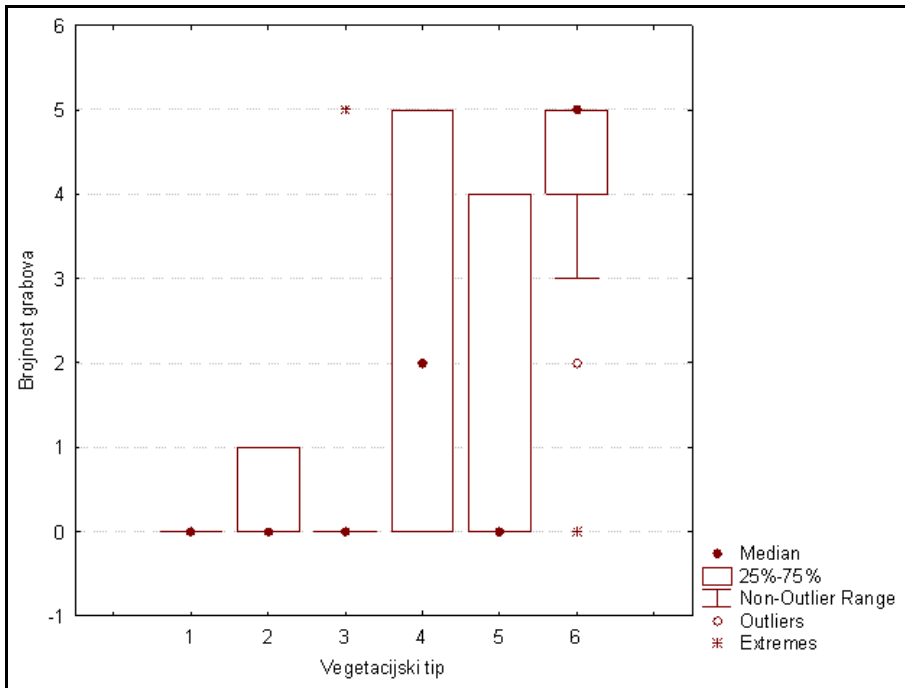


Slika 140. Raspodjele udjela biljnih vrsta u snimci po vegetacijskim tipovima s obzirom na njihov Ellenbergov ekološki indeks vlažnosti

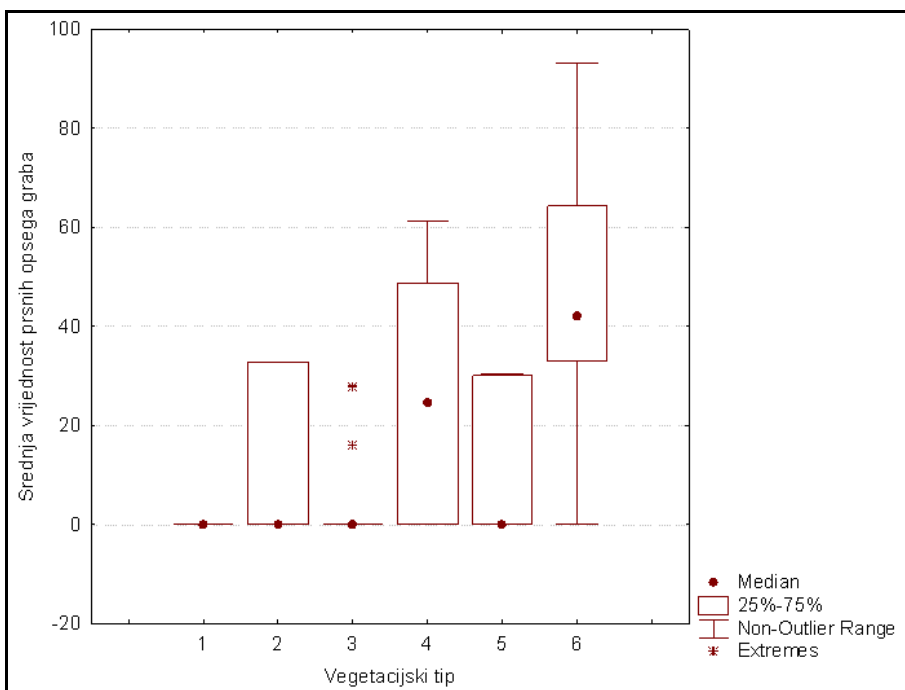


Slika 141. Broj vrsta na plohi sa određenom grupom Ellenbergovog indeksa vlažnosti u pojedinim vegetacijskim tipovima

Prisutnost običnog graba na uzorkovanim ploham je posebno bilježena, s obzirom da obični grab ne podnosi visoke razine podzemne vode te da može sugerirati suše stanišne uvjete, tj. stanišne uvjete „grede“. Obični grab je, prema zabilježenim najdebljim jedinkama unutar plohe ili bližoj okolini plohe, gotovo konstantno prisutan samo u vegetacijskom tipu 6 (Slika 142. i Slika 143.), što potvrđuje pretpostavku da su u ovaj vegetacijski tip izdvojene snimke sa suših stanišnih uvjeta. Ipak, potrebno je naglasiti da se ovim šumama gospodari i da su glavne gospodarske vrste poljski jasen i hrast lužnjak te da je moguće da su šumarskim radovima stabla običnog graba uklanjana iz sastojina. Zato odsustvo običnog graba, kao i starost stabala, treba analizirati imajući u vidu i starost pojedinih sastojina te do sada obavljene šumarske radove.



Slika 142. Prikaz raspodjele zabilježene brojnosti običnog graba (*Carpinus betulus* L.) u vegetacijskim tipovima

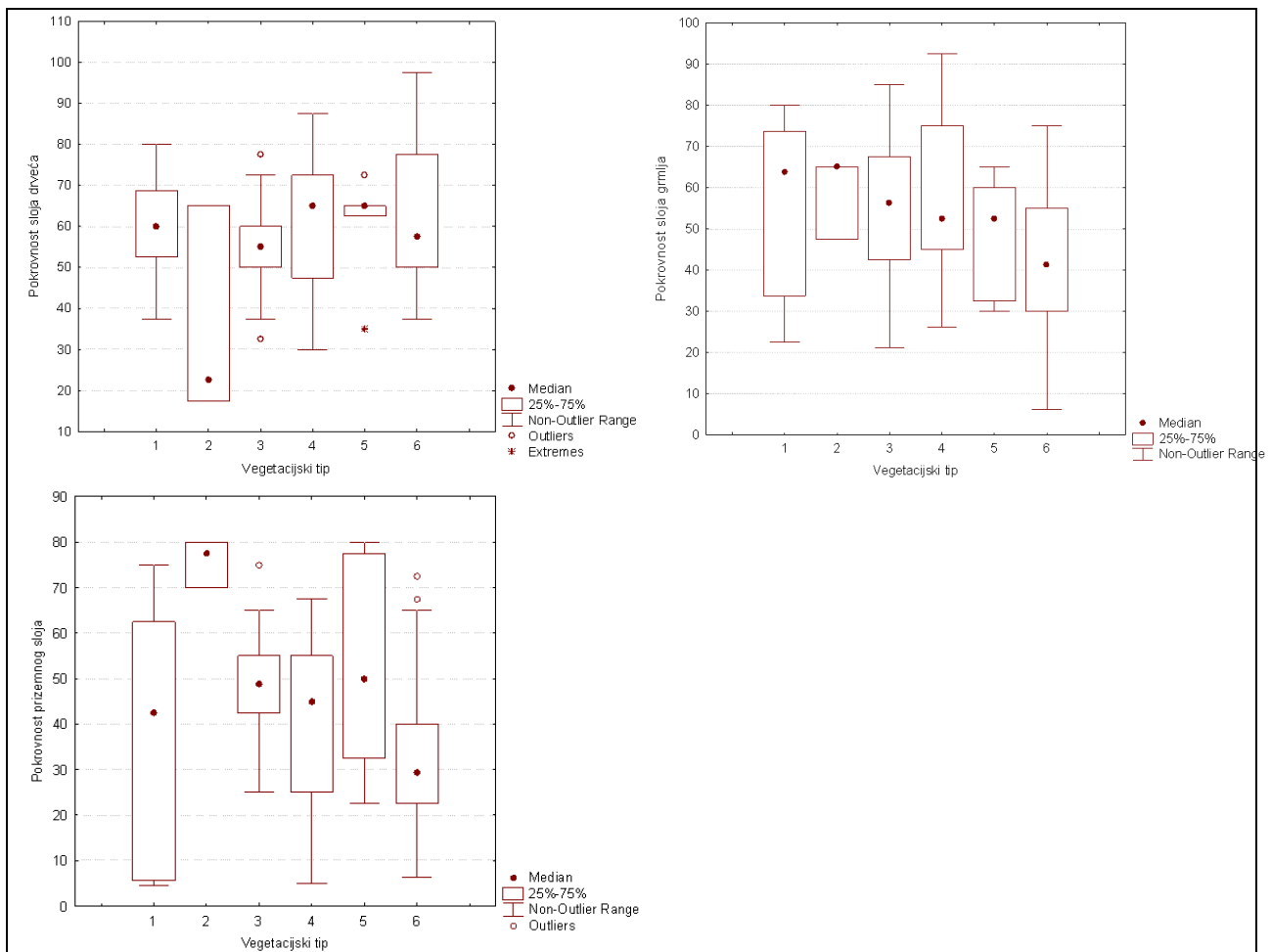


Slika 143. Prikaz raspodjele izmjenjenih srednjih vrijednosti prsnih opsega običnog graba (*Carpinus betulus* L.) u vegetacijskim tipovima

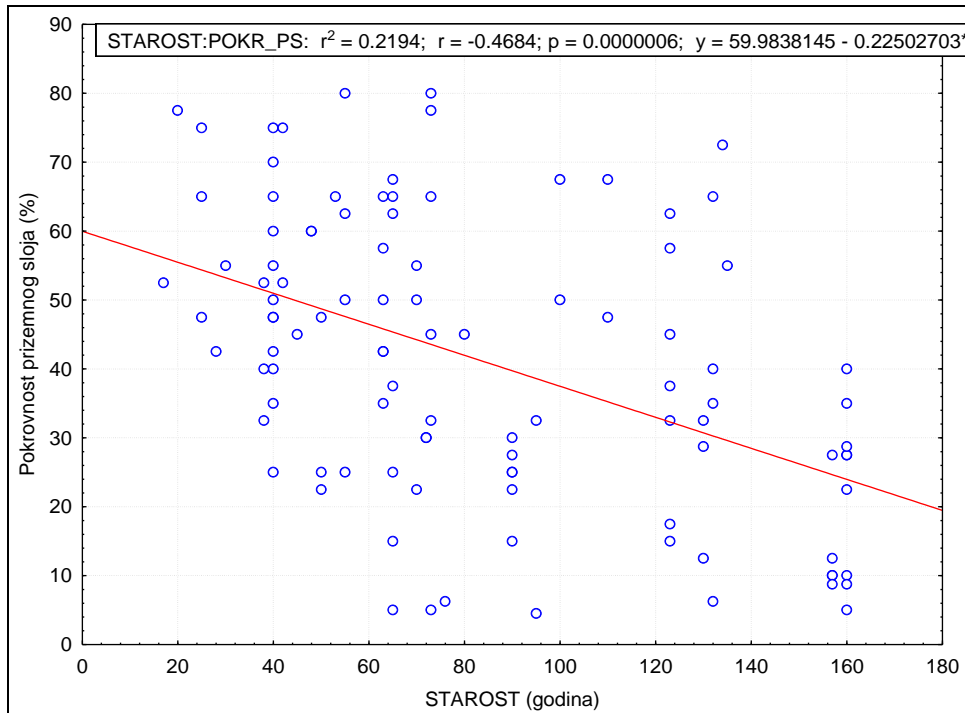
Pokrovnost pojedinog sloja također može ukazivati na vlažnije ekološke uvjete. Tako u kontinentalnim poplavnim šumama, u šumi crne johe i poljskog jasena (as. *Pruno padi-Fraxinetum angustifoliae*), sloj grmlja pokriva prosječno 60 % površine, a prizemni sloj 80 - 100 % površine. S druge strane, pokrovnost sloja grmlja u šumi hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (as. *Genisto elatae-Quercetum roboris*) nešto je manja - 10 do 50 % površine, dok je u šumi hrasta lužnjaka i običnog graba (as. *Carpino betuli-Quercetum roboris*) još manja.

Analiza pokrovnosti sloja grmlja i drveća te prizemnog sloja po vegetacijskim tipovima na području Motovunske šume (Slika 144.) pokazuje podjednaku pokrovnost sloja drveća u najvećem broju slučajeva u svim vegetacijskim tipovima (s izuzetkom vegetacijskog tipa 2). Pokrovnost sloja grmlja ne pokazuje jasne razlike između utvrđenih vegetacijskih tipova, premda se može uočiti da se učestalost snimaka s većom pokrovnošću ovog sloja povećava od vegetacijskog tipa 6 prema vegetacijskom tipu 1.

Veća pokrovnost prizemnog sloja je češća u vegetacijskim tipovima kojima su obuhvaćene najmlađe sastojine (vegetacijski tip 1, 3 i 5), odnosno rjeđa u najstarijim sastojinama (vegetacijski tip 6). Pokrovnost prizemnog sloja i procijenjena starost šume (prema pripadnosti šumskom odsjeku) pokazuju slabu zavisnost, ali još uvijek značajnu ($r=-0.47$; $p<0.05$; Slika 145.). Manja pokrovnost prizemnog sloja u pojedinim snimkama vegetacijskog tipa 1 može ukazivati na znatno vlažnije uvjete i zamočvarenje na ovim ploham, s obzirom na veću pokrovnost sloja grmlja.



Slika 144. Prikaz raspodjele pokrovnosti pojedinog vegetacijskog sloja u vegetacijskim tipovima



Slika 145. Pokrovnost prizemnog sloja u zavisnosti od starosti šume (prema pripadnosti šumskom odsjeku)

Karakteristične drvenaste vrste zajednice, poput poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl), hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i poljskog brijesta (*Ulmus minor* Miller), redovito su prisutne u sva tri sloja svih vegetacijskih tipova, kao i karakteristične zeljaste vrste razmaknuti šaš (*Carex remota* L.) i viseći šaš (*Carex pendula* Huds.). Uočava se pravilnost da je u sušim vegetacijskim tipovima manja pokrovnost visećeg šaša (vegetacijski tip 6), odnosno brojnost i pokrovnost razmaknutog šaša (vegetacijski tip 5 i 6).

Prisutnost i pokrovnost hrasta lužnjaka i poljskog jasena kao glavnih vrsta u dominantnoj etaži analizirana je prema:

- a) pokrovnosti ovih vrsta u sloju drveća svake snimke (Slika 146.)
- b) prema podacima u širem području istraživane plohe na temelju podataka o volumnom udjelu ovih vrsta u odsjeku (Fond Hrvatskih šuma) - (Slika 147.)

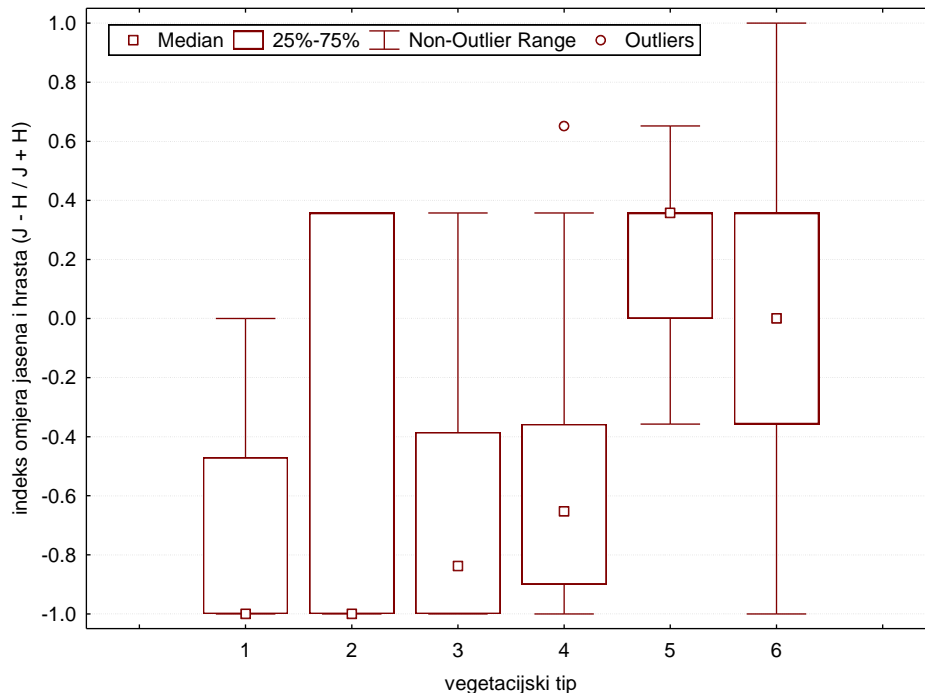
te je prikazana kao:

$$\text{indeks omjera hrasta lužnjaka i jasena} = \frac{\text{udio hrasta lužnjaka} - \text{udio poljskog jasena}}{\text{udio hrasta lužnjaka} + \text{udio poljskog jasena}}$$

pri čemu indeks pokazuje vrijednosti od -1 (prisutan je samo poljski jasen) do 1 (prisutan je samo hrast lužnjak), dok 0 predstavlja podjednak omjer hrasta lužnjaka i poljskog jasena.

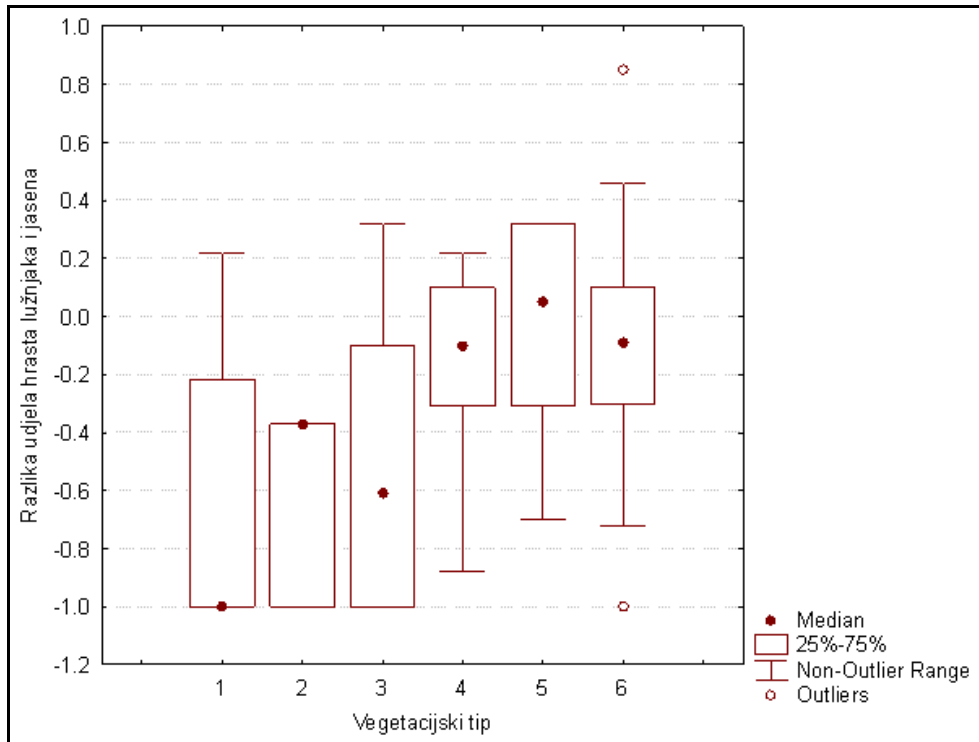
U vegetacijskim tipovima 1, 2, 3 i 4 u sloju drveća pokrovnošću prevladava poljski jasen (u odnosu na hrast lužnjak), a zabilježene su i snimke u kojima nije zabilježen hrast lužnjak u sloju drveća. Nasuprot tome, u vegetacijskom tipu 6 u snimkama je utvrđena podjednaka pokrovnost poljskog jasena i hrasta lužnjaka u sloju drveća, dok je u vegetacijskom tipu 5, u kojeg su svrstane mlađe šume hrasta lužnjaka (prema šumarsko gospodarskoj osnovi 20-70

godina starosti), pokrovnost hrasta lužnjaka uglavnom veća u odnosu na pokrovnost jasena. Omjer pokrovnosti hrasta lužnjaka i poljskog jasena pokazuje očekivanu raspodjelu rezultata s obzirom na distribuciju indeksa vlažnosti ovih vegetacijskih snimaka i naglašava nešto suše uvjete u vegetacijskom tipu 5 i 6 od onih u vegetacijskim tipovima 3 i 4, te najvlažnije uvjete na području rasprostranjenja vegetacijskog tipa 1.



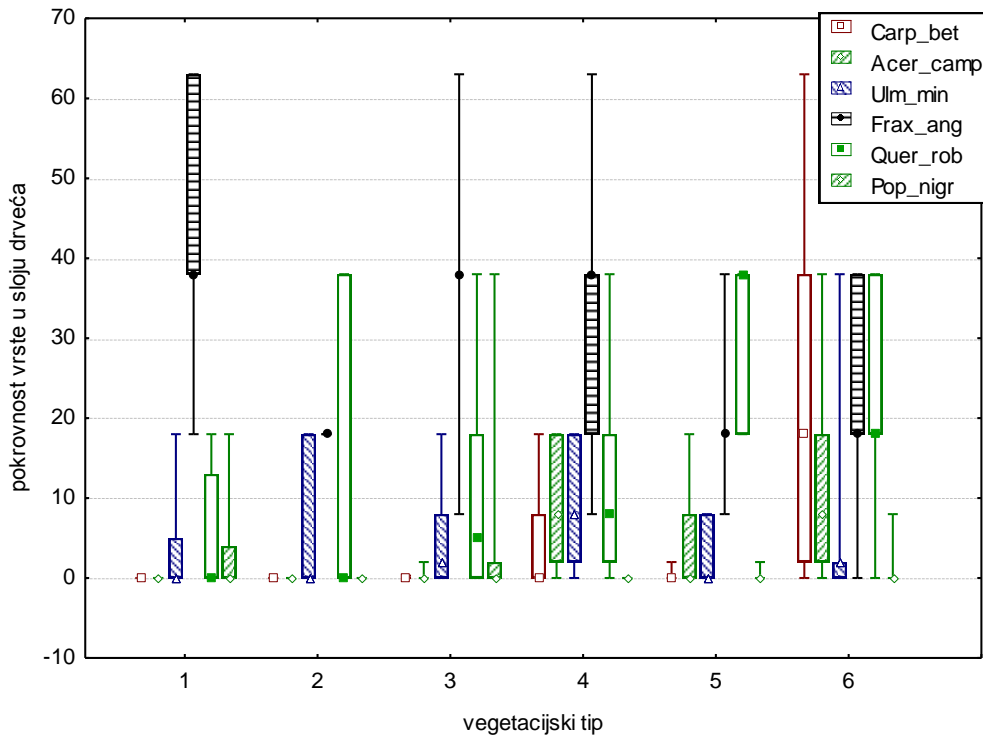
Slika 146. Indeks omjera poljskog jasena i hrasta lužnjaka u sloju drveća u vegetacijskom tipu

Analiza omjera hrasta lužnjaka i poljskog jasena na širem području pojedine istraživane plohe (na temelju podataka o volumnom udjelu ovih vrsta u odsjeku) pokazuje da se plohe iz vegetacijskog tipa 4 nalaze u šumama u kojima je nešto veći udio hrasta lužnjaka, što može biti povezano sa činjenicom da se ove snimke uglavnom nalaze u starijim šumskim sastojinama u kojima se nalaze pojedinačna dominantna stabla hrasta. Ovo ukazuje da su u vegetacijskom tipu 4 potencijalno izdvojene stare šume sa nešto vlažnijim ekološkim uvjetima od onih u vegetacijskom tipu 6.



Slika 147. Prikaz razlike udjela hrasta lužnjaka i poljskog jasena u vegetacijskim tipovima (prema volumnom udjelu hrasta i jasena u pojedinom šumarskom odsjeku)

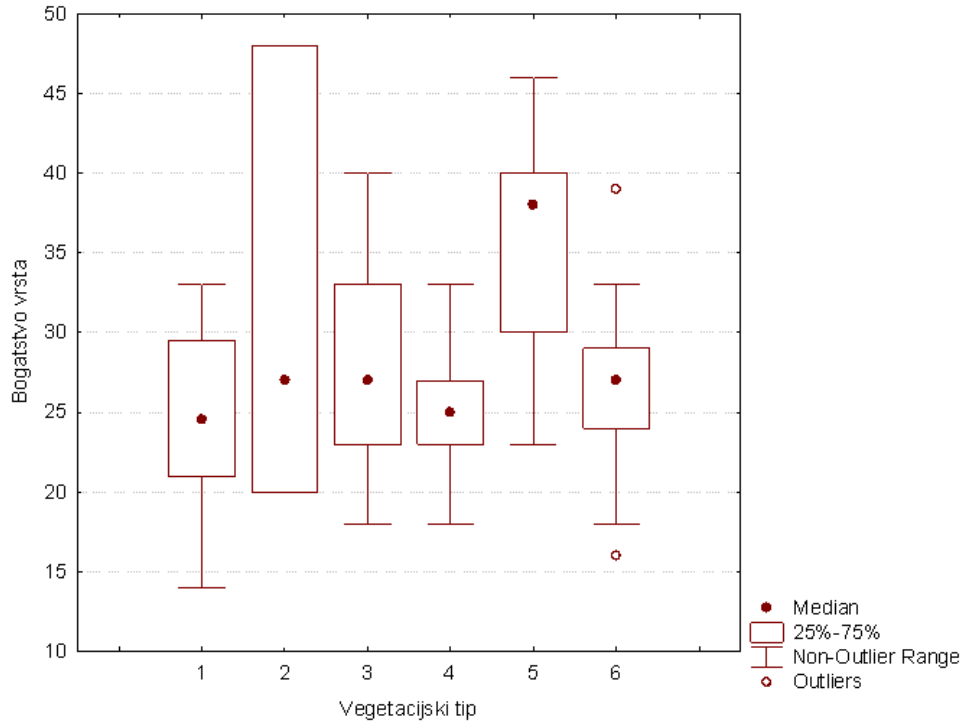
Pored poljskog jasena i hrasta lužnjaka, najučestalije vrste u sloju drveća su obični grab (*Carpinus betulus* L.), poljski javor (*Acer campestre* L.), poljski brijest (*Ulmus minor* Miller) i topola (*Populus nigra* L.) (Slika 148.). Poljski brijest pokazuje nešto veću pokrovnost u sloju drveća u vegetacijskim tipovima koji obuhvaćaju mlađe šumske sastojine, što je u skladu sa činjenicom da je 1960-ih došlo do sušenja i gotovo potpunog nestanka poljskog brijesta. Poljski javor u pravilu nedostaje u sloju drveća u vegetacijskim tipovima 1, 2 i 3, dok je najčešći u vegetacijskom tipu 5. Obični grab pokazuje veću pokrovnost i veću učestalost u sloju drveća vegetacijskog tipa 6, te nešto manju u vegetacijskom tipu 4, što ukazuje na suše uvjete, ali može biti povezano i sa starošću šumskih sastojina ovih vegetacijskih tipova. Zanimljivo je da u vegetacijskom tipu 5, koji obuhvaća mlađe šumske sastojine, obični grab nije zabilježen u sloju drveća, već samo dolazi u sloju grmlja (u 2 snimke) i prizemnom sloju. Moguće objašnjenje ovakvog rezultata je da su tijekom uređajnih šumarskih radova stabla običnog graba uklanjana iz sloja drveća. Ipak, u sloju drveća u nekoliko vegetacijskih snimaka vegetacijskog tipa 5 zabilježeni su poljski javor i poljski brijest.



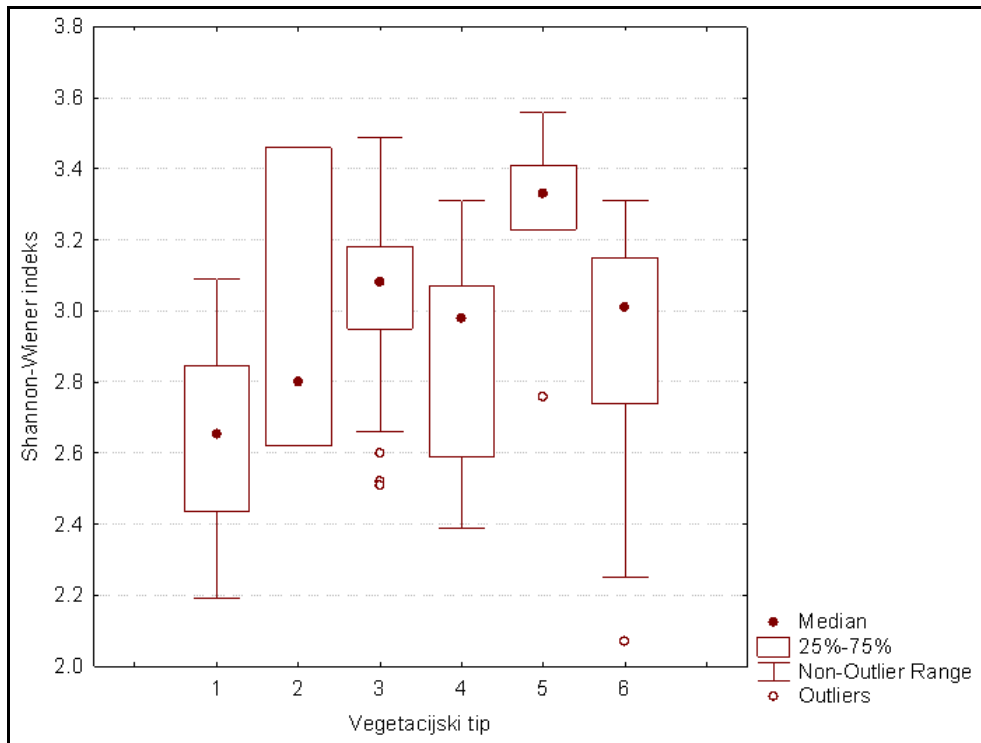
Slika 149. Pokrovnost najučestalijih vrsta u sloju drveća u pojedinim vegetacijskim tipovima

Indeksi bioraznolikosti

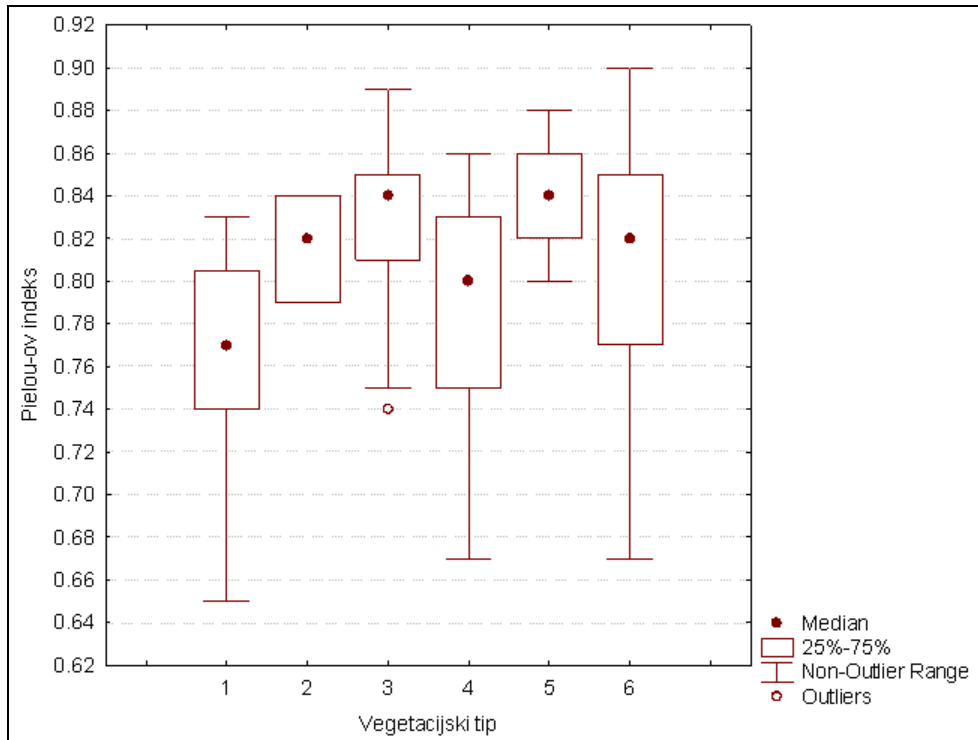
Indeks bogatstva vrsta (Slika 150.) ukazuje da je u najvećem broju slučajeva vrstama najbogatiji vegetacijski tip 5 koji predstavlja nešto suše stanišne uvjete, no obuhvaća mlađe sastojine šuma hrasta lužnjaka i jasena. S druge strane, u najvećem broju slučajeva vrstama je najsiromašniji vegetacijski tip 1, koji predstavlja najvlažnije stanišne uvjete. Isto potvrđuje Shannon-Wiener-ov indeks (Slika 151.) prema kojem je u najvećem broju slučajeva bioraznolikost najveća u vegetacijskom tipu 5, a najmanja u vegetacijskom tipu 1. Dobiveni Pielou-ovi indeksi ujednačenosti (Slika 152.) pokazuju da su u najvećem broju slučajeva vegetacijski tipovi 3 i 5 najhomogeniji, dok je vegetacijski tip 1 najheterogeniji.



Slika 150. Vrijednosti indeksa bogatstva vrsta pojedinog vegetacijskog tipa



Slika 151. Vrijednosti Shannon-Wienerova indeksa kao pokazatelja biološke raznolikosti pojedinog vegetacijskog tipa



Slika 152. Vrijednosti Pielou-ov indeks ujednačenosti vrsta pojedinog vegetacijskog tipa

4.1.2.3 Značajke vegetacijskih tipova (VT)

Na području Motovunske šume možemo razlikovati dvije grupe vegetacijskih tipova, što je potvrđeno rezultatima Twinspan analize (Slika 136.). Prvu grupu čine vegetacijski tipovi (u nastavku teksta: VT) 1, 2 i 3 koji obuhvaćaju svjetlije šume jasena nižih dobnih razreda s većim udjelom vrsta karakterističnih za vlažna staništa, a koje ujedno imaju kontinentalniji karakter. U sloju drveća dominira jasen, a izostaje obični grab (kao i u drugim slojevima).

Drugu grupu čine vegetacijski tipovi 4, 5 i 6 koje karakterizira prvenstveno prisutnost običnog graba te, uz prisutnost karakterističnih vrste asocijacije, znatna prisutnost i pokrovnost vrsta mezofilnijih staništa (karakterističnih za red *Fagetalia*). U sloju drveća često je veći udio hrasta lužnjaka. Često su to starije sastojine, a karakterizira ih također smanjena kontinentalnost vrsta i smanjena potreba biljaka za svjetlom.

Pojedini vegetacijski tipovi opisani su u nastavku teksta, dok je detaljan uvid u aktualan florni sastav pojedine uzorkovane plohe dan u analitičkoj tablici (Prilog 13.).

Vegetacijski tip 1 (12 snimki)

- najveći zabilježen udio vrsta karakterističnih za vrlo vlažna i poplavna staništa ($EIV > 9$) te najniža prisutnost i pokrovnost vrsta karakterističnih za termofilnija staništa (odnosno klimazonalnu zajednicu) ukazuju da vegetacijski tip karakterizira povećana vlažnost tla što potvrđuju i rezultati NMDS analize te dijagram raspodjele vrsta po vegetacijskim tipovima u odnosu na pripadajuće vrijednosti EIV;



- premda karakteriziran visokom pokrovnošću prizemnog sloja, vrstama je najsiromašniji vegetacijski tip s najnižim medijanom bioraznolikosti i najmanjim medijanom ujednačenosti;
- čine ga mlađe šumske sastojine s dominacijom poljskog jasena i bez prisutnosti običnog graba i poljskog javora u sloju drveća.

Vegetacijski tip 2 (3 snimke)

- šumske sastojine obuhvaćene vegetacijskim snimkama izdvojile su se u zasebnu skupinu zbog svojih specifičnosti:
 - šuma obuhvaćena plohom 1 je mlada, ploha 2 se nalazi u blizini ruba šume, dok plohom 7 prolazi šumski put;
- čine ga mlađe šumske sastojine, gdje prevladava jasen u sloju drveća;
- vegetacijski tip karakteriziraju nešto vlažnija tla u odnosu na vegetacijske tipove 3-6.

Vegetacijski tip 3 (26 snimki)

- prisutnost vrsta karakterističnih za vrlo vlažna i poplavna staništa ($EIV \geq 9$) te općenito veća prisutnost vrsta karakterističnih za vlažna staništa (vrste sveze *Alnion glutinosae*) ukazuju na nešto vlažnije uvjete tla u odnosu na najsuši vegetacijski tip 6;
- od vegetacijskog tipa 1 razlikuje ga veći udio mezofilnih vrsta (karakterističnih za red *Fagetalia*) i vrsta karakterističnih za termofilnija staništa (odnosno klimazonalnu vegetaciju);
- karakterizira ga također visoka pokrovnost prizemnog sloja te homogen sastav vrsta;
- vrlo sličnog flornog sastava kao vegetacijski tip 4:
 - glavna razlika je odsustvo običnog graba (ili vrlo mala pokrovnost),
 - obuhvaća nešto mlađe šumske sastojine u odnosu na vegetacijski tip 4,
 - izraženija je kontinentalnost vrsta i potreba za svjetlom.

Vegetacijski tip 4 (17 snimki)

- šumske sastojine različite starosti, no uglavnom prevladavaju starije šumske sastojine;
- podjednaka prisutnost vrsta karakterističnih za vlažna i mezofilna staništa, dok rezultati NMDS analize i dijagrama raspodjele vrsta po vegetacijskim tipovima u odnosu na pripadajuće vrijednosti EIV ukazuju sličnu vlažnost tla kao i kod vegetacijskog tipa 3;
- od suših stanišnih tipova razlikuje ga:
 - veći udio vrsta karakterističnih za vlažna staništa (EIV između 7 i 8),
 - veća pokrovnost jasena u sloju drveća, u odnosu na hrast lužnjak te
 - rijedja prisutnost ljeske;
- vrlo sličnog flornog sastava kao vegetacijski tip 3:
 - glavna razlika je prisutnost običnog graba,
 - obuhvaća nešto starije šumske sastojine u odnosu na vegetacijski tip 3,
 - manje je izražena kontinentalnost vrsta i potreba za svjetlom u odnosu na vegetacijski tip 3.

Vegetacijski tip 5 (7 snimki)

- obuhvaća mlade šumske sastojine, a karakterizira ih slabija brojnost i pokrovnost razmaknutog šaša (*Carex remota* L.) te, prema rezultatima NMDS analize i dijagrama raspodjele vrsta po vegetacijskim tipovima u odnosu na pripadajuće vrijednosti EIV, umjereno vlažno tlo;
- visoka pokrovnost prizemnog sloja i veći udio termofilnih vrsta karakterističnih za klimazonalnu vegetaciju može se objasniti slabijom zasjenom mladih stabala (i promijenjenom mikrofitoklimom);
- karakterizira ga također veća pokrovnost hrasta lužnjaka u sloju drveća;
- u najvećem broju slučajeva vrstama je najbogatiji vegetacijski tip s najvećom bioraznolikošću, dok je sastav vrsta homogen u odnosu na ostale vegetacijske tipove.

Vegetacijski tip 6 (39 snimki)

- stare šumske sastojine (među najstarijim dijelovima Motovunske šume), a karakterizira ih visok udio mezofilnih vrsta te, prema rezultatima NMDS analize i dijagrama raspodjele vrsta po vegetacijskim tipovima u odnosu na pripadajuće vrijednosti EIV, umjereno vlažno tlo;
- gust sklop krošanja u podjednakim omjerima tvore hrast lužnjak i jasen, a sa značajnom pokrovnošću i prisutnošću u sva tri sloja javlja se obični grab čije su jedinke, u odnosu na ostale vegetacijske tipove, prosječno i najdeblje;
 - u usporedbi s ostalim vegetacijskim tipovima, jasen je slabije zastupljen u prizemnom sloju i sloju grmlja;
- vegetacijski tip karakterizira također manja pokrovnost sloja grmlja te nešto niža pokrovnost prizemnog sloja kao posljedica gustog sloja krošanja, ali moguće i suših stanišnih uvjeta.

4.1.2.4 Karta šumskih vegetacijskih tipova

Na temelju dobivenih rezultata napravljena je analiza prostorne razdiobe vegetacijskih tipova koja je potom poslužila kao temelj za izradu Karte šumskih vegetacijskih tipova (Prilog 13.). Pritom je bitno istaknuti da je pri izradi Karte šumskih vegetacijskih tipova naglasak bio na vegetacijskim tipovima koji prevladavaju na pojedinom području te nije isključena mogućnost mjestimične, prostorno ograničene pojave i drugih vegetacijskih tipova kao posljedice različitih mikroreljefnih i mikrofitoklimatskih uvjeta. Analizom prostorne razdiobe vegetacijskih tipova može se zaključiti sljedeće:

- vegetacijski tip 1 utvrđen je u najvećem broju vegetacijskih snimaka uz stalne i povremene vodene tokove na području 3. kazete, dok se na području 1. i 2. kazete pojavljuje sporadično;
- vegetacijski tip 2 zabilježen je samo na području 1. kazete ;

- vegetacijski tip 3 najčešće je bilježen na području 1. kazete 1, dok je na prostoru 2. i 3. kazete bilježen sporadično;
- vegetacijski tip 4 zabilježen je sporadično na području 1. kazete, a nešto češće na području 2. i 3. kazete;
- vegetacijski tip 5 uglavnom je bilježen na području 1. kazete, dok je na području 2. kazete zabilježen u njenom najzapadnijem dijelu;
- vegetacijski tip 6 uglavnom je bilježen na prostoru 3. kazete, nešto rjeđe na području 2. kazete, dok u 1. kazeti izostaje.

4.1.3 Analiza fiziološkog stanja glavnih edifikatorskih vrsta drveća nizinskog ekosustava Motovunske šume

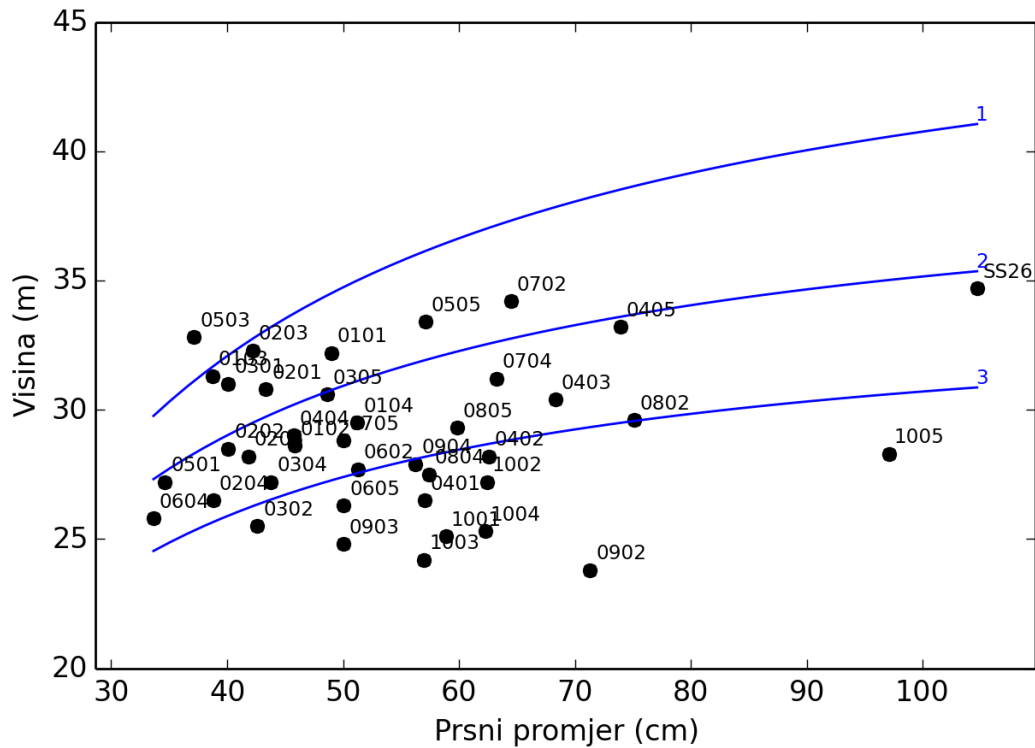
Stupanj vitalnosti i produktivnosti je analiziran na temelju podataka dobivenih dendrokronološkim uzorkovanjem.

4.1.3.1 Analiza boniteta staništa

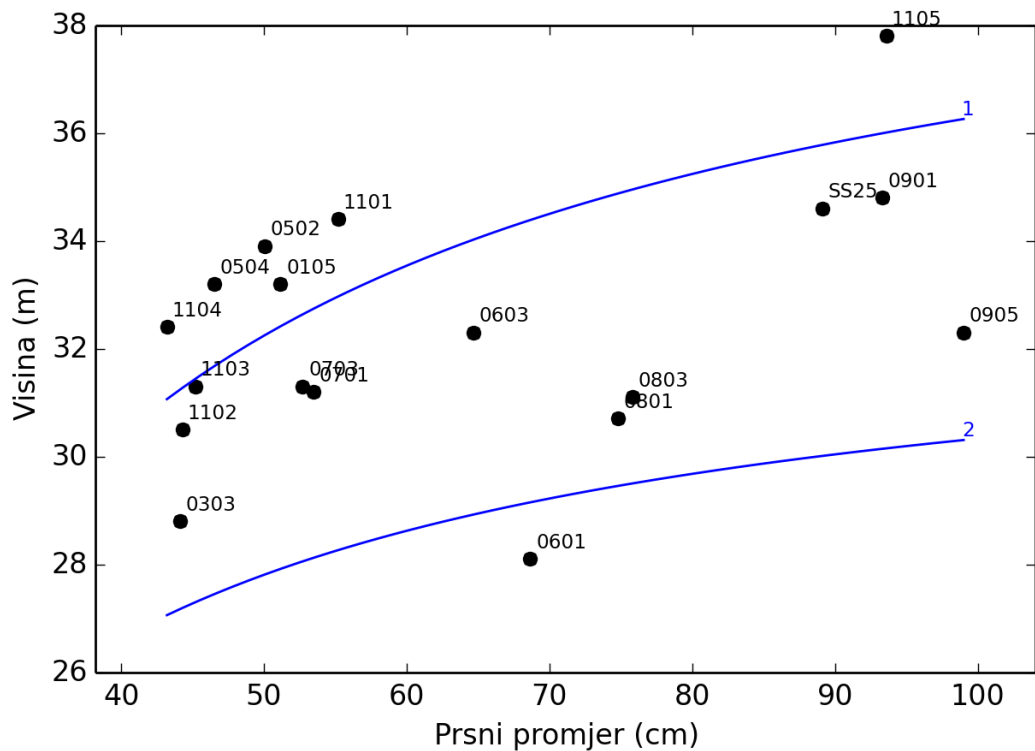
Bonitet staništa je stupanj izvrsnosti staništa za rast biljaka, a koji se prvenstveno očituje u razvoju prsnog promjera i visine, tj. šumske sastojine na staništima najboljeg boniteta (1. razreda) imaju viša, deblja i kvalitetnija stabla od ostalih sastojina. Bonitet uvjetuju brojni čimbenici: reljefni, klimatski, edafski, biološki, atmosferski i dr. Različite kombinacije tih čimbenika određuju kvalitetu staništa i njegov bonitet. Za hrast lužnjak definirano je 5 bonitetnih razreda (1 je najbolji, a 5 najlošiji), a za poljski jasen 3 bonitetna razreda. Boniteti su prilično dobro istraženi te postoje tablice razvitka stabala i sastojine po određenim vrstama drveća i bonitetima tzv. prirasno-prihodne tablice. Slika 153. prikazuje tijek razvoja stabala hrasta lužnjaka po bonitetima iz literature (Špiranec, 1975), koji je ekstrapoliran jer u prirasno-prihodnim tablicama ne postoje podaci za ovako velike dimenzije. Ekstrapolacija je napravljena uz korištenje Mihajlove za ekstremno velike dimenzije stabala ($h=b_0 \cdot e^{-b_1/d} + 1,3$), gdje su parametri b_0 i b_1 određeni na osnovu podataka iz prirasno-prihodnih tablica.

Naglašavamo da je ova analiza samo radi ilustracije, s obzirom da su prirasno-prihodnim tablicama prikazani tijekovi razvoja prsnog promjera i visina za srednje sastojinsko stablo, dakle za stablo koje je srednjih dimenzija u odnosu na stabla u sastojini, a za potrebe dendrokronološkog uzorkovanja su izabirana *plus stabla* tj. stabla izraženih promjera i visina u odnosu na ostatak sastojine. Iz grafičkog prikaza (Slika 153.) vidi se da se neka stabla hrasta lužnjaka nalaze iznad krivulje razvoja za šume trećeg boniteta, međutim uzimajući u obzir kriterij odabira uzorkovanih stabala (dominantna stabla izraženih dimenzija), može se pretpostaviti da bi stablo prosječnih dimenzija u uzorkovanim sastojinama pripadalo oko ili ispod krivulje razvoja 3. boniteta.

Uspoređujući uzorkovana stabla sa prirasno-prihodnim tablicama (Slika 154.) može se pretpostaviti da bi većina stabala bila oko krivulje drugog tj. najslabijeg boniteta, uzimajući u obzir da su krivulje za stabla srednjih dimenzija sastojine, a selektirana stabla za uzorkovanje su dominantna stabla izraženih dimenzija.



Slika 153. Razvoj prsnog promjera i visina stabala hrasta lužnjaka na području Motovunske šume u odnosu na bonitetne razrede definirane na temelju Špirančevih prirasno-prihodnih tablica



Slika 154. Razvoj prsnog promjera i visina stabala poljskog jasena u Motovunskoj šumi na osnovu Špirančevih prirasno-prihodnih tablica

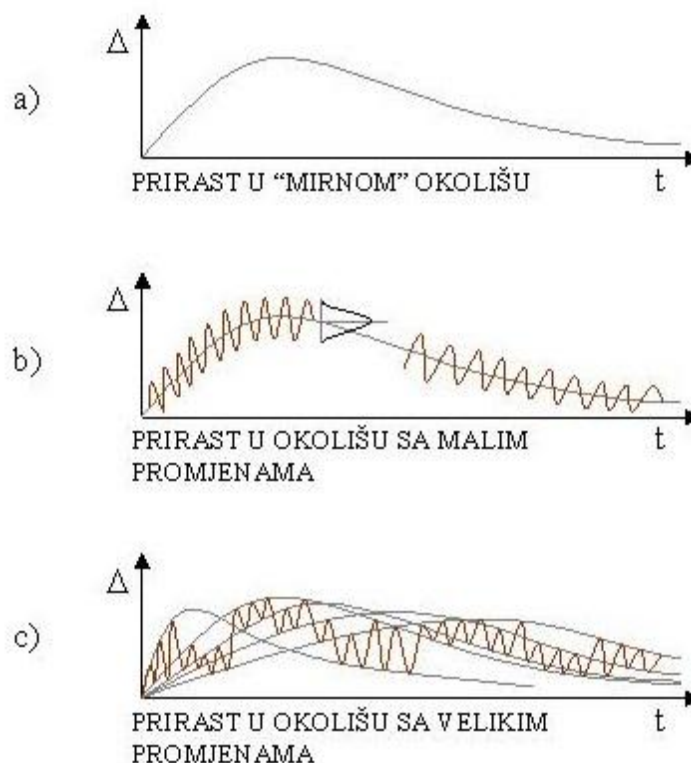
Prema analizi boniteta staništa možemo pretpostaviti da prosječno stanje okoliša tijekom cijelog života stabala nije optimalno podupiralo njihov razvoj, bar promatrajući hrast lužnjak, dok su uvjeti za poljski jasen bili nešto bolji.

Međutim, ovo je samo usporedba trenutnih dimenzija stabla nastalih tijekom cijelog životnog vijeka stabala i na osnovu ovoga ne možemo znati u kojem trenutku je tom stablu okoliš više ili manje odgovarao i pozitivno ili negativno utjecao na njegov razvoj. Nasuprot tome, dendrokronološka analiza omogućuje utvrđivanje prirasta tijekom cijelog života stabla, te je zbog toga primjenjena u sklopu ovog istraživanja.

Prirast općenito

U optimalnom i mirnom okolišu, kada tijekom života stabla ne postoje značajne amplitude ekoloških varijabli (vezanih za klimu, tlo i biološku komponentnu tj. bolesti i nametnike) prirast stabla bi pratio idealnu (glatku) krivulju koja je vezana isključivo za genetske predispozicije odabrane vrste drveća te unutar toga pojedinačne jedinke.

Idealna krivulja prirasta je zvonolikog oblika s dugačkom i položenom desnom stranom krivulje koja, ovisno o vrsti drveća, ima veći ili manji kut rasta te kulminaciju prirasta prije ili kasnije tijekom života jedinke (Slika 155., prikaz a).



Slika 155. Prikaz prirasta u različitim uvjetima okoliša



Hrast lužnjak ima kulminaciju debljinskog prirasta oko 40. godine te čak i drugu oko 100.-110. godine ovisno o bonitetu. Naime, na slabijim bonitetima kulminacije nastupaju kasnije uslijed nepovoljnijih uvjeta u okolišu.

Općenito pionirske vrste imaju bolje vrijednosti prirasta u mlađim stadijima jedinke, kao i raniju kulminaciju prirasta tijekom svog života.

Gospodarski vrijednije vrste (npr. hrast lužnjak ili poljski jasen) imaju slabije priraste u mladosti i kasnije kulminacije prirasta stoga su u opasnosti da u mladosti budu zagušene od strane pionirskih, brzorastućih vrsta. Međutim, kako je gospodarenje usmjereno na ove vrste koje sporije rastu ali tvore kvalitetniju drvenu masu (većinom su to tvrde listače), uzgojnim radovima u mladosti se daje prednost tim vrstama drveća.

U slučaju kada se javljaju odstupanja u okolišu, pojedini godovi bi odstupali od krivulje prirašćivanja u godinama kada je do tih odstupanja došlo. Bez obzira na to, uslijed genetskih karakteristika stablo bi nastavilo rast po krivulji prirašćivanja nakon što naznačeni stres prestane utjecati na stablo. U tom bi slučaju bilo moguće izjednačiti podatke prirasta funkcijom prirašćivanja (Slika 155., prikaz b).

Pri jakim fluktuacijama u okolišu spomenuti se trend ne mora niti nazirati u podacima, odnosno može se reći da zapravo svaki god pripada drugoj krivulji prirašćivanja. U tom slučaju, utjecaj ekoloških varijabli prevladava mogućnosti stabla da prati svoju genetikom zadanu liniju prirasta (Slika 155., prikaz c).

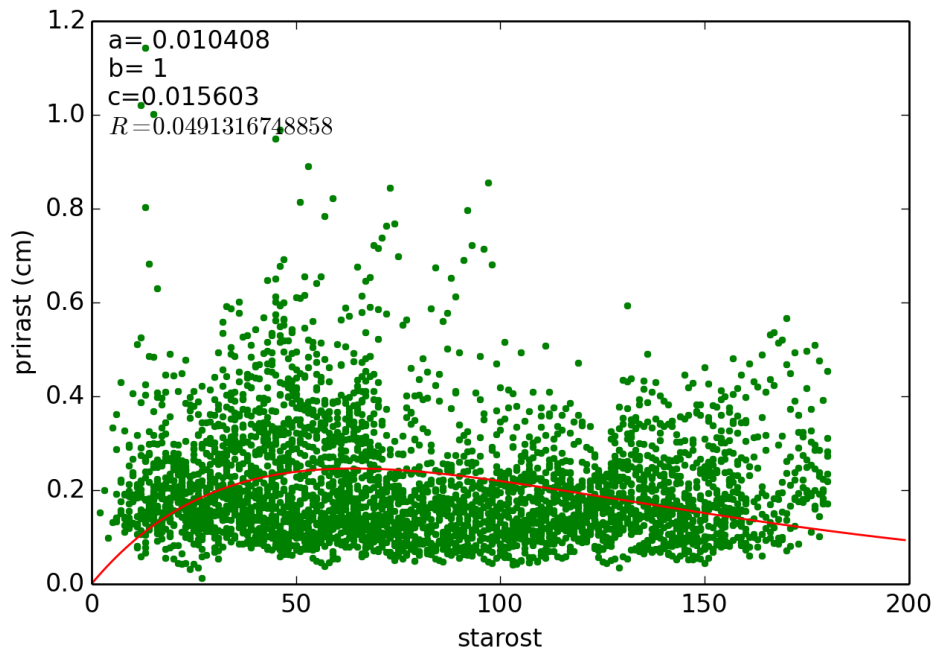
Upravo je ovo slučaj (Slika 156. i Slika 157.) u gotovo svim dendrokronološkim podacima prikupljenim na području Motovunske šume.

Slika 156. prikazuje sve vrijednosti prirasta (očitanе godove) za sva stabla hrasta lužnjaka (Slika 157. predstavlja poljski jasen) u ovom denrokronološkom uzorkovanju u zavisnosti o procijenjenoj starosti (Opis metode u poglavlju Interpretacija prikupljenih podataka dendrokronološkim uzorkovanjem) te izjednačeni Kellerovom funkcijom koja glasi:

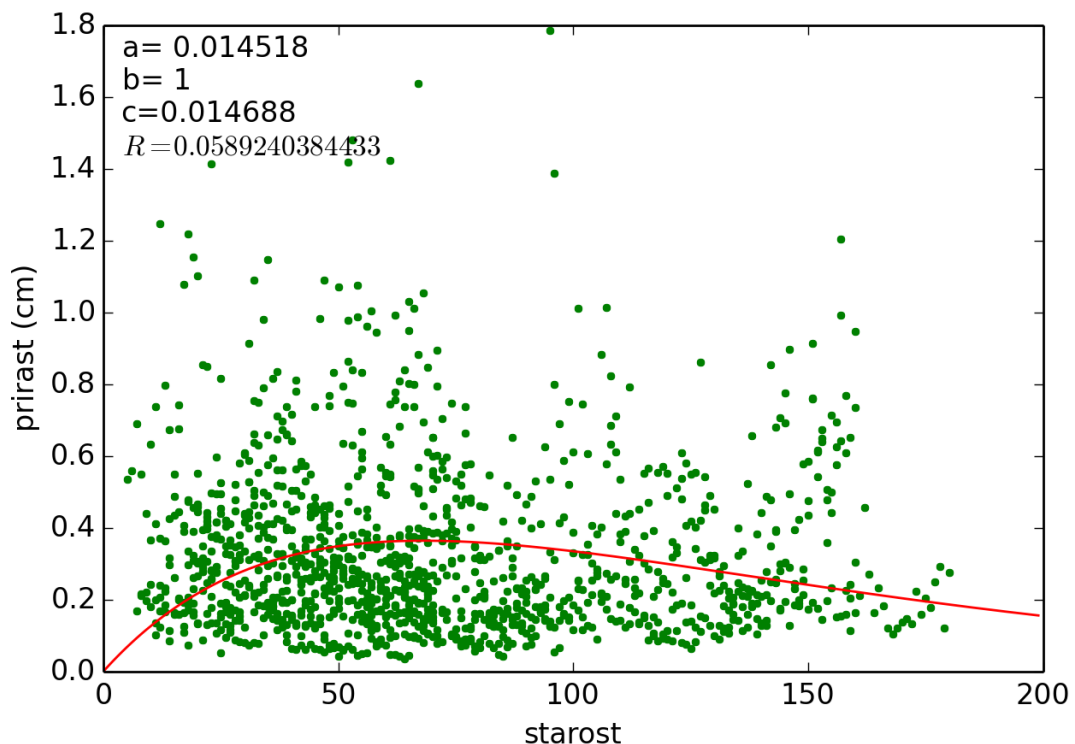
$$y=at^{b*e^{-ct}}$$

gdje je prirast y ovisan samo o vremenu t i paramterima a , b i c .

Na ovim slikama možemo uočiti veliko rasipanje podataka u odnosu na krivulju prirasta što ukazuje na to da ova stabla (prvenstveno hrast lužnjak, ali i poljski jasen) oduvijek žive na području koje nije optimalno za njihov razvoj i gdje makroklimatski elementi snažno utječu na njihov razvoj.



Slika 156. Vrijednosti prirasta goda na uzorkovanim stablima izjednačeni Kellerovom funkcijom za hrast lužnjak



Slika 157. Vrijednosti prirasta goda na uzorkovanim stablima izjednačeni Kellerovom funkcijom za poljski jasen

Područje, tj. šume koje su pod ovakvim intenzivnim utjecajem makroklike, su još osjetljivije na dodatne stresove i događaje koji utječu na njihov razvoj. Upravo će se takvi događaji uzeti

u obzir pri interpretaciji izvrtaka tj. prirasta koji na najdužim izvrtcima seže do 175 godina u povijest, tj. od 1838. godine nove ere.

Uzorkovanje

Dendrokronološko uzorkovanje (tj. bušenje dugih izvrtaka) je obavljeno u razdoblju od 17.03.2014. godine do 27.03.2014. godine na 11 lokacija na području GJ Mirna u okviru kojih su izabrana po 5 dominantnih, primjernih, „plus“ stabala prvenstveno hrasta lužnjaka, ali i običnog jasena. Odabirana su samo potpuno zdrava stabla dominantne etaže (Slika 160.). Kako se radi o jednodobnim šumama, može se pretpostaviti da su ta stabla u dominantnom položaju tijekom cijeloga svog života.

Jedna od ploha je bila smještena u bari obrasloj poljskim jasenom. K tome su dodatno izbušena dva stabla iznimnih dimenzija. Izborom samih lokacija za bušenje, kao i izborom samih stabala za bušenje su pokrivene sve moguće kombinacije parametara mikroreljefa i udaljenosti od starog toka Mirne, a razmakom stabala (minimalno 15-20 m) na samim lokacijama je osigurano da pojedinačna bušena stabla nisu imala međusoban utjecaj prilikom rasta. Premda je projektnim zadatkom definirano da je potrebno izbušiti 20 stabala u okviru ovog istraživanja ukupno je izbušeno 57 izvrtaka (Tablica 49.) od čega je:

- Hrasta lužnjaka- 39 kom
- Poljskog jasena- 18 kom

Bušenje je vršeno motornom bušilicom s posebnim svrdlom dužine 40 cm s rupom u sredini da bi se mogao dobiti izvrtak (Slika 158.). Bušeno je uvijek iz smjera istoka ili zapada. Stabla su bušena do pretpostavljenog centra, gdje je to bilo moguće zbog dužine svrdla ili dokle je duljina svrdla dopuštala. Nakon bušenja i vađenja izvrtka (Slika 158.), rupa širine cca 3 cm je napunjena pur-pjenom radi zatvaranja mogućeg ulaza za bolesti i kukce.





Slika 158. i Slika 159. Prikaz bušenja (lijevo) i vađenja izvrtka (desno)

Jedno svrdlo je ostalo zaglavljeno u stablu na granici 2B i 2C odsjeka (ploha 11, stablo 5) dimenzija $d_{1,30}=93$ cm i $h=37,8$ m. Svrđlo je ostalo u stablu na prsnoj visini iz smjera Istoka. To stablo je na karti (Slika 164.) posebno označeno.

Tablica 49. Popis stabala s njihovim koordinatama i položajem

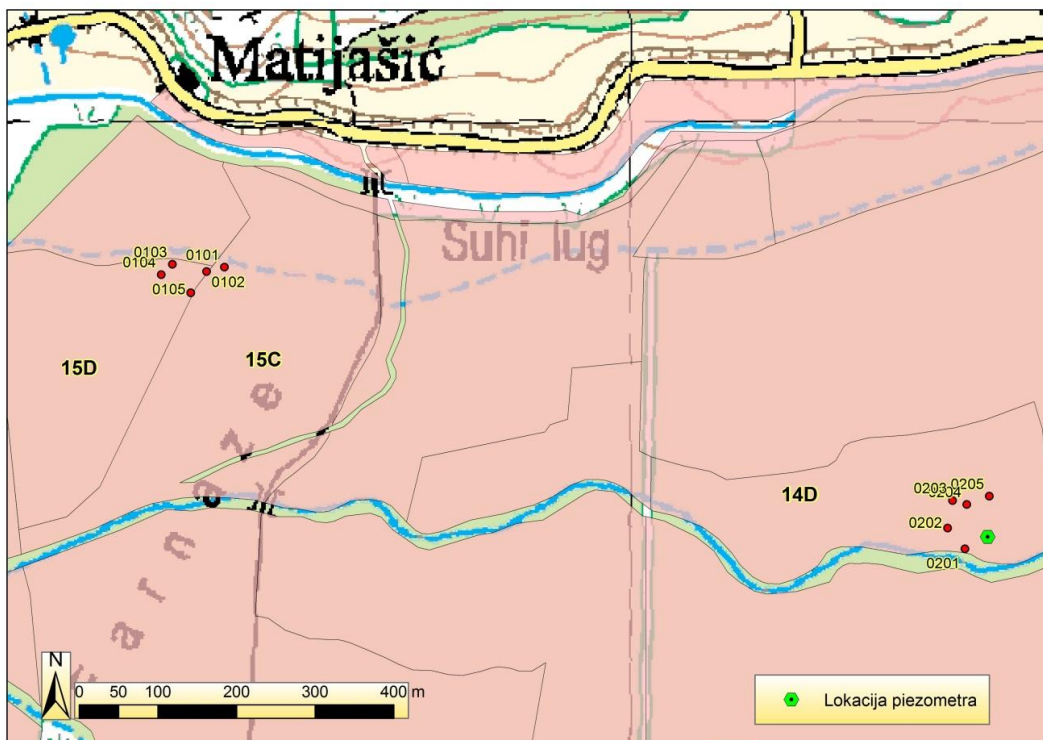
Ploha	Oznaka stabla	Y koordinata	X koordinata	Odjel/odsjek
1	0101	5023824	5406483	15C
	0102	5023819	5406461	15D
	0103	5023828	5406417	15D
	0104	5023815	5406403	15D
	0105	5023791	5406440	15D
2	0201	5023467	5407425	14D
	0202	5023493	5407403	14D
	0203	5023528	5407409	14D
	0204	5023523	5407427	14D
	0205	5023533	5407456	14D
3	0301	5023570	5408684	12C
	0302	5023582	5408718	12C
	0303	5023606	5408706	12C
	0304	5023614	5408680	12C
	0305	5023570	5408706	12C
4	0401	5023606	5408853	12C
	0402	5023624	5408855	12C
	0403	5023600	5408868	12C
	0404	5023563	5408872	12C
	0405	5023582	5408906	12C
5	0501	5024473	5410795	5F
	0502	5024493	5410787	5F
	0503	5024485	5410756	5F
	0504	5024466	5410751	5F
	0505	5024443	5410774	5F
6	0601	5024805	5410569	5A
	0602	5024812	5410539	5A
	0603	5024803	5410520	5A
	0604	5024766	5410573	5A
	0605	5024773	5410596	5A

Ploha	Oznaka stabla	Y koordinata	X koordinata	Odjel/odsjek
7	0701	5025132	5410825	4E
	0702	5025144	5410833	4E
	0703	5025131	5410857	4E
	0704	5025132	5410889	4E
	0705	5025153	5410845	4E
8	0801	5025949	5412197	3C
	0802	5025951	5412225	3C
	0803	5025962	5412214	3C
	0804	5025975	5412204	3C
	0805	5025959	5412178	3C
9	0901	5025983	5412522	2B
	0902	5025954	5412567	2B
	0903	5025945	5412585	2B
	0904	5025928	5412596	2B
	0905	5025919	5412554	2B
10	1001	5026159	5412565	2B
	1002	5026144	5412527	2B
	1003	5026155	5412525	2B
	1004	5026164	5412515	2B
	1005	5026182	5412504	2B
11	1101	5025930	5412300	2C
	1102	5025931	5412339	2C
	1103	5025919	5412357	2C
	1104	5025917	5412390	2C
	1105	5025935	5412414	2B
	ss25	5025944	5412432	2B
	ss26	5025978	5412483	2B

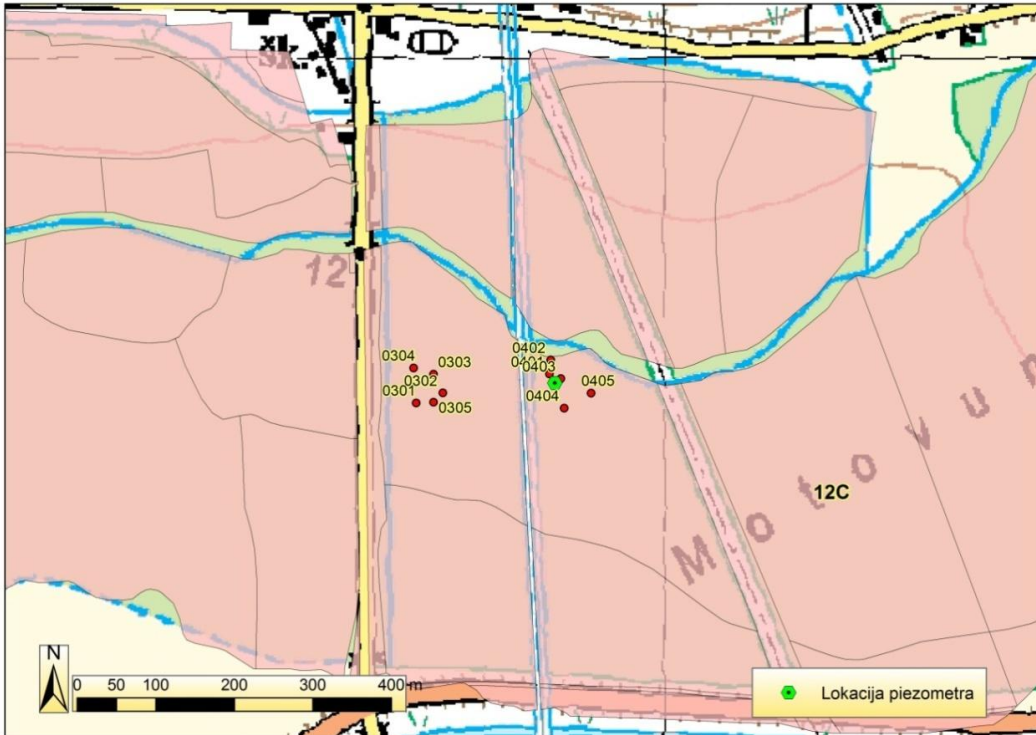
Detaljni podaci o uzorkovanim stablima su prikazani u prilogu (Prilog 14 - Knjiga priloga I i Knjiga priloga II).



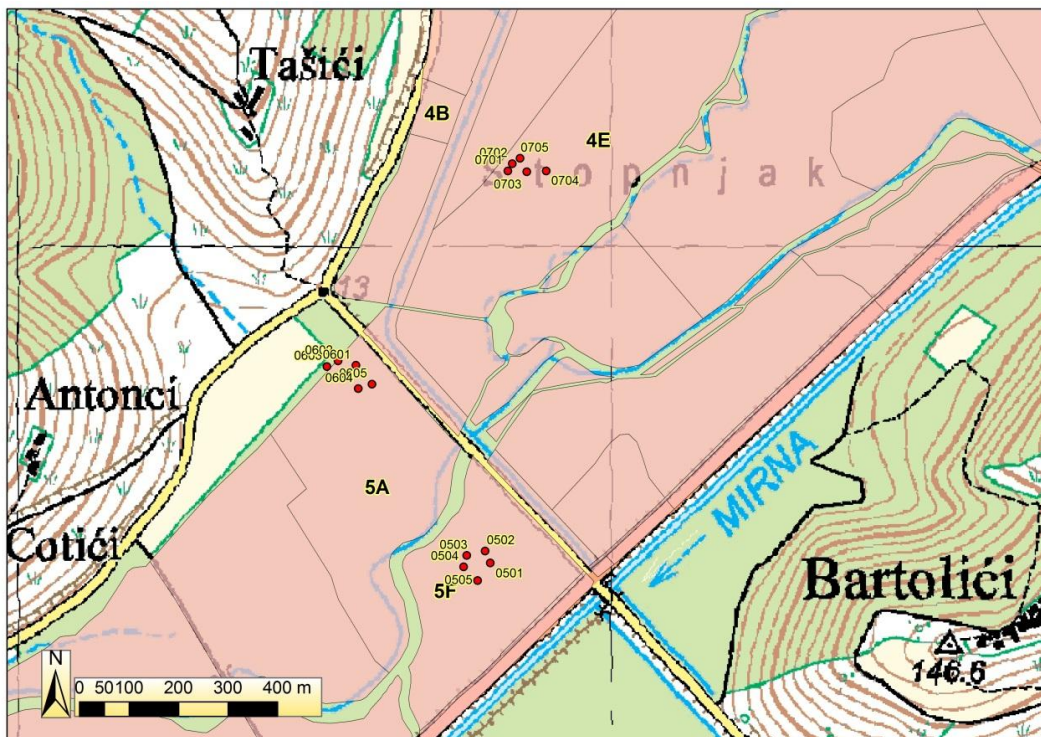
Slika 160. Stablo 0904 (ploha 9 stablo 4) $d_{1,30}=56$ cm, $h=27,9$ m



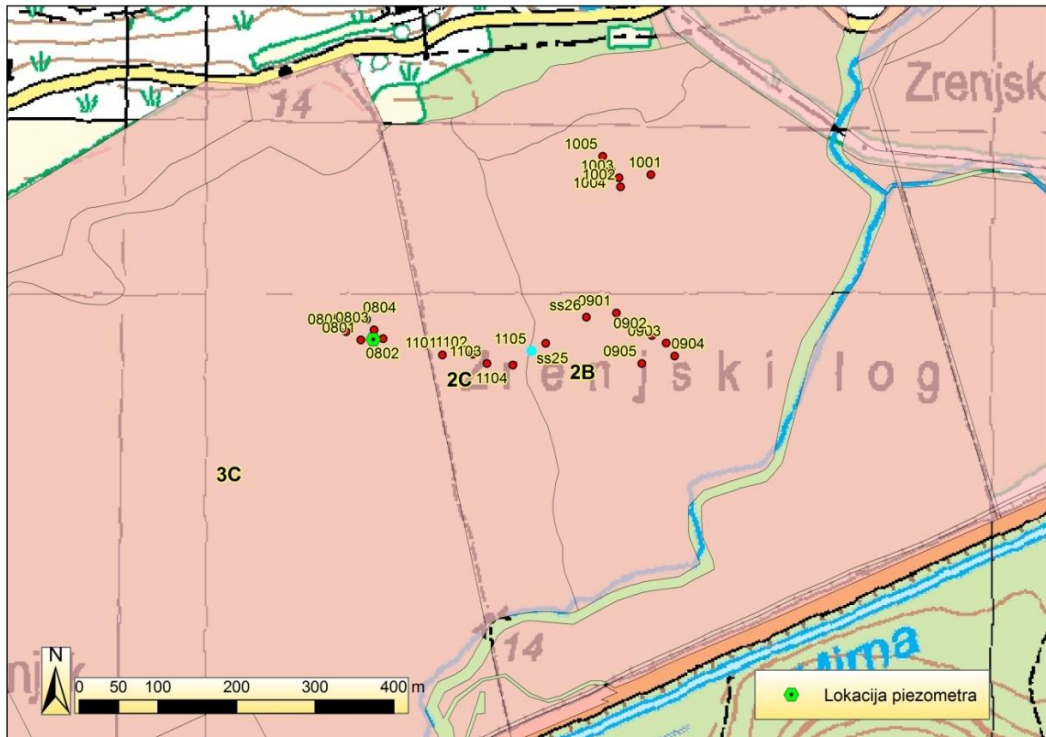
Slika 161. Prostorni raspored uzorkovanih stabala i piezometara - plohe 1 i 2



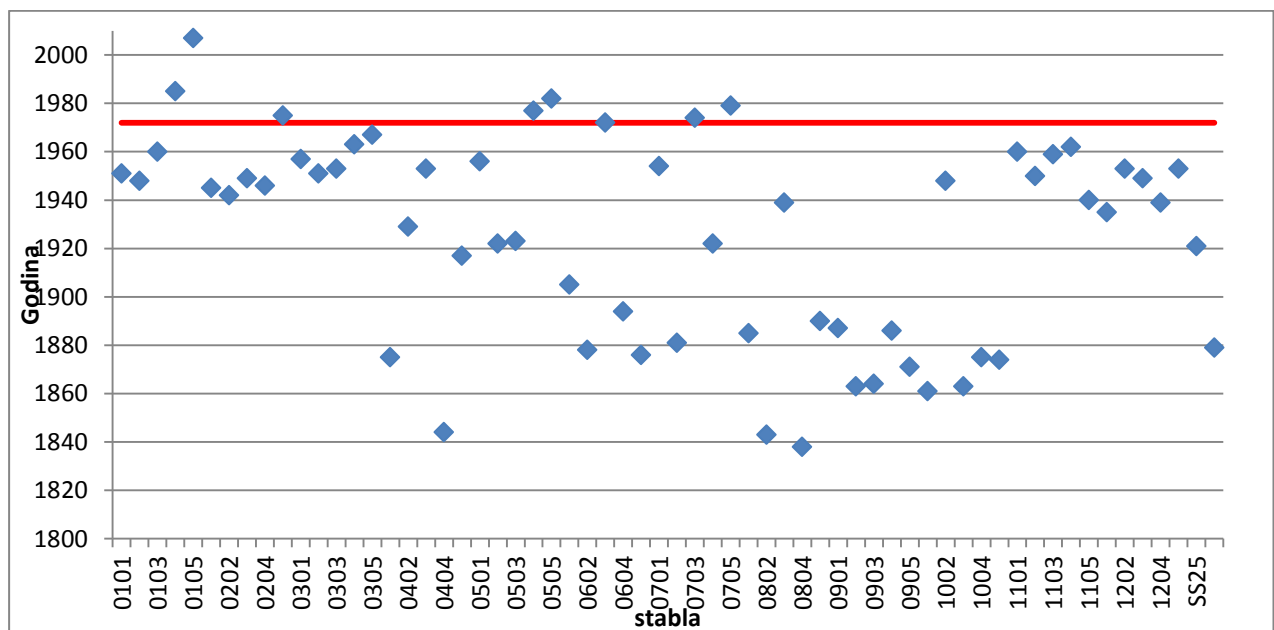
Slika 162. Prostorni raspored uzorkovanih stabala i piezometara - plohe 3 i 4



Slika 163. Prostorni raspored uzorkovanih stabala - plohe 5, 6 i 7



Slika 164. Prostorni raspored uzorkovanih stabala i piezometara - plohe 8, 9, 10 i 11



Slika 165. Prikaz starosti najstarijeg goda na izvrtcima za dendrokronološku analizu (Crvena linija je godina regulacija starog toka Mirne - 1972.)

Priprema uzoraka

Da bi se izvrtci mogli koristiti za izmjeru godova, pripremljeni su brušenjem, s ciljem dobivanja glatke površine na kojoj se najviše ističe kontrast između ranog i kasnog drva unutar svakog pojedinog goda (Slika 166.).



Slika 166 Izbrušeni i fiksirani izvrtci unutar nosača

Nakon toga uzorci su skenirani. Dendrokronološka izmjera vršena je digitalnim metodama na skeniranim slikama (image-ima) obrađenih izvrtaka (Slika 167.). Na taj su način dobiveni stabilni uzorci koji više nemaju mogućnost usuha, te je time osigurana ponovljivost izmjere. Mjerena je širina goda kao glavna varijabla, i nagib godova za potrebe korekcije širine goda s obzirom na ekscentricitet stabla. Nakon digitalne izmjere izvrtaka, uspostavljena je dendrokronološka baza podataka s promatranog područja, koja sadrži 5071 izmjerenih godova, s 57 mjerenih stabala.



Slika 167. Digitalna izmjera širine i nagiba godova vršena ručnim namještanjem markica-linija na granicu goda te namještanjem kuta tangente na god u smjeru mjerne putanje prikazana u povećanju korištenom za izmjeru.

Interpretacija podataka dobivenih dendrokronološkim uzorkovanjem

Radi što kvalitetnije interpretacije, bilo je prvo potrebno utvrditi točnu starost stabala s kojeg su uzimani izvrtci. Ovo je bilo potrebno da bi se moglo ustvrditi u kojem stadiju života je koji god na izvrtku. Na nekim uzorcima je bilo moguće procijeniti starost stabla s obzirom da je izvrtak došao do ili kraj samog centra. Na ovaj broj godina je dodano tri godine koliko je trebalo stablu da naraste do 1,3 m tj. prsne visine gdje je uziman izvrtak. Ako je postojalo takvo stablo u određenom skupu stabala tj. plohi, njegova starost je uzimana za referentnu i za ostala stabla. Ova pretpostavka je primjenjivana samo u slučaju kada iz drugih dostupnih podataka s izvrtka nije bilo moguće procijeniti starost npr. količine godina na izvrtku, razvoja širine godina i prsnog promjera stabla.

Npr. na plohi 7 za stabla 0702 i 0704 je procijenjena starost od 160 godina na osnovu izvrtka sa stabla 0702 koji ima 132 goda i dužinu izvrtka od 21,63 cm, a to stablo je prsnog promjera 62,5 cm iz smjera istok-zapad. Dok su za stabla 0701 i 0703 starosti od 70 godina procijenjene na osnovu izvrtka sa stabla 0701 sa kojeg je izbušen izvrtak dužine 23,59 cm s 59 godina, a prsnog promjera je 53,2 cm iz smjera istok-zapad.

Rezultati su interpretirani po kazetama nastalim nakon izgradnje brze ceste i kanala novog toka rijeke Mirne 1972 godine.

Drugi značajan događaj za interpretaciju rezultata je masovno sušenje brijesta (vidi povijesni opis gospodarenja) koje se događalo 60-ih godina prošlog stoljeća.

Kazeta 1

Unutar 1. kazete su bile predviđene dvije plohe, koje se nalaze na granici odsjeka 15c i 15d (ploha 1) i 14d (ploha 2). Odsjek 15c je uređajnog razreda sjemenjača lužnjaka starosti (prema Osnovi gospodarenja iz 2011. godine) od 55 godina (treći dobni razred) dok je odsjek 15d uređajnog razreda sjemenjača jasena starosti 50 godina (treći dobni razred). Odsjek 14d je uređajnog razreda sjemenjača lužnjaka te je starosti 70 godina (četvrti dobni razred).

Radi boljeg razumijevanja prostora kazete i prostora na kojem su bušeni izvrtci (Tablica 50. i Tablica 51.), prikazana je razdioba površina prema starosti, uređajnim razredima i prosječnoj drvnoj masi.

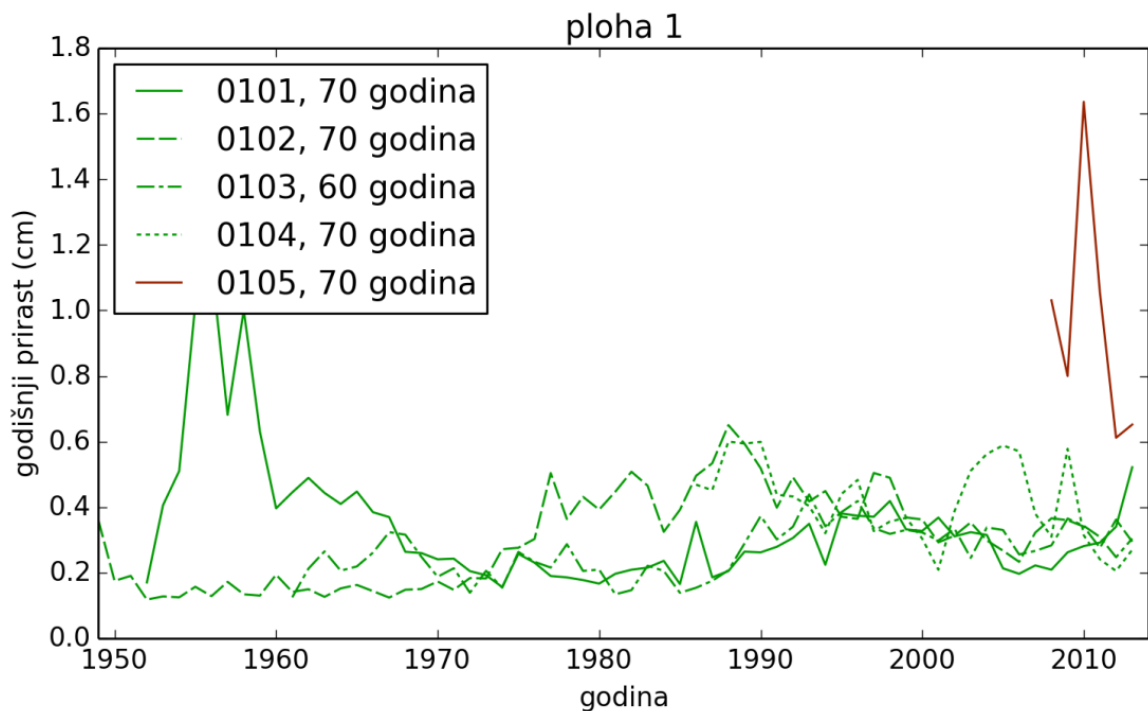
Tablica 50. Razdioba površina GJ Mirne po dobnim i uređajnim razredima unutar 1. kazete

Uredajni razred	Dobni razred								Ukupno (ha)
	0	1	2	3	4	5	6	7	
SJEM. LUŽNJAKA	/	8.29	51.97	23.73	32.43	/	/	/	116.42
SJEM. JASENA	/	10.40	82.20	80.64	12.66	/	/	/	185.90
KULTURA TOPOLE	/	/	/	/	36.68	/	/	31.50	68.18
ŠIKARA	1.55	/	/	/	/	/	/	/	1.55
NEOB. PROIZ.	14.44	/	/	/	/	/	/	/	14.44
NEOBR.NEPROIZ.	7.28	/	/	/	/	/	/	/	7.28
Ukupno Kazeta I	23.27	18.69	134.17	104.37	81.77	/	/	31.50	393.77

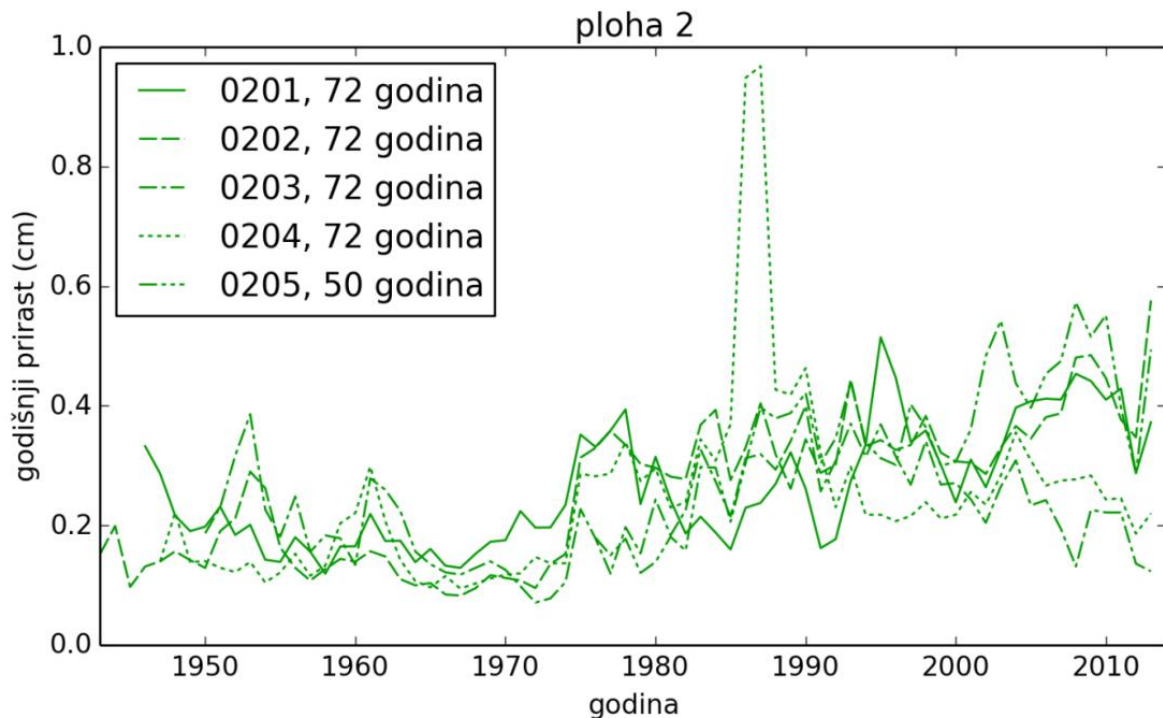
Tablica 51. Srednja drvena zaliha po dobnim i uređajnim razredima unutar 1. kazete

Uređajni razred	Dobni razred							Ukupno (m ³ /ha)	
	0	1	2	3	4	5	6		7
SJEM. LUŽNJAKA	/	/	175.22	198.23	276.84	/	/	/	195.74
SJEM. JASENA	/	/	245.60	210.39	363.98	/	/	/	224.65
KULTURA TOPOLE	/	/	/	/	103.98	/	/	368.73	226.30
Ukupno Kazeta I	/	/	218.33	207.63	212.79	/	/	368.73	203.11

Na ovim ploham su bušena stabla hrasta lužnjaka i jedno stablo poljskog jasena, ali zbog kratkog izvrtka nema dovoljno podataka za analizu. Prema slici (Slika 161.) uočljivo je da se ploha 1 nalazi u neposrednoj blizini melioracijskog kanala, dok je ploha 2 u neposrednoj blizini starog toka Mirne.



Slika 168. Godišnji prirast stabala na plohi 1 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)



Slika 169. Godišnji prirast stabala na plohi 2 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)

Na stablu 0204 između 1985. i 1990. godine zabilježen je izniman prirast goda, a koji je samo posljedica urasle grane tj. kvrge nastale razvitkom grane (Slika 170.). K tome, na ovom izvrtku se može vidjeti i jasan primjer da je izvrtak došao do samog srca te je starost bilo moguće vrlo precizno procijeniti.



Slika 170. Prikaz izvrtka sa stabala 0204

Prirast stabala sa plohe 2 i nešto manje sa plohe 1 pokazuje povećani prirast tijekom 1970-tih godina. Kako kulminacija debljinskog prirasta kod hrasta lužnjaka nastaje oko 40 ili 50 godine života, ovisno o bonitetima, početak kulminacije se preklapa s godinom izgradnje kanala. Iz ovog razloga nije moguće utvrditi prave razmjere utjecaja izgradnje kanala na povećani prirast nakon 1970-te. S obzirom da ne postoje prijašnja istraživanja o prirastu hrasta lužnjaka na ovom području, ne možemo znati da li bi ta kulminacija bila veće amplitude u slučaju nepromijenjenih uvjeta ili je trebala započeti u godini regulacije starog toka ili izgradnja kanala nema utjecaja na prirast ovih stabala.

Razlog povećanja prirasta nekih stabala na drugoj plohi u kasnijem razdoblju, zbog pomanjkanja podataka o razinama podzemne vode i preciznijih podataka o gospodarenju i meliorativnim zahvatima nije moguće interpretirati.

Kazeta 2

Unutar ove kazete bilo je predviđeno 4 lokacije za prikupljanje dendrokronoloških podataka. Ploha 3 i 4 se nalazi uz zapadnu prometnicu koja omeđuje ovu kazetu (Slika 162.), a plohe 5 i 6 uz istočnu prometnicu koje omeđuju ovu kazetu (Slika 163.). Na tri plohe su uzorkovana stabla u sastojinama najvišeg dobnog razreda, dok je jedna ploha u odsjeku 4. dobnog razreda (Tablica 52.).

Tablica 52. Prostorna pripadnost ploha odjelima i odsjecima GJ Mirna unutar 2. kazete

Ploha	Odjel/odsjek	Uređajni razred	Starost 2011	Dobni razred
3	12c	SJEM. LUŽNJAKA	123	7
4	12c	SJEM. LUŽNJAKA	123	7
5	5f	SJEM. LUŽNJAKA	63	4
6	5a	SJEM. LUŽNJAKA	130	7

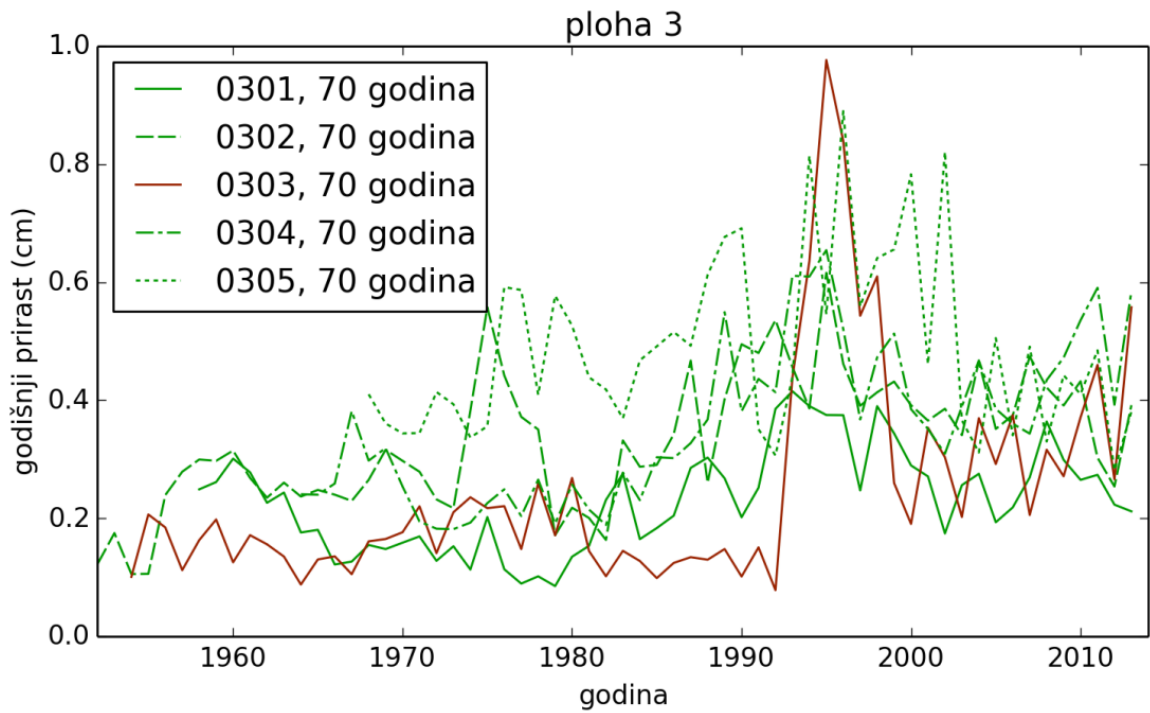
Radi boljeg razumijevanja prostora kazete i prostora na kojem su bušeni izvrtci prikazana je razdioba površina prema starosti, uređajnim razredima i prosječnoj drvnjoj masi (Tablica 53. i Tablica 54.).

Tablica 53. Razdioba površina GJ Mirne po dobnim i uređajnim razredima unutar 2. kazete

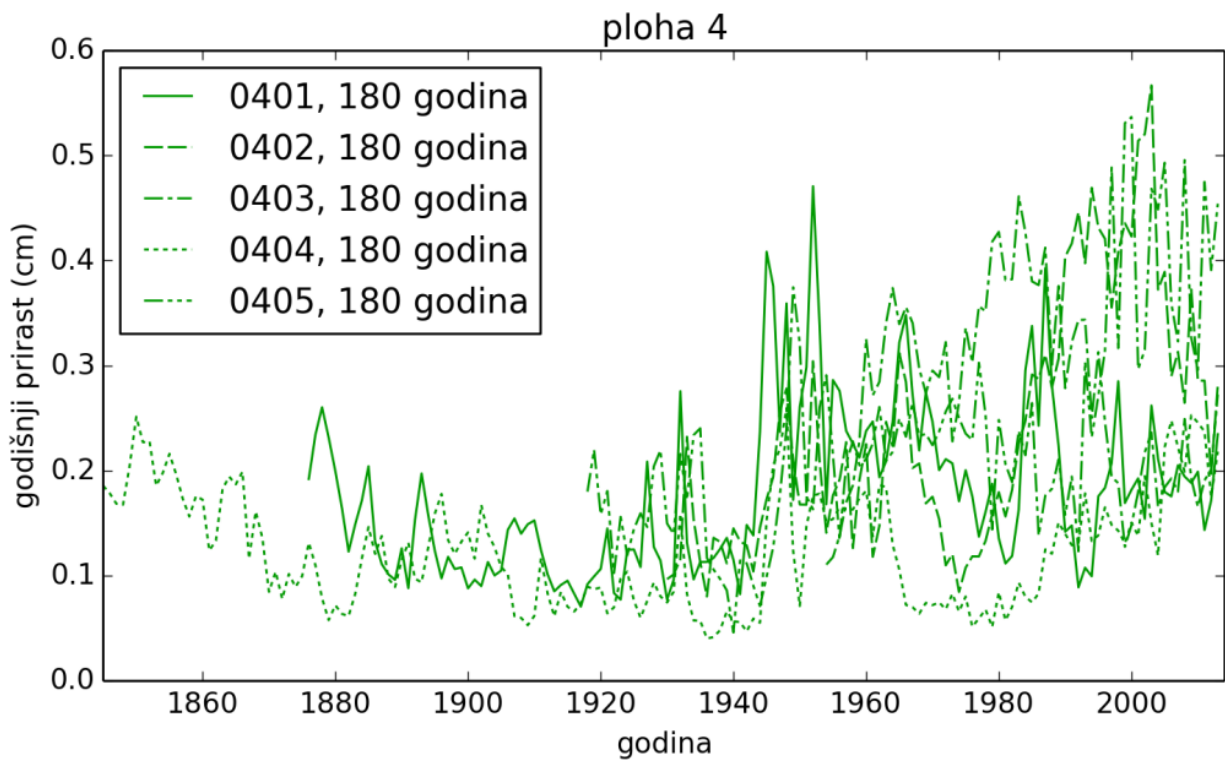
Uređajni razred	Dobni razred								Ukupno (ha)
	0	1	2	3	4	5	6	7	
SJEM. LUŽNJAKA	/	/	/	/	7.49	17.88	/	73.19	98.56
SJEM. JASENA	/	/	19.79	/	17.10	/	/	/	36.89
KULTURA TOPOLE	/	/	4.99	/	/	/	/	/	4.99
NEOBR. NEPROIZ.	5.68	/	/	/	/	/	/	/	5.68
Ukupno Kazeta II	5.68	/	24.78	/	24.59	17.88	/	73.19	146.12

Tablica 54. Srednja drvena zaliha po dobnim i uređajnim razredima unutar 2. kazete

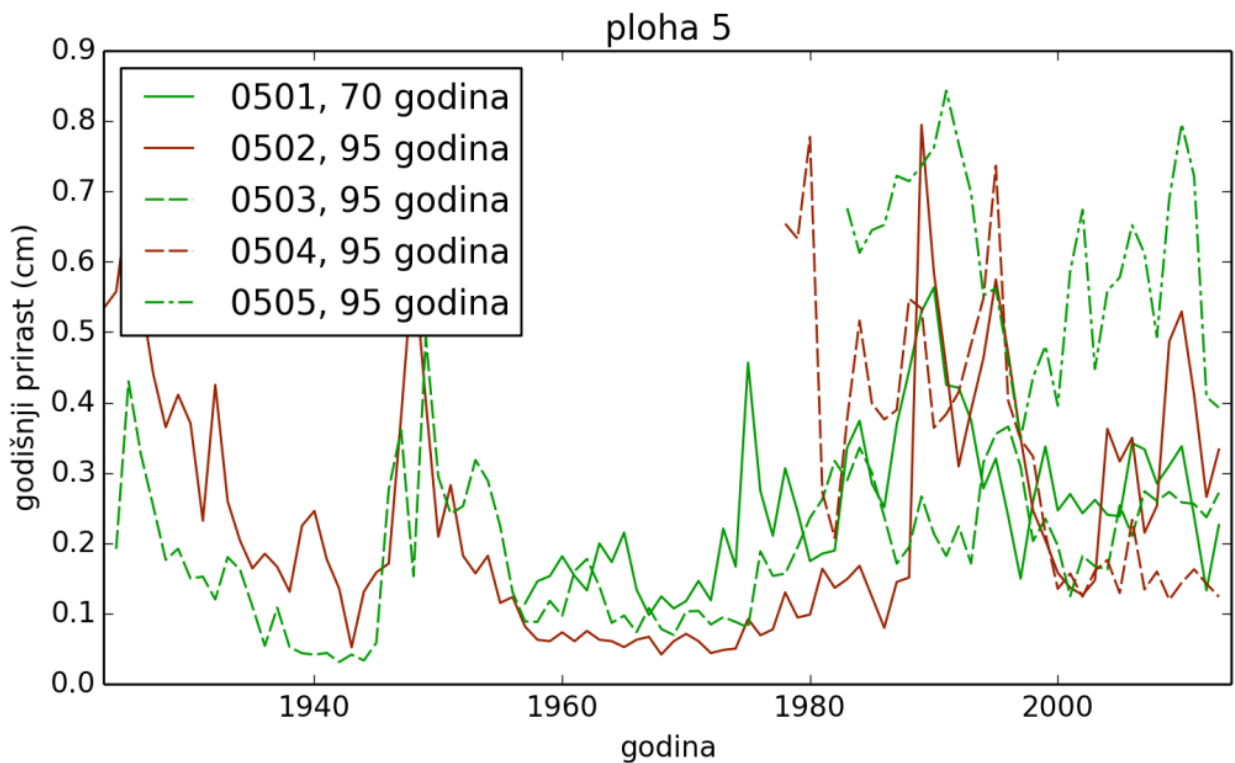
Uređajni razred	Dobni razred								Ukupno (m ³ /ha)
	0	1	2	3	4	5	6	7	
SJEM. LUŽNJAKA	/	/	/	/	312.02	237.02	/	391.52	357.45
SJEM. JASENA	/	/	173.07	/	309.94	/	/	/	236.51
KULTURA TOPOLE	/	/	160.92	/	/	/	/	/	160.92
Ukupno Kazeta II	/	/	170.62	/	310.57	237.02	/	391.52	306.31



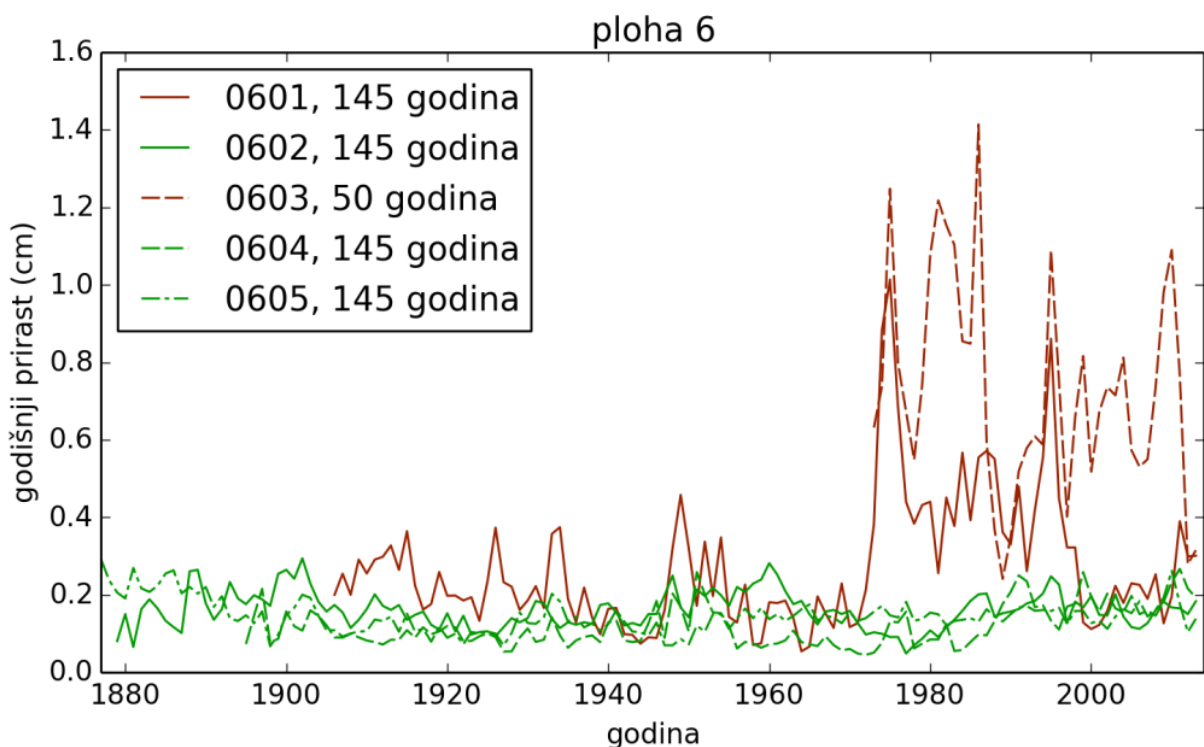
Slika 171. Godišnji prirast stabala na plohi 3 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)



Slika 172. Godišnji prirast stabala na plohi 4 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)



Slika 173. Godišnji prirast stabala na plohi 5 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)



Slika 174. Godišnji prirast stabala na plohi 6 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)

Dendrokronološkom analizom ustanovljeno je da uzorkovana stabla u 2. kazeti, pripadaju u tri različite grupe starosti (Slika 171. - Slika 174.).

Ploha 3 (Slika 171.) je procijenjene starosti 70 godina i njena interpretacija je jednaka onima za plohu 1 i plohu 2 s izuzetkom što je uzorkovano i jedno stablo jasena na koje izgradnja kanala nije imala utjecaj. Ovo stablo ima neobjašnjiv pad promjera između 1980. i 1990. godine, što može biti uzrokovano kompetencijom između samih stabala da bi nakon 1992-93 godine tom stablu prirast naglo skočio te je dalje nastavio rasti sa povećanim prirastom, ali umjerenijim vrijednostima u odnosu na 1992.-93. Ovakav nagli rast prirasta je možda reakcija na sanitarnu sječu u iznosu od 10 m³/ha u odsjeku 12d (čiji dio sada tvori 12c) 1992, kojom je možda baš to stablo oslobođeno pritiska drugih susjednih stabala te je time dobilo priliku za rast. U istom odsjeku je 1993. godine prokopan kanal u dužini od 90 m.

Stabla s plohe 5 (Slika 173.) su procijenjene starosti 95 godina. Ovdje se primijeti porast prirasta između 1950. i 1960. godine, što može biti reakcija na nestanak brijesta, kada su već nakon zatvaranja sastojine i izborenog mjesta u sastojini, u starosti od 30 do 40 godina jedinke dobile dodatni prostor za rast. Nakon toga, između 1960. i 1970. godine, uočljiv je niži prirast u odnosu na prethodno desetljeće. Moguće je da je nestankom brijesta došlo do pogoršanja prilika u sastojini tj. zamočvarenja. Pretpostavka se temelji na tome da je brijest činio 30-50 % u drvenoj masi te da je njegovim nestankom izgubljena značajna površina za evapotranspiraciju te se zbog istog razloga u deset godina prije izgradnje kanala primjećuje općenito smanjen prirast, dok se nakon njegove izgradnje on povećava.

Može se pretpostaviti da se i u ovoj plohi izgradnja kanala preklapa s vremenom kulminacije prirasta, koja je vjerojatno trebala biti prije, ali uslijed nepovoljnih prilika počinje tek iza 55 godine starosti tj. izgradnjom kanala i spuštanjem razine podzemne vode, a koja se u doba očekivane kulminacije prirasta podigla nestankom brijesta.

Treća skupina podataka je s ploha 4 (Slika 172.) i 6 (Slika 174.), gdje su procijenjene starosti izvrtaka 180 odnosno 145 godina. Na njima u najranijoj mladosti (na najduljim izvrtcima) se uočava prva kulminacija prirasta oko 30 godine starosti stabala (kod plohe 4 oko 1860. godine, a kod plohe 6 oko 1900. godine). Ranija kuminacija prirasta ukazuje da su ova stabla rasla u boljim uvjetima, ali nije moguće utvrditi koji su to bili uvjeti zbog nepostojanja podataka.

Na istim uzorcima, između dva svjetska rata je naglašen sljedeći porast prirasta, a što može biti posljedica gospodarenja iako je tad ono bilo stihijsko, dok je pad prirasta oko 1940. godine vjerojatno uzrokovao zamočvarenjem zbog dugogodišnjeg neodržavanja meliorativnih kanala. Porast prirasta između 1950. i 1960. godine te opet pad istog između 1960. i 1970. godine je vjerojatno posljedica nestanka brijesta te nakon toga pogoršanja uvjeta u sastojini zamočvarenjem i podizanjem razine podzemne vode. Povećanje prirasta tijekom 1960-tih na plohi 4 se preklapa s drugom kulminacijom prirasta u 120 godini (1950. godine), stoga pogoršanje uvjeta iza 1960. godine nije toliko izraženo na samom prirastu.

Nakon toga dolazi do razilaženja podataka koje je zasebno objašnjeno:

A) Na plohi 6 (Slika 174.) primjećuje se:

- izniman prirast poljskog jasena nakon izgradnje kanala je ili posljedica kazetiranja i zamočvarenja, jer poljski jasen podnosi zadržavanje površinske vode ili suših stanišnih uvjeta (s obzirom na široku ekološku valenciju jasena).
- na istoj plohi vidimo polagani pad prirasta hrasta lužnjaka nakon izgradnje kanala vjerojatno dijelom zbog nepovoljnih uvjeta, a dijelom zbog dobnog stadija (tj. starosti stabla) u kojem prirast stabla pada, da bi oko 1990 godine tj. oko 120 godine starosti promatranog stabla prirast počeo polako rasti uslijed vjerojatno druge kulminacije prirasta. S obzirom da ne postoje prijašnja istraživanja o prirastu hrasta lužnjaka na

ovom području, ne možemo znati bi li ta kulminacija bila veće amplitude u slučaju nepromijenjenih uvjeta ili izgradnja kanala nema utjecaja na prirast ovih stabala.

B) Na plohi 4 (Slika 172.) primjećuje se porast prirasta nekih stabala iza 1985. godine (tj. iza 150. godine starosti) što može biti posljedica više faktora

- genetska predispozicija da stablo ima dobre prinose i u ovakvoj starosti ,
- u tom razdoblju počinje plansko gospodarenje te možda i najvažniji,
- održavanje kanala sisavaca koji odvođe površinsku vodu, a dijelom i podzemnu.

Kazeta 3

Unutar ove kazete bilo je predviđeno 5 lokacija za prikupljanje dendrokronoloških podataka i dva soliterna stabla uočena pri terenskom obilasku. Ploha 7 se nalazi bliže zapadnoj prometnici u blizini kanala Gradinje koja omeđuje ovu kazetu (Slika 163.), a ostale plohe su na istočnoj strani kazete (Slika 164.)

Tablica 55. prikazuje položaj ploha u odnosu na odjele i odsjeke s pripadajućim uređajnim razredima i starostima.

Tablica 55. Prostorna pripadnost ploha odjelima i odsjecima GJ Mirna unutar 3. kazete

Ploha	Odjel/odsjek	Uređajni razred	Starost 2011	Dobni razred
7	4e	SJEM. LUŽNJAKA	160	7
8	3c	SJEM. LUŽNJAKA	157	7
9	2b	SJEM. LUŽNJAKA	160	7
10	2b	SJEM. LUŽNJAKA	160	7
11	2c	SJEM. JASENA	73	4
SS	2b	SJEM. LUŽNJAKA	160	7

Radi boljeg razumijevanja prostora kazete i prostora na kojem su bušeni izvrtci prikazana je razdioba površina prema starosti, uređajnim razredima i prosječnoj drvnoj masi (Tablica 56. i Tablica 57.).

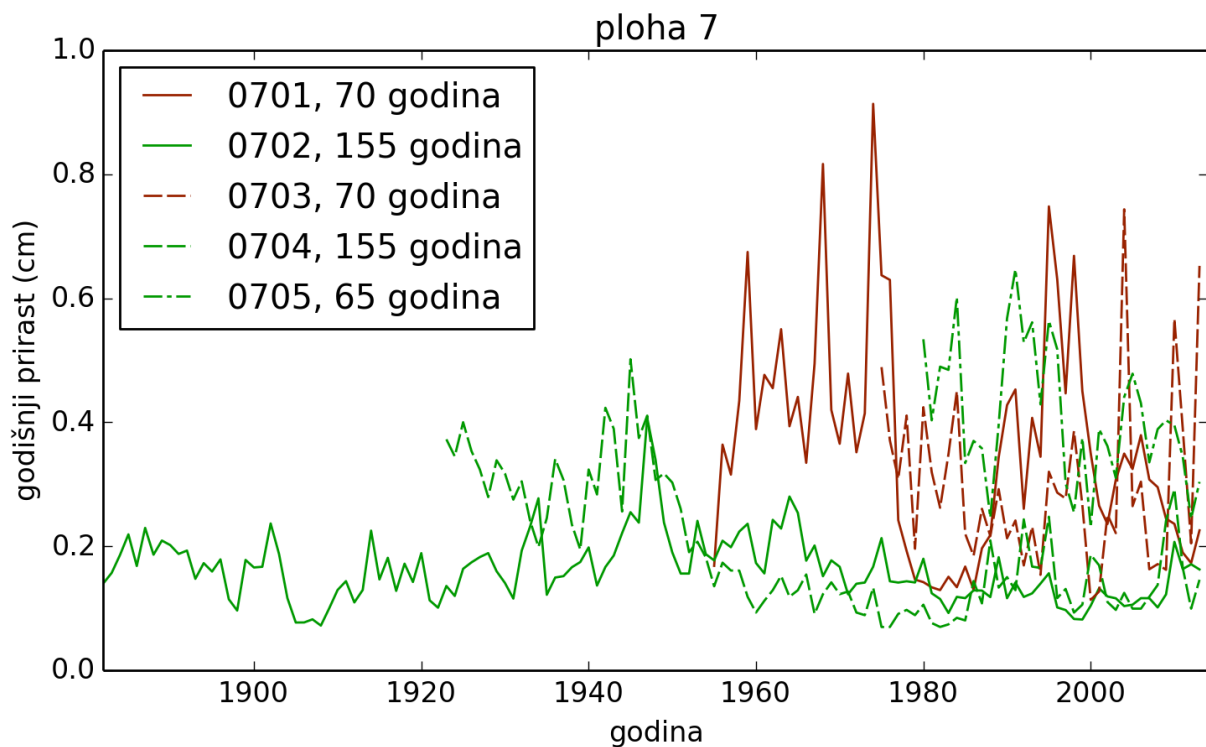
Tablica 56. Razdioba površina GJ Mirne po dobnim i uređajnim razredima unutar 3. kazete

Uređajni razred	Dobni razred								Ukupno (ha)
	0	1	2	3	4	5	6	7	
SJEM. LUŽNJAKA	/	/	160.95	/	339.64	300.40	418.01	386.78	360.14
SJEM. JASENA	/	/	177.68	298.18	255.90	360.98	/	/	284.14
KUL. TAKSDODIJA	/	/	/	/	842.86	/	/	/	842.86
Ukupno Kazeta III	/	/	174.24	298.18	339.47	317.75	418.01	386.78	335.25

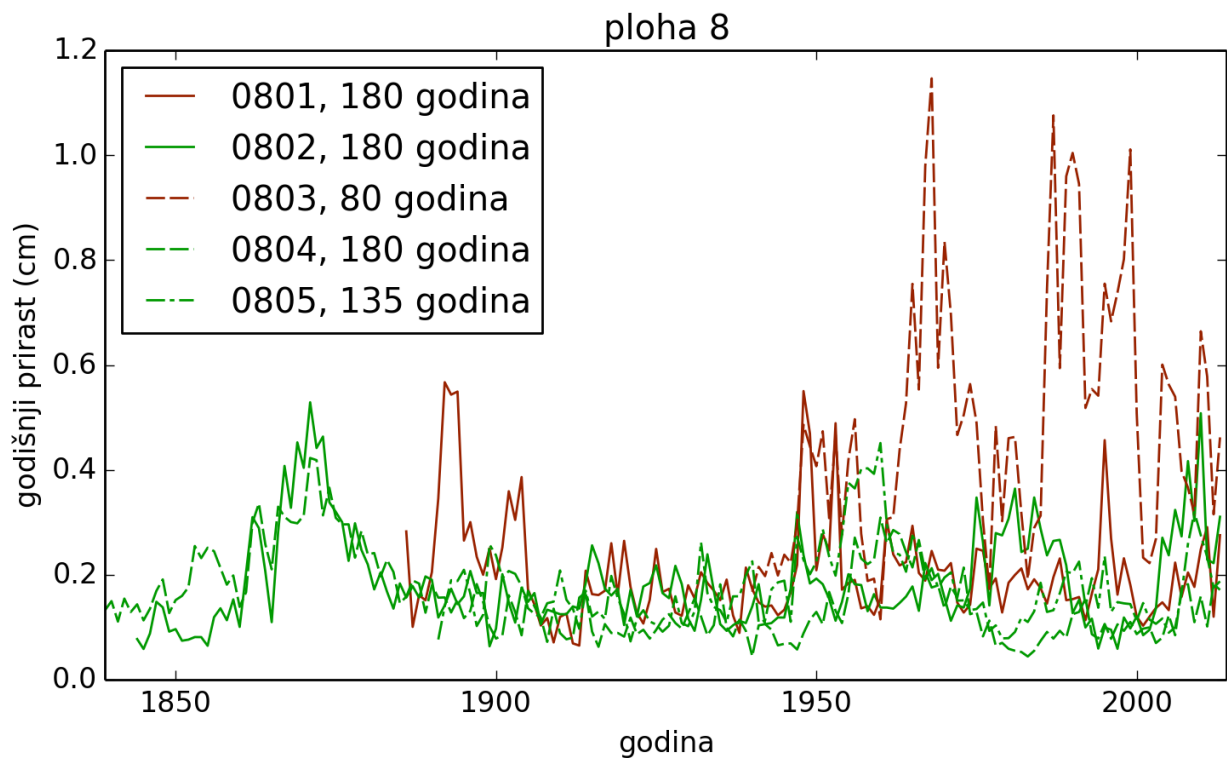
Tablica 57. Srednja drvena zaliha po dobnim i uređajnim razredima unutar 3. kazete

Uređajni razred	Dobni razred								Ukupno (m ³ /ha)
	0	1	2	3	4	5	6	7	
SJEM. LUŽNJAKA	/	/	6.81	/	11.50	7.63	8.90	8.32	9.02
SJEM. JASENA	/	/	5.60	9.51	9.10	10.50	/	/	8.81
KUL.									
TAKSDODIJA	/	/	/	/	14.60	/	/	/	14.60
Ukupno Kazeta	/	/	5.85	9.51	11.37	8.45	8.90	8.32	8.60

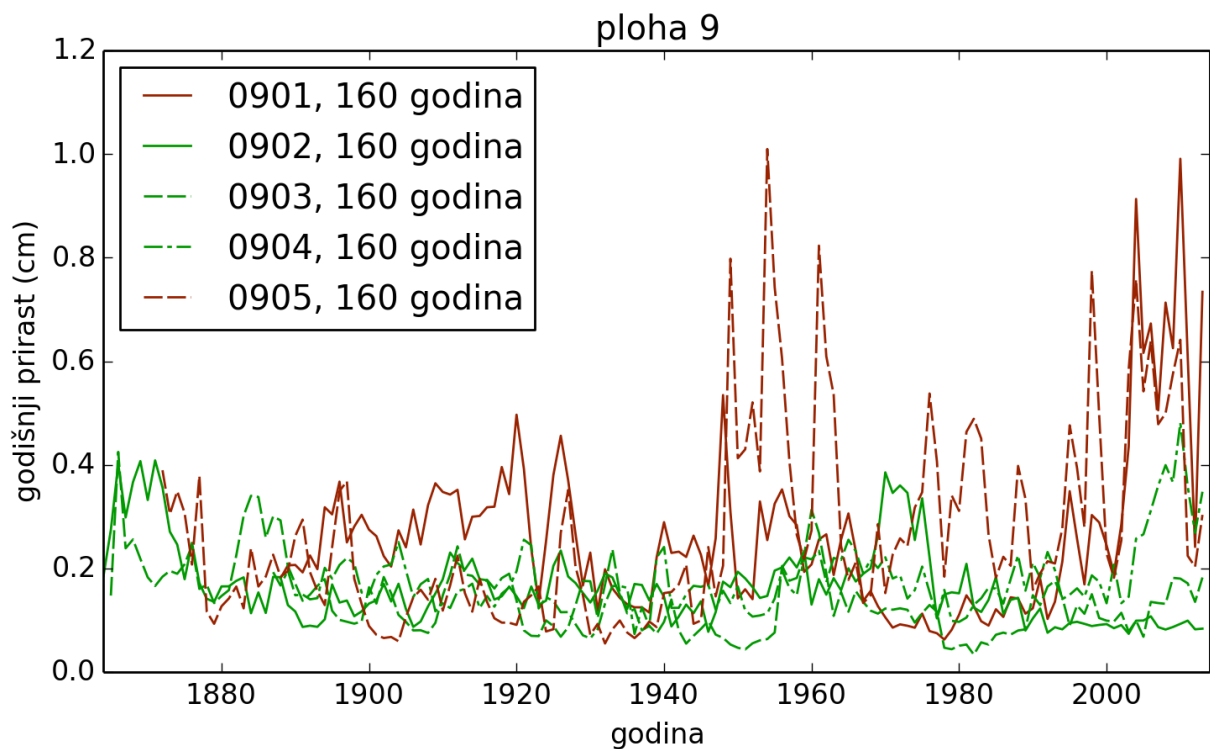
Na sljedećim grafovima (Slika 175. - Slika 179.) su prikazane očitane vrijednosti godova s ploha 7-11 i procijenjenom starosti, a Slika 180. prikazuje očitane širine godova sa dva soliterna stabla.



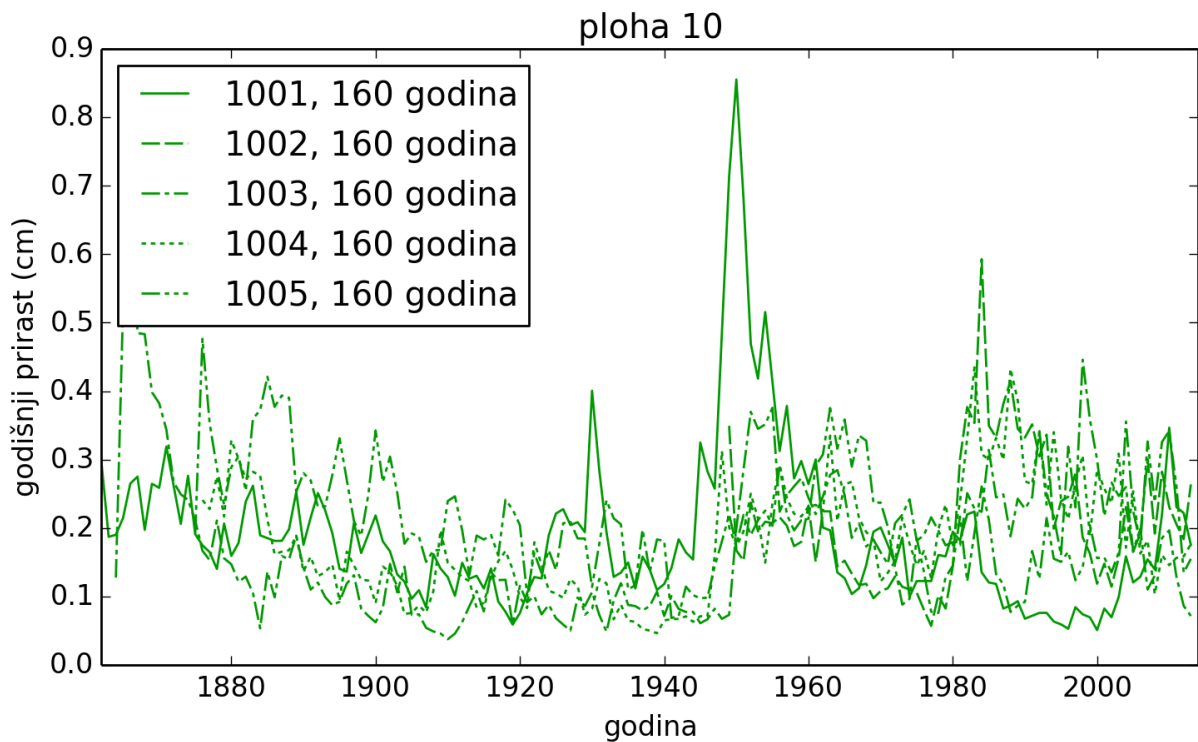
Slika 175. Godišnji prirast stabala na plohi 7 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)



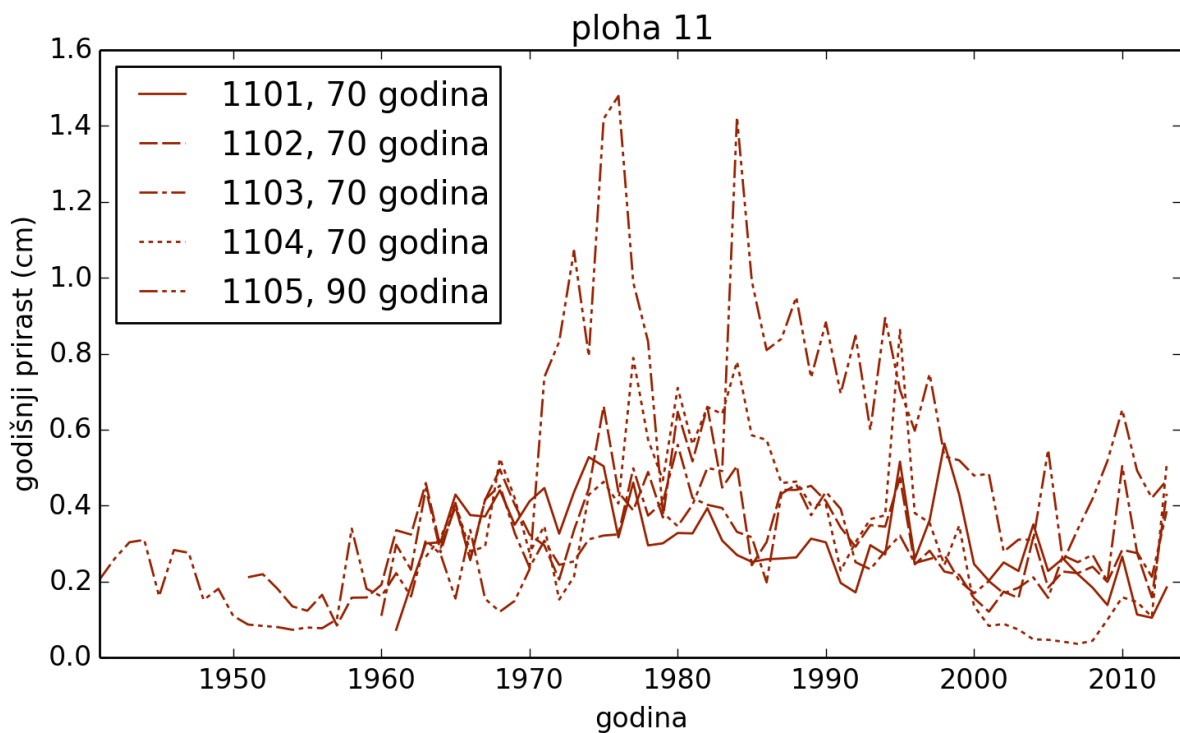
Slika 176. Godišnji prirast stabala na plohi 8 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)



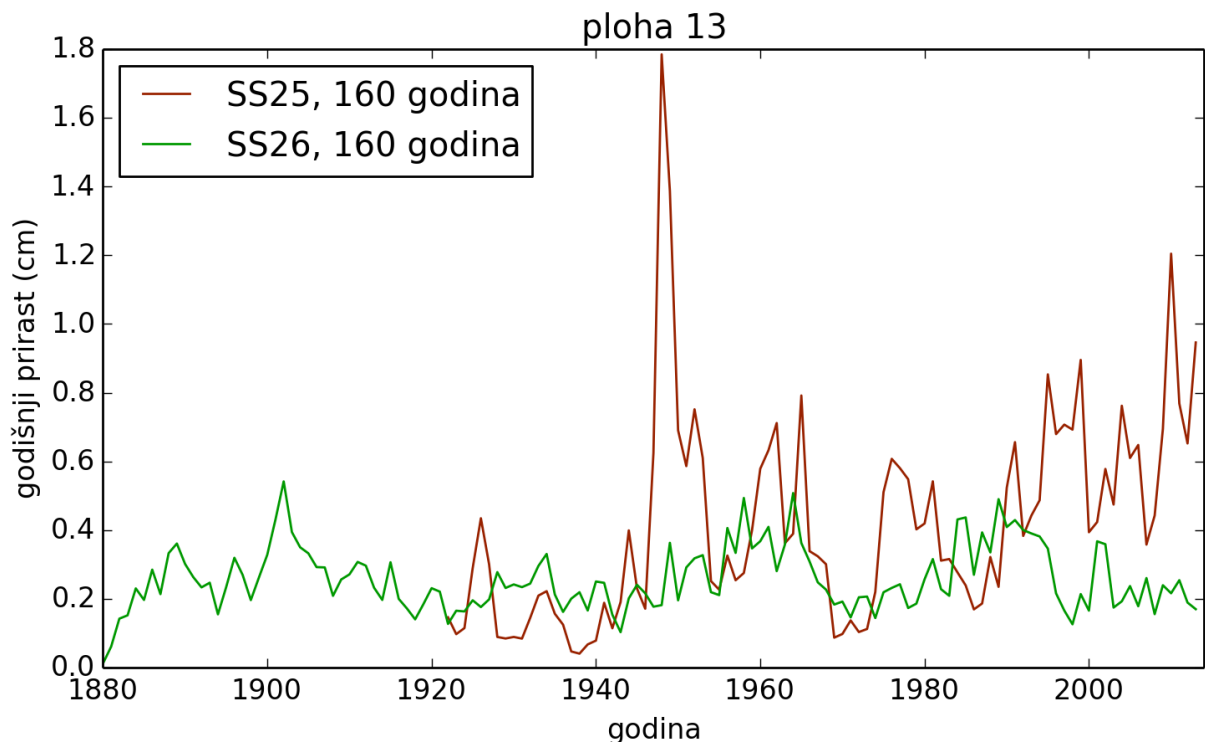
Slika 177. Godišnji prirast stabala na plohi 9 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)



Slika 178. Godišnji prirast stabala na plohi 10 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)



Slika 179. Godišnji prirast stabala na plohi 11 (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)



Slika 180. Godišnji prirast soliternih stabala (crveno - poljski jasen; zeleno - hrast lužnjak)

Analiza prirasta poljskog jasena s plohe 11 (Slika 179.) te jasenovih stabala podjednake starosti s ploha 7 (Slika 175.) i 8 (Slika 176.), upućuje da im kulminacija debljinskog prirasta nastaje upravo u starosti oko 30 godina. Na plohi 7 (Slika 175.) se primijeti skoro pravilna krivulja prirasta, vjerojatno iz razloga što su ta stabla rasla u uvjetima mikrodepresije tj. bare cijeli život i dodatno vlaženje zamočvarenjem unutar kazete im nije donijelo dodatni pozitivan ili negativan utjecaj.

Na ostalim (starijim) stablima hrasta lužnjaka i poljskog jasena primijeti se prva kulminacija prirasta oko 30 godine starosti (oko 1875. godine). Druga kulminacija prirasta oko 100. tj. 110. godine se preklapa s nestankom brijesta i pretpostavljenim kasnijim zamočvarivanjem. Ako pretpostavimo da je 1960. godina kada je prirast trebao doseći maksimalne vrijednosti prirasta, taj maksimum pomaknut ulijevo tj. između 1950. i 1960. godine zbog Holandske bolesti brijesta i oslobađanja prostora, da bi iza 1960. godine počeo padati.

Promatrajući vrijeme nakon izgradnje kanala, kod nekih stabala se nastavlja trend pada prirasta, međutim kod nekih je prirast čak i povećan. Može se pretpostaviti da je ovakav trend rezultat položaja samih stabala i dubine njihovog korijenja u odnosu na razinu podzemne vode te je izgradnjom kanala tim stablima korijenje oslobođeno suficita podzemne vode, koji je prije uzrokovao smanjeni prirast.

Razdoblje oko 1990. godine bilo je povoljnije za rast hrasta lužnjaka, a nepovoljnije za poljski jasen, što se vidi iz pada prirasta starih stabala poljskog jasena na ploham 9 (Slika 177.), 10 (Slika 178.) i 13 (Slika 180.) no nije jasan uzrok ovih trendova u prirastu.

Sažetak interpretiranih podataka

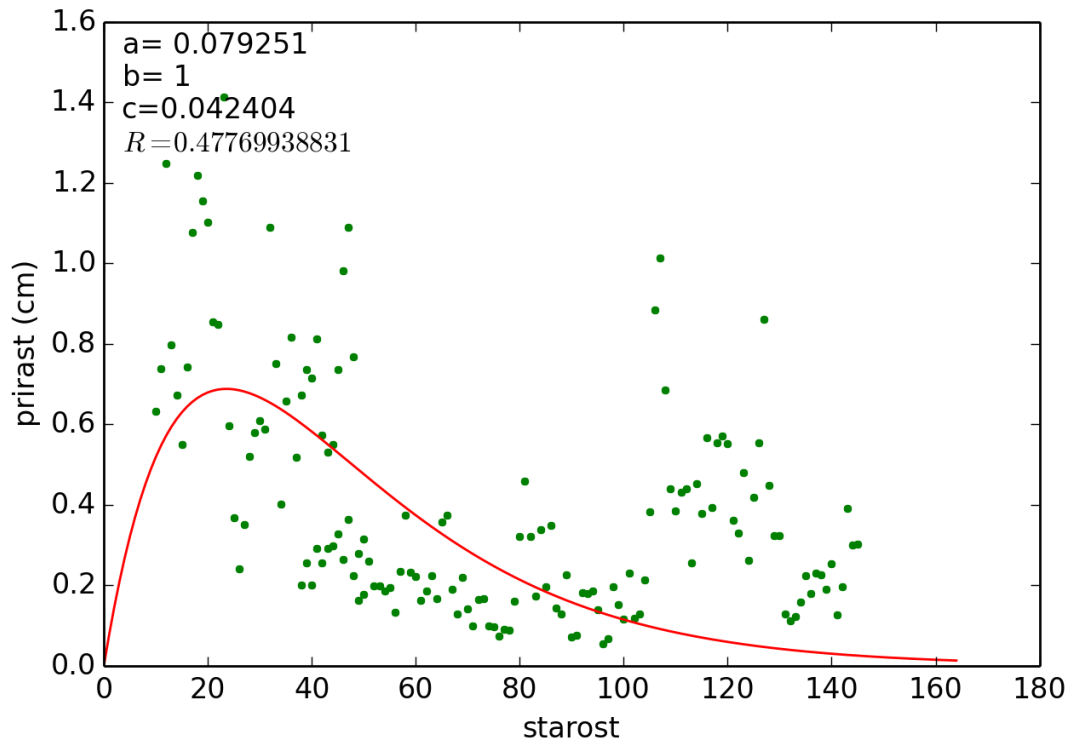
Na mlađim stablima (starosti 50-70 godina) se ne može procjeniti utjecaj izgradnje kanala na prirast, prvenstveno zato što se to razdoblje preklapa s prvom kulminacijom debljinskog prirasta te uslijed pomanjkanja istraživanja o prirastu ovih sastojina u povijesti, ne možemo zaključiti bi li ta kulminacija bila veće amplitude u slučaju nepromijenjenih uvjeta ili je trebala započeti u godini regulacije starog toka ili izgradnja kanala nema utjecaja na prirast ovih stabala.

Na starijim stablima uočena je prva kulminacija prirasta oko 30. godine starosti tj. nešto ranije nego kod stabala koja su rasla jedno stoljeće nakon, što znači da su tada stabla živjela u uvjetima pogodnijim za život i razvoj tj. rasla su na boljem bonitetu.

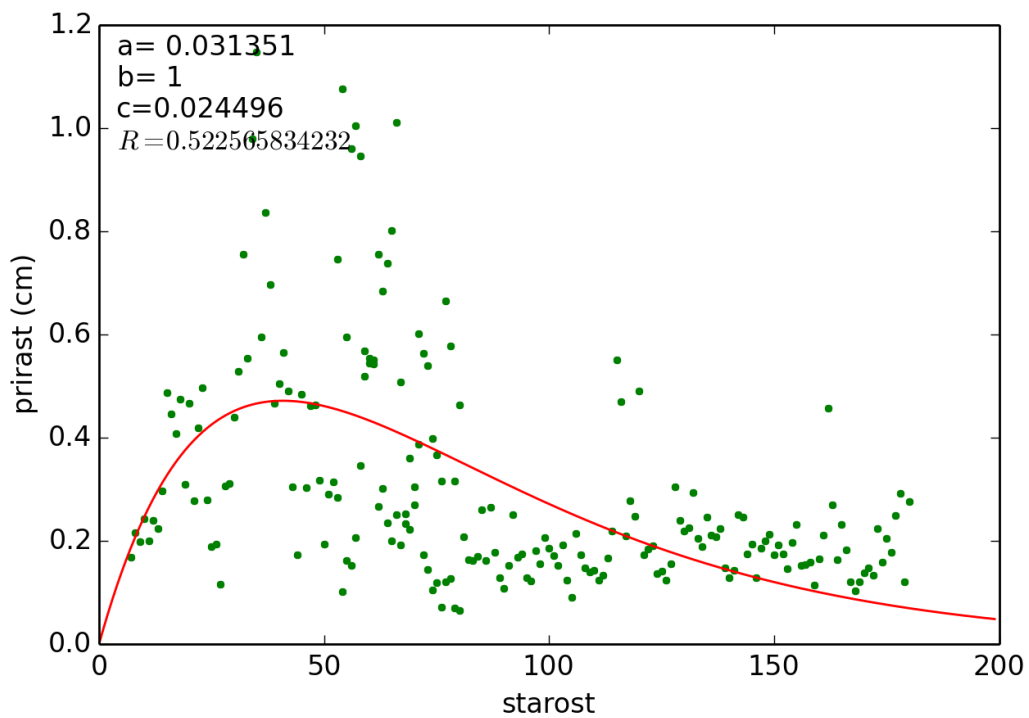
Uočljiv događaj na starijim stablima, bez obzira bila ona stara 145 ili 180 godina je sušenje nizinskog brijesta (1950-ih) čime je pojačan rast stabala oslobađanjem prostora. Međutim, nestankom brijesta vjerojatno je kasnije došlo (1960-ih) do nepovoljnijih prilika tj. zamočvarenja i eventualnog podizanja razine podzemne vode. Pretpostavka se temelji na tome da se je brijest činio 30-50 % u drvnoj masi, te da je njegovim nestankom izgubljena značajna površina za evapotranspiraciju.

Izgradnja kanala i poprečnih prometnica, na neka stabla je pozitivno djelovala, iako je mjestimično došlo do dodatnog zamočvarenja stvaranjem fizički odvojenih kazeta. Pozitivan utjecaj na prirast je najviše izražen kod poljskog jasena, a može imati različite uzroke, s jedne strane zbog zamočvarenja jer mu se smanjila kompeticija sa hrastom lužnjakom, a s obzirom da jasen tolerira i nisku razinu podzemne vode i to je moguće objašnjenje većeg rasta jasena. I kod nekih stabala hrasta lužnjaka se uočava da postoji trend povećanog prirasta, a što je vjerojatno rezultat sniženja razine podzemne vode koja je vjerojatno bila visoka uslijed neodržavanja meliorativnih kanala tj. kanala „sisavaca“ i pretpostavljeno radi nestanka nizinskog brijesta.

Promatrajući stabla poljskog jasena (npr Slika 174. i Slika 176.) čini se da postoji pozitivan utjecaj na prirast u zadnjih 30-ak godina. Ovo je vidljivo i iz prikaza prirasta stabla u odnosu na krivulju prirasta izjednačenog Kellerovom funkcijom (Slika 181. i Slika 182.).



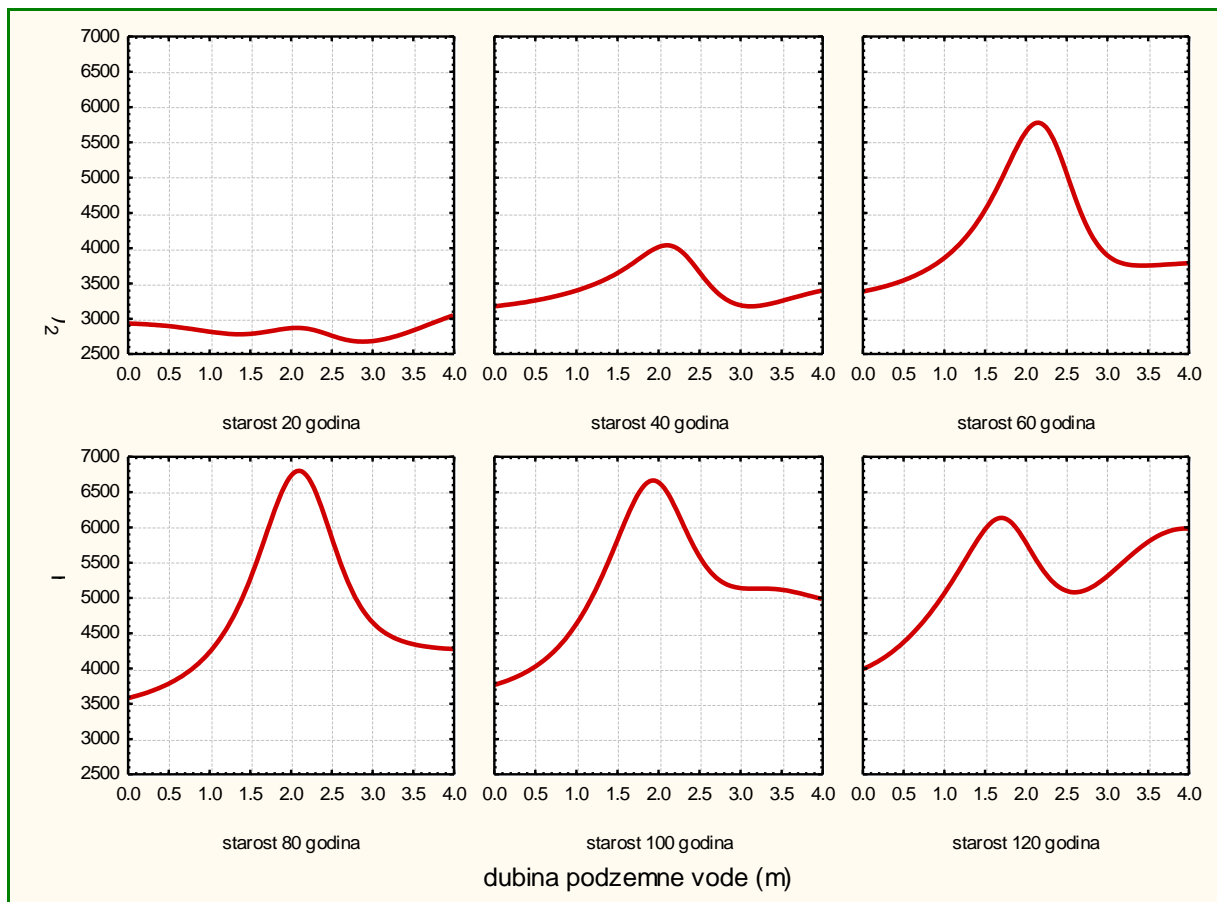
Slika 181. Prikaz vrijednosti očitanih godova stabala poljskog jasena na plohi 6 i krivulje prirasta dobivene Kellerovom funkcijom



Slika 182. Prikaz vrijednosti očitanih godova stabala poljskog jasena na plohi 8 i krivulje prirasta dobijene Kellerovom funkcijom

Analizirajući podatke iz 3. kazete može se uočiti da je zbog nekih razloga razdoblje oko 1990. godine bilo povoljnije za rast hrasta lužnjaka, a nepovoljnije za poljski jasen, što se vidi iz pada prirasta starih stabala poljskog jasena na plohama 9 (Slika 177.), 10 (Slika 178.) i 13 (Slika 180.). Ovaj događaj nije moguće interpretirati uslijed pomanjkanja dodatnih podataka potrebnih za interpretaciju.

Dio pretpostavki unutar ove interpretacije se temelji na rezultatima dobivenim pri istraživanju utjecaja predviđenog višenamjenskog kanala Dunav-Sava (VKDS) 2006. godine u Spačvanskom bazenu. Tamo se uslijed velikog područja istraživanja i postojanja višegodišnjih mjerenja razina podzemne vode mogao modelirati prirast hrasta lužnjaka u odnosu na njegovu starost i dubine do podzemne vode (Slika 183.).



Slika 183. Prirast temeljnice hrasta lužnjaka za različite dubine podzemne vode i starosti sastojine, uz ostale nezavisne varijable postavljene na aritmetičku sredinu

Prema rezultatima tog istraživanja (Slika 183.), pri starosti od 20 g dubina podzemne vode praktično ne utječe na prirast. Identičan rezultat već su dobili Antonić i dr. (1999a, 2000, 2001a) u sličnom istraživanju, ali na sasvim drugom području (Prekodravlje, šuma Repaš) u sklopu izrade projektne dokumentacije za HE Novo Virje. Kao i u citiranom istraživanju, i na području promatranom u studiji VKDS već pri starosti od 40 godina slika se mijenja i oblikuje se jasan optimum. U ovom se slučaju taj optimum nalazi na približnoj srednjoj godišnjoj dubini podzemne vode od 2.1 m. U starostima od 60. do 80. godine optimalna dubina je gotovo jednaka onoj u 40. godini, iako apsolutne vrijednosti prirasta rastu, sukladno prirodnoj varijabilnosti prirašćivanja tijekom života stabla. U starosti od 100 godina, optimalna dubina

pomiče se na približno 1.9 m, a u starosti od 120 godina na približnu dubinu od 1.7 m. Međutim, u starosti od 120 godina, nakon lokalnog minimuma prirasta pri dubini podzemne vode oko 2.5 m, prirast ponovno počinje rasti, i pri dubini podzemne vode od 4 m ponovno dostiže gotovo maksimalne vrijednosti za tu dob. Mišljenja smo da je takav, ekološki teško objašnjiv rezultat, posljedica ekstrapolacije neuronske mreže u domeni bez dovoljno ulaznih podataka na kojima je ona trenirana i zato taj rezultat zanemarujemo u daljnjim razmatranjima. Može se, dakle, zaključiti da se maksimalni rast u debljinu hrasta lužnjaka na području Spačvanskog bazena postiže pri srednjim godišnjim dubinama podzemne vode od oko 2 m, ili malo više od toga.

Samo za usporedbu su u nastavku prikazani podaci dobiveni prilikom polugodišnjeg mjerenja podzemne vode na području Motovunske šume oko starog toka Mirne (Tablica 58.).

Tablica 58. Prikaz dubina do podzemne vode na piezometrima u Motovunskoj šumi

Piezometar	Min dubina (m)	Max dubina (m)	Aritmetički prosjek (m)
P2	1,76	2,93	2,46
P4	1,21	2,96	2,23
P8	-0,04*	1,88	0,91

*podzemna voda se podigla do površinskog sloja tla

Promatrajući piezometar P2 i P4, koji se nalazi unutar 1. kazete i 2. kazete, možemo zaključiti da je prema ovim kratkoročnim mjerenjima dubine do podzemne vode optimalna za razvoj hrasta lužnjaka, dok dubine do podzemnih voda na piezometru P8, unutar 3. kazete pokazuju vodni suficit u odnosu na rezultate iz Spačvanskog bazena (Slika 183.) .

Međutim, ove podatke moramo promatrati s odmakom iz više razloga:

- vremenski niz podataka o dubinama podzemne vode je prekratak za jasniju interpretaciju i modeliranje ovisnosti prirasta o dubini do podzemne vode,
- piezometri P2 i P4 su postavljeni na višim djelovima mikroreljefa (na nizi ili gredi), dok je piezometar P8 postavljen na nižem dijelu mikroreljefa (bara tj. prijelaz prema bari),
- na osnovu jednog piezometra unutar kazete nemoguće je procijeniti stanje i kretanje podzemne vode u cijelom kazeti koje su veličina, redom, 393 ha, 146 ha i 335 ha.
- također, treba imati u vidu i činjenicu da se razina tla u Motovunskoj dolini u povijesti konstantno povećavala usljed poplava. Ovo ima najveći utjecaj na stara stabala koja su rasla u uvjetima kada je razina tla bila niža (možda čak i do metra niža), a samim tim i razina podzemne vode do koje im je naraslo korijenje.

Promatrajući uvjete u 1. kazeti, ona je ipak otvorena jednim rubom i tamo se nalaze mlađe sastojine hrasta i jasena koje su se, čini se, prilagodile ovakvim uvjetima života. Međutim, promatrajući uvjete u 2. i 3. kazeti i uzimajući u obzir ovdje prikazane rezultate, možemo pretpostaviti da se u Motovunskoj šumi dogodio ovakav scenarij:

- Nestankom nizinskog brijesta je došlo do smanjenja dubine do podzemne vode zbog znatno umanjene površine (ukupne površine lišća) za evapotranspiraciju. Ovo se može iščitati na mnogim uzorcima gdje je u to vrijeme smanjen prirast.

U to vrijeme je stari vodotok Mirne funkcionirao, međutim šumski kanali „sisavci“ nisu te je održavana ta razina visoke podzemne vode. Ovo se događalo na način da visina vodostaja starog toka Mirne nije dopuštala spuštanje, a kanali sisavci uslijed neodržavanja nisu odvodili taj suvišak te su moguće i pridonosili zamočvarenju,

- Izgradnjom kanala i prebacivanjem toka iz prirodnog korita u kanal razina podzemne vode se spustila što je odgovaralo nekim hrastovim stablima, međutim nekima nije. Kazetiranje i neodržavanje kanala sisavaca vjerojatno nije dopuštalo da se razina podzemne vode spusti toliko da izazove sušenje većih razmjera u ovim šumama (kao što je bio slučaj s nekim lužnjakovim šumama na kontinentu).
- Povratak planskom gospodarenju početkom 90-ih godina, uklanjanjem suhih stabala i prorjedom pomažući stabla sličnih karakteristika kao uzorkovana stabla u ovom istraživanju, kao i uz to održavanje meliorativnih kanala, pretpostavke su pozitivnog utjecaja na veći dio hrastovih stabala. U isto vrijeme, i prirasti poljskog jasena su visoki, što bi ipak ukazivalo na daljnje postojanje suviška površinske vode, kako ona uslijed kazetiranja nema mogućnost otjecanja starim koritom Mirne ili na suše uvjete kojima se jasen kao vrsta široke ekološke valencije prilagodio.

Ovom analogijom, u slučaju “otvaranja” kazeta i omogućavanja toka Mirne starim koritom, pretpostavlja se sljedeće:

- Razina podzemne vode će se podići, ali njena razina će se moći održavati u okviru koji je optimalan za razvoj hrasta lužnjaka održavanjem ili mjestimičnim produbljivanjem meliorativnih kanala.
- Zadržavanje površinske vode će biti umanjeno uslijed mogućnosti slobodnog otjecanja starim tokom, što bi trebalo pozitivno utjecati na razvoj hrasta, osobito u drugoj kazeti koja je trenutno sa svih strana fizički zagrađena.

Iz svih gore navedenih razloga, iznimno je potrebno i dalje praćenje razina podzemne vode uz povećanje broja piezometara. Stoga je potrebno nastaviti praćenje unutargodišnjeg prirasta hrasta lužnjaka radi mogućnosti modeliranja ovisnosti prirasta i razine podzemne vode. Za tu svrhu se koriste manualni pojasi dendrometri, koji se postavljaju na stabla u obliku obruča koji se širi pri rastu stabla, a mjera širenja obruča se prati na preciznoj pomičnoj mjerki (noniusu).

4.1.3.2 Ekoindikatorski značaj debljinskog prirasta sastojina hrasta lužnjaka u Motovunskoj šumi

Debljinski prirast stabala odnosno dinamika vremenskih nizova godišnjeg rasta stabala (širina godova na poprečnom presjeku, kolutovima ili izvrtcima) predstavlja vrlo često korišten indikator stanja šumskih sastojina u razmatranju uloge nekog vanjskog čimbenika na šume. Korištenje debljinskog prirasta kao ekoindikatora je posebno često u razmatranju različitih vanjskih utjecaja na vodni režim i stabilnost nizinskih poplavnih šumskih staništa (kao npr. utjecaj ekstremno sušnih godina, većih hidrotehničkih zahvata i kanala, drenažne mreže

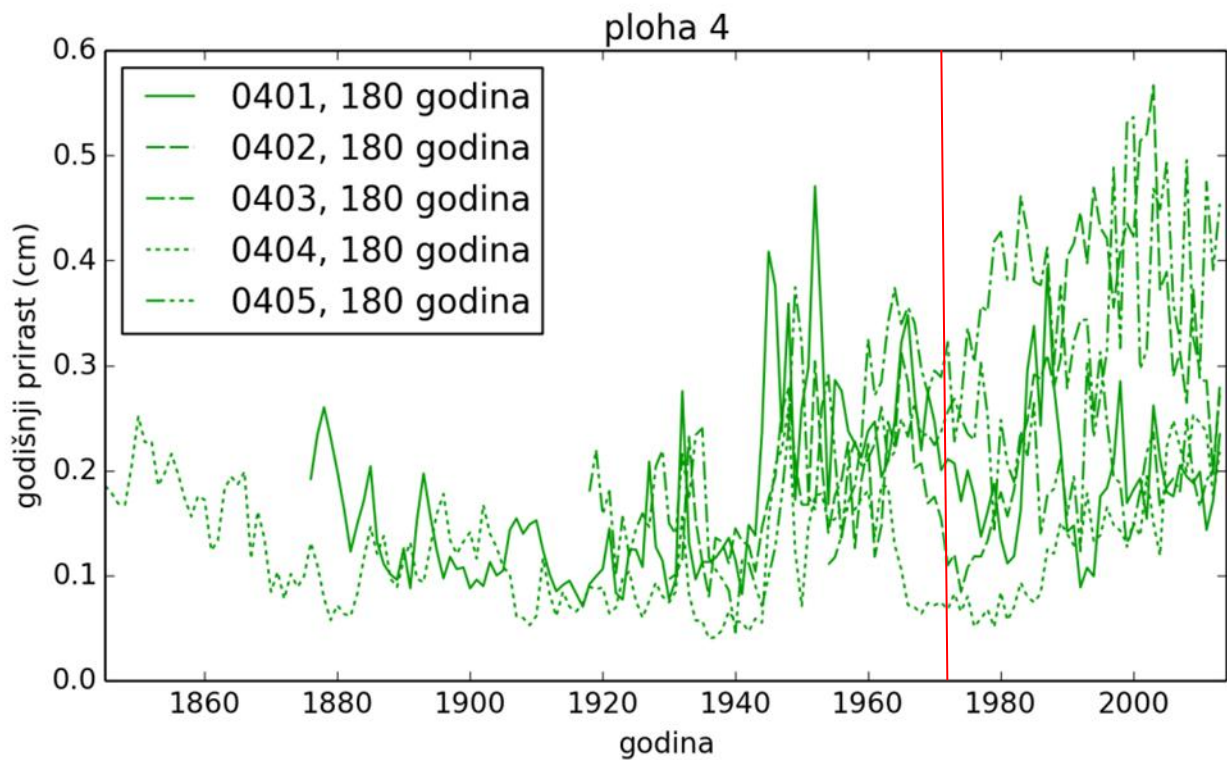
jaraka uz šumske prometnice i ostalo). U dosadašnjim istraživanjima, kod nas i inozemstvu, potvrđeno je kako se provedba većih hidrotehničkih zahvata (kanaliziranje prirodnih tokova, upotreba šumskih područja kao vodnih retencija, kazetiranje odnosno izgradnja šumskih prometnica bez propusta) uglavnom nepovoljno odražava na stabilnost šumskih sastojina, a što je potvrđeno kroz smanjen debljinski prirast šumskih sastojina te sušenje i odumiranje šuma. Uopćeno, najčešće spominjan utjecaj takvih zahvata predstavlja sniženje razina podzemnih voda odnosno s druge strane tzv. zamočvarenje staništa uslijed prekidanja i prekomjernog zadržavanja poplavne i oborinske vode na površini.

Razmatranje utjecaja na vodni režim šumskih sastojina pomoću analize vremenskih serija debljinskog prirasta, predstavlja svojevrsnu opću aproksimaciju rezultata na relaciji tlo-biljka. Nedostaci sagledavanja ekoindikatorske uloge debljinskog prirasta su u tome što je on krajnji pokazatelj funkcionalnog stanja šumskih sastojina koji je pod utjecajem mnogih stanišnih te sastojinskih čimbenika. Debljinski prirast kao takav, nije neposredan pokazatelj vodnih odnosa u staništu što je jedno od najvažnijih ograničenja kod njegove primjene. Razmatranje odnosa između vodnog režima, tla i rizosfere najčešće je ograničeno nepostojanjem konkretnih podataka iz kojih bi se determinirali navedeni odnosi. Istraživanja prostorne distribucije korjenovog sustava u tlu je neophodno ako se želi utvrditi, bez aproksimacija, stvarni učinak promjena razina podzemnih voda na šumske sastojine. Isto tako, nužno je dovesti u vezu pedofizikalna odnosno pedokemijska svojstva tla s prostornom distribucijom korjenovog sustava kako bi se mogli iz tih rezultata izvući nedvosmisleni zaključci.

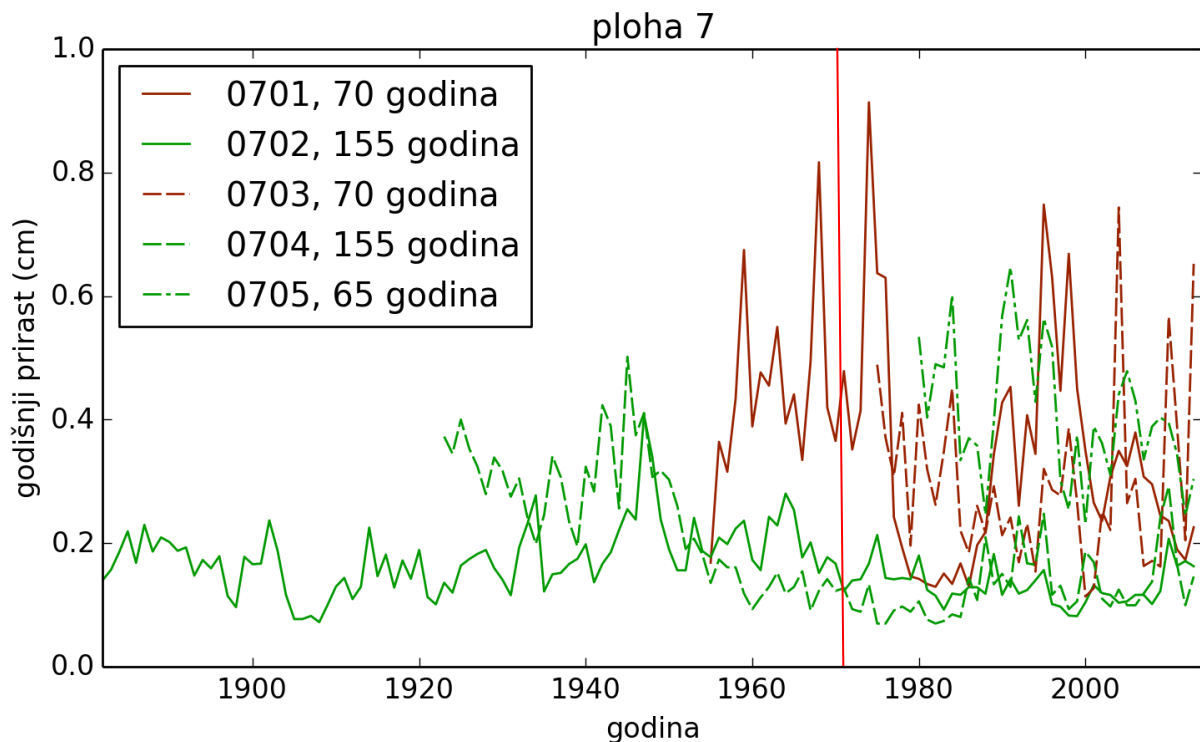
S obzirom na navedeno, u nastavku je prikazana interpretacija vremenskih serija debljinskog prirasta stabala hrasta lužnjaka s ciljem donošenja zaključaka o ekološkom stanju šumskih sastojina nakon provedbe hidrotehničkih zahvata na rijeci Mirni. Analiza podataka obuhvatila je sam trend debljinskog prirasta odnosno stanje prije i nakon kanaliziranja vodotoka Mirne 1972. godine. Također, napravljena je i korelacija debljinskog prirasta s pedološkim i geomorfološkim parametrima.

4.1.3.3 Analiza učinka regulacije korita Mirne na debljinski prirast stabala hrasta lužnjaka

Kao osnova za sagledavanje ekoindikatorske uloge vremenskih serija debljinskog prirasta, napravljena je analiza učinka regulacije korita Mirne 1972. godine. Za obradu su korišteni **rezultati procjene debljinskog prirasta** dobiveni na osnovu izvrtaka s 10 ploha u kojima prevladava hrast lužnjak (P1-P10). Statistička obrada napravljena je na dva načina. U prvom slučaju, napravljena je **obrada korištenjem linearnog (mixed-effect) modela** koji je prikladan za plan pokusa koji sadrži kategoričke i kontinuirane nezavisne varijable. U ovom slučaju, zavisnu varijablu predstavljao je debljinski prirast po godinama, nezavisna kontinuirana varijabla predstavljala je godine dok su kao kategoričke varijable uzete stablo (broj stabla na plohi) te stanje prije i poslije zahvata (prirodno vs. zahvat), Slika 184.



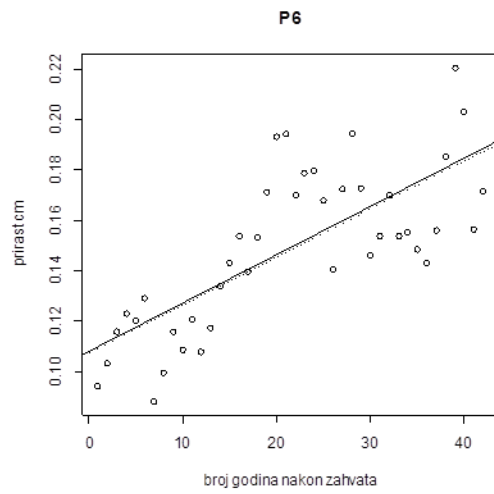
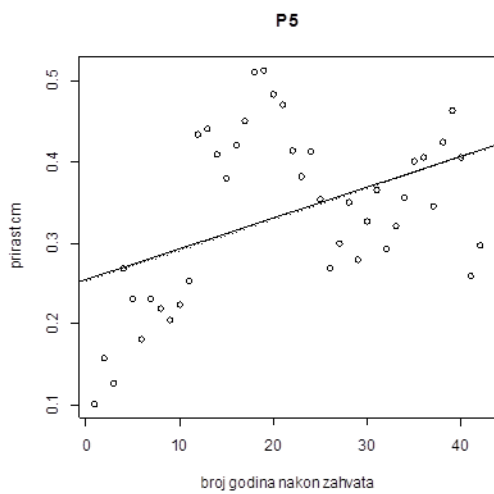
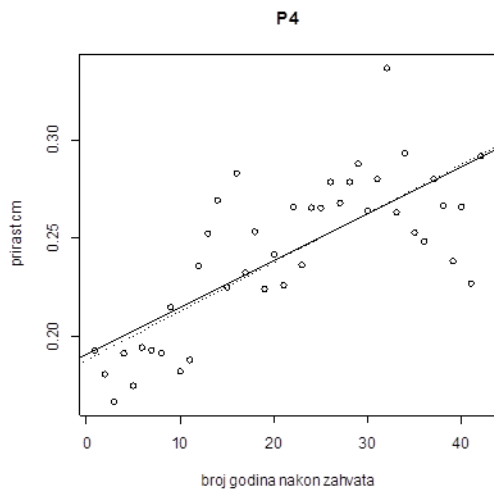
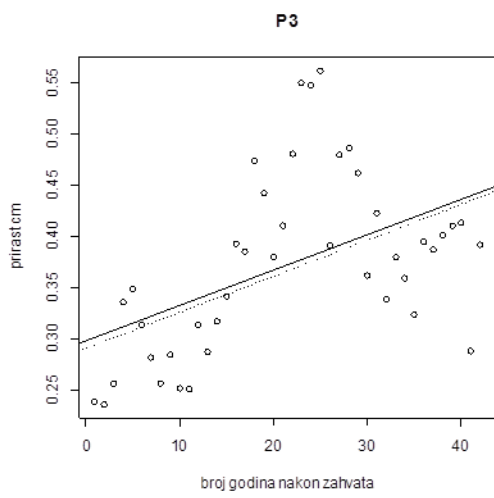
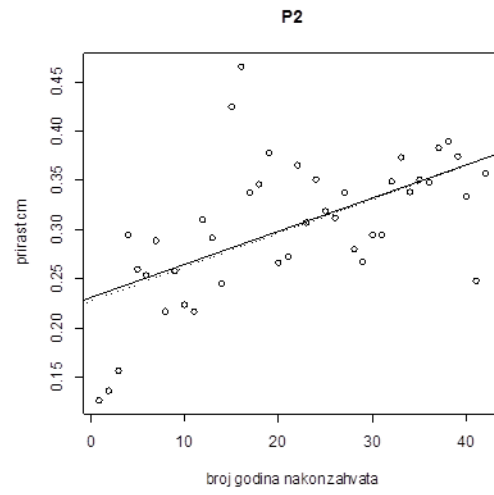
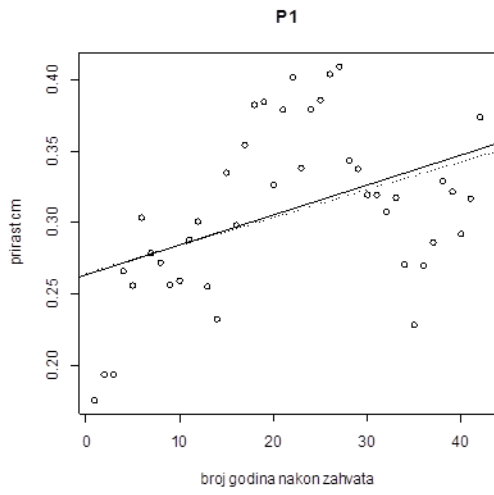
Slika 184. Prikaz stanja debljinskog prirasta, prije (prirodno) i nakon uređenja korita Mirne 1972. godine (zahvat) na plohi P4 (crvenom linijom je označena 1972. godina)

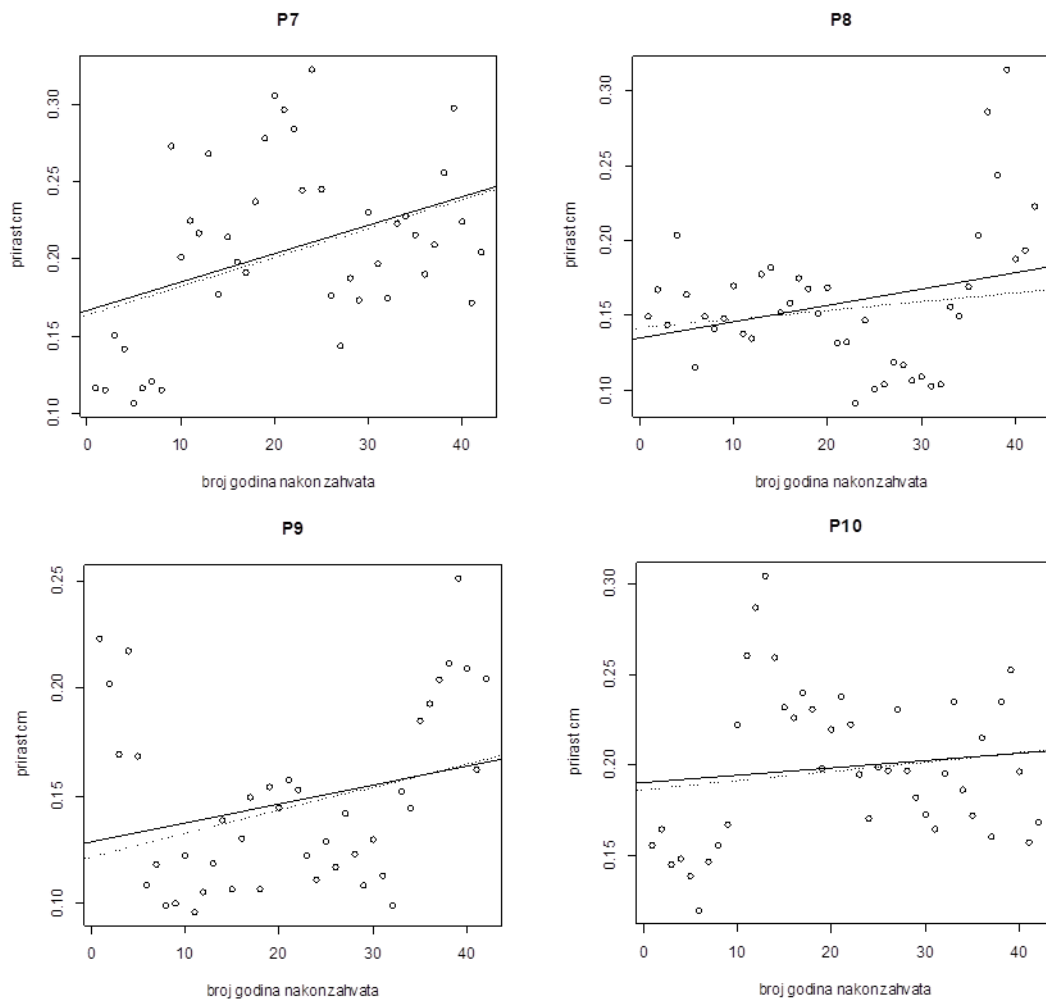


Slika 185. Prikaz stanja debljinskog prirasta, prije (prirodno) i nakon uređenja korita Mirne 1972. godine (zahvat) na plohi P7 (crvenom linijom je označena 1972. godina)

Rezultati analize potvrdili su (sa 95% signifikantnosti) da se nakon izvođenja zahvata pojavio pozitivan trend debljinskog prirasta hrasta lužnjaka na plohama P1-P6 dok na plohama P8-P10 takav trend nije prisutan. Iako je u prvih nekoliko godina nakon provođenja zahvata, došlo do jačeg pada prirasta, on se u narednim godinama stabilizirao i čak nadmašio vrijednosti koje su sastojine imale u vremenu prije. Jedino na plohi P7 utvrđen je značajan negativan trend opadanja prirasta nakon provedbe zahvata u odnosu na prirodno stanje (Slika 185.).

Za potvrdu ovih rezultata, napravljena je **analiza trenda prirasta u godinama nakon provedbe zahvata**, korištenjem jednostavnog te robusnog regresijskog modela. Kao i u prethodnoj obradi utvrđeno je značajno povećanje prirasta sastojina nakon uređenja korita 1972. godine na plohama P1 - P6 te dodatno i na plohi P7, dok na plohama P8-P10 nije utvrđen značajan trend (kao i u prethodnoj analizi) što je vidljivo i iz priloženih grafičkih prikaza (Slika 186.). Kao što je prehodno naglašeno, osim kanaliziranja Mirne i napuštanja starog korita Mirne 1972., tijekom 1980-tih i 1990-tih se počinju održavati kanali sisavci i moguće je da je dio trenda uvjetovan i ovim šumarskim radovima.





Slika 186. Prikaz uklopljenog linearnog (puna crta) odnosno robusnog (iscrtkano) modela odnosno trenda u vrijednosti prirasta nakon kanaliziranja Mirne 1972. Godine

4.1.3.4 Odnos debljinskog prirasta u odnosu na položaj na terenu i udaljenosti od vodotokova

Jedna od važnih sastavnica u sagledavanju varijacija debljinskog prirasta sastojina predstavlja utvrđivanje odnosa prema postojećoj hidrografskoj mreži na području Motovunske šume. Hidrografska mreža, kanali i prirodni vodni tokovi, najčešće predstavljaju tzv. lateralne efekte odnosno njihovo djelovanje na šumu određeno je nekom prostornom dimenzijom. Kao neovisne varijable u analizi, korištena je najkraća udaljenost između analiziranih ploha i četiri glavna vodna toka izračunata iz prostorne baze podataka. Izdvojene su četiri ulazne varijable (Tablica 59.): udaljenost od unutarnjeg kanala (D_kanali), udaljenost od novog korita Mirne (D_Mirna), udaljenost od prirodnog vodotoka Mirne (D_StMirna2) te udaljenost od lateralnog vodotoka na suprotnom obodu (D_VOD). U obradu je još uključena nadmorska visina dobivena iz digitalnog elevacijskog modela (varijabla DEM). Kao zavisne varijable korišteni su obračunati parametri regresije i to regresijska konstanta (intMEM) i regresijski koeficijent (trendMEM) linearnog (mixed-effect) modela te regresijska konstanta (intLM) i

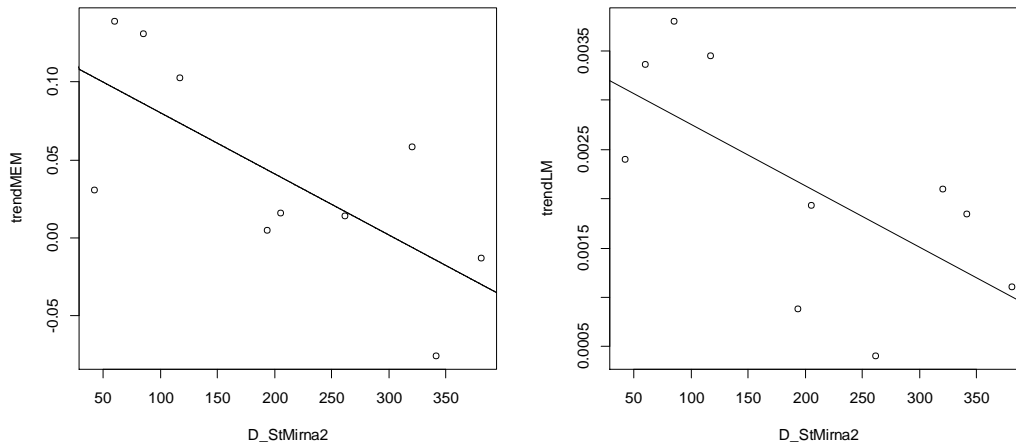


regresijski koeficijent (trendLM) linearnog regresijskog modela (nakon zahvata), izračunatog na svih deset ploha.

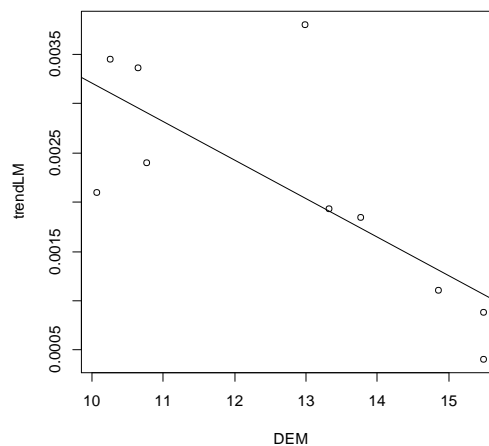
Tablica 59. Obračunati najkraći prostorni odnosi između ploha i vodnih tokova i nadmorska visina ploha

Broj plohe	Nadmorska visina ploha u m	Udaljenost od unutarnjeg kanala	Udaljenost od novog korita Mirne	Udaljenost od starog korita Mirne	Udaljenost od vodotoka
	DEM	D_kanali	D_Mirna	D_StMirna2	D_VOD
P1	10.07	0	760	320.16	141.42
P2	10.64	190.26	680.07	60	560.36
P3	10.26	60	460	116.62	325.58
P4	10.77	31.62	440	42.43	379.47
P5	12.99	28.28	197.99	84.85	220.23
P6	13.32	28.28	570.09	205.18	67.08
P7	13.76	0	636.4	341.32	98.49
P8	14.86	92.19	563.03	380.79	225.61
P9	15.49	72.11	430.81	193.13	341.76
P10	15.49	76.16	626.5	261.7	150

Kod obrade je korištena jednostavna Pearsonova korelacija uz izračun signifikantnosti korelacijskih koeficijenata. U obradi je potvrđeno postojanje značajne negativne korelacije između koeficijenata regresije kod oba modela (intMEM i intLM) i udaljenosti od starog korita Mirne (korelacijski koeficijenti -0.71 odnosno -0.67, Slika 187.). Postojanje značajne korelacije (-0.71) utvrđeno je još jedino između nadmorske visine (DEM) i koeficijenta regresije linearnog modela (trendLM). Iz provedene obrade može se iščitati kako trend povećanja debljinskog prirasta opada u odnosu prema udaljenosti od starog toka Mirne. Isto tako, trend povećanja prirasta pojavljuje se na plohama na nižoj nadmorskoj visini, a što je moguće povezano i sa opisanim trendom rasta povezanim sa mlađim šumama u 1. i 2. kazeti tj. sa prvom kulminacijom debljinskog prirasta.



Slika 187. Prikaz odnosa između koeficijenata regresije i udaljenosti od starog toka Mirne (značajna korelacija od -0.71, odnosno -0.67)

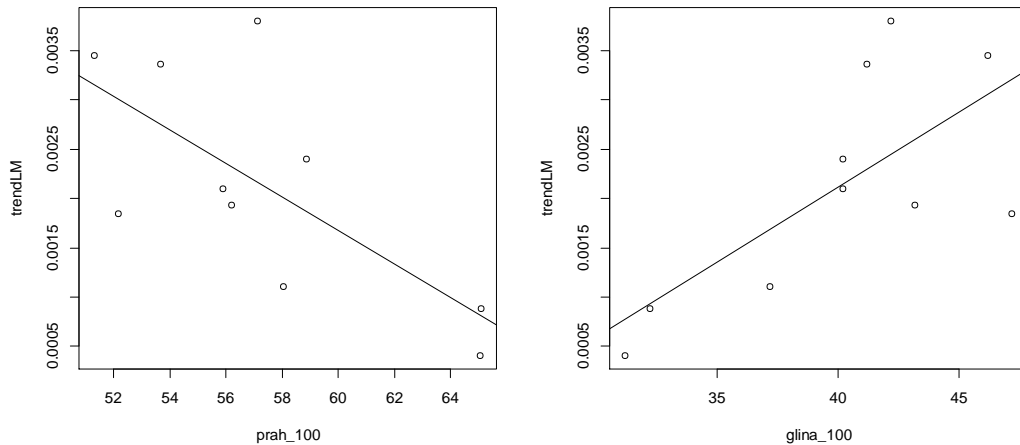


Slika 188. Prikaz opadanja trenda prirasta u odnosu prema položaju na terenu (korelacija - 0.71)

4.1.3.5 Odnos debljinskog prirasta i pedofizikalnih varijabli

Radi procjene koje prilike u tlu imaju na debljinski prirast, napravljena je korelacijska analiza između parametara modela regresijskih modela (intMEM, trendMEM, intLM, trendLM) te fizikalnih značajki tla na deset ploha. U obzir su uključene varijable, postotni udio pijeska na dubinama od 20, 60 i 100 cm, postotni udio praha na dubinama od 20, 60 i 100 cm te postotni udio gline na dubinama od 20, 60 i 100 cm. Korišteni parametri teksture tla odnosno mehanički sastav u velikoj mjeri određuju vodno-fizikalna svojstva staništa. Od istraživanih odnosa, utvrđeno je jedino postojanje značajnih korelacija i to negativnih između trenda rasta sastojina nakon provedbe zahvata (trendLM) sa sadržajem praha na dubini od 100 cm (-0.70) i pozitivnih sa sadržajem gline (0.70) na istoj dubini. Utvrđena korelacija (Slika 189.) je najvjerojatnije vezana uz bolju vodno-retencijsku sposobnost tla (zadržavanje pristupačne vode) koja nastupa s povećanim sadržajem gline u optimalnom doseg u korjenovog sustava

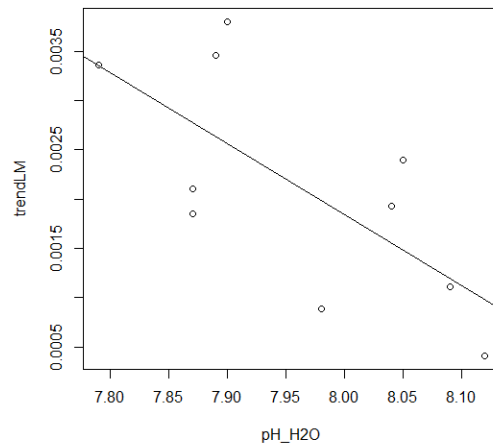
stabala na dubini od 100 cm. Prah je s druge strane inertna faza s obzirom na vodno-retencijske sposobnosti i njegovo povećanje u tlu doprinosi boljoj hidrauličkoj vodljivosti odnosno bržem gubitku vode iz doseg rizosfere.



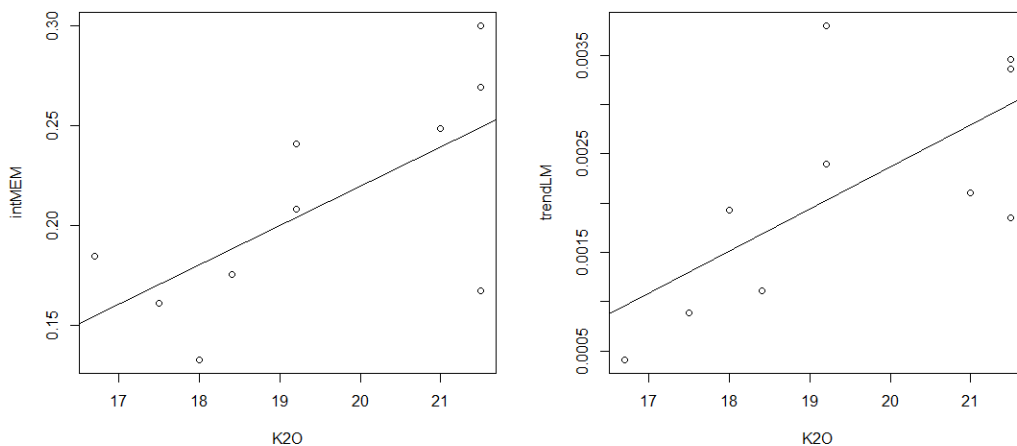
Slika 189. Odnos sadržaja postotka praha (lijevi graf) i gline (desni graf) i trenda povećanja debljinskog prirasta

4.1.3.6 Odnos debljinskog prirasta i pedokemijskih varijabli

Razmatrane pedokemijske varijable u tlu imaju potencijalan značaj s obzirom na modificiranje vodno-fizikalnih značajki tala (humus) ali i također ukazuju na hranidbeni potencijal tala (kao dušik, fosfor i kalij). U obradu su uključena pedokemijska svojstva tla na tri razmatrane dubine; 20, 60 i 100 cm. Od istraživanih odnosa jedino se potvrdio značajan odnos (-.70) između povećanja pH u H₂O u površinskom sloju (20 cm) i smanjenja trenda debljinskog prirasta (trendLM), Slika 190. Navedeni odnos vezan je uz ekološku konstituciju vrste koja ukazuje kako hrast lužnjak slabije podnosi izrazito bazična tla. Utvrđena je pozitivna korelacija između sadržaja kalija u tlu na dubini od 100 cm (Slika 191.) te povećanja debljinskog prirasta (0.66 odnosno 0.68) što je u vezi s hranidbenim potencijalom tala.



Slika 190. Odnos između trenda prirasta i kiselosti tla u površinskom horizontu (20 cm)



Slika 191. Odnos fiziološki aktivnog kalija u zoni rizosfere (100 cm) i varijabli prirasta (intMEM, trendLM)

4.1.4 Vitalnost i produktivnost krošanja edifikatorskih vrsta drveća

Analiza vitalnosti i produktivnosti krošanja edifikatorskih vrsta drveća na području Motovunske šume izvedena je na temelju rekonstrukcije vremenskih trendova za razdoblje 2000. - 2013. iz satelitskih snimaka MODIS, prostorne razlučivosti (veličine piksela) 250 m x 250 m i vremenske razlučivosti od 16 dana. Iz spektralnih je kanala tih satelitskih snimaka za svaki piksel/termin tijekom trinaestogodišnjeg razdoblja izračunat “*Enhanced Vegetation Index*” (EVI), kao standardni pokazatelj fotosintetske aktivnosti, čije se vrijednosti mogu intepretirati kao procjenitelj zdravstvenog stanja, vitalnosti i/ili produktivnosti šumskog drveća.

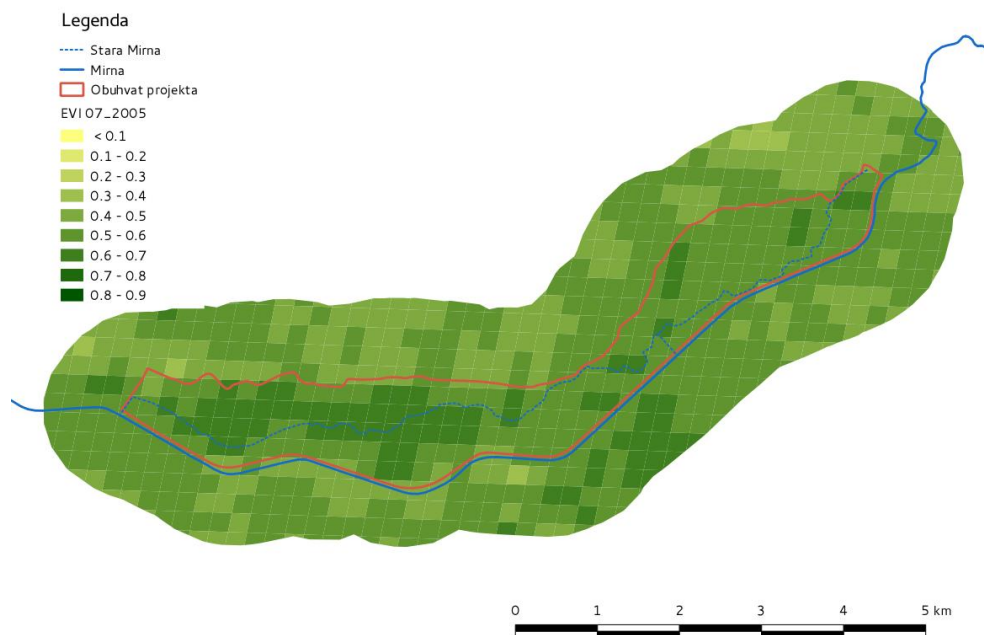
NDVI (Normalized difference vegetation indeks = normalizirani razlikovni vegetacijski indeks) je u istraživanju vegetacije najkorišteniji globalno primjenjiv vegetacijski indeks. NDVI se

koristi u mnogim studijama monitoringa vegetacije, vegetacijskih promjena povezanih s promjenama u okolišu, procjenu trofičkih interakcija, procjenu fenoloških promjena i trendova, procjene produktivnosti i biomase, procjenu biološke raznolikost i dr. Liu i Huete (1995) su razvili vegetacijski indeks EVI, kojim su pokušali ispraviti nedostatke snižavanja vrijednosti zbog refleksije površina ispod vegetacije, i atmosferskih efekata koje ima NDVI:

$$EVI = G * \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(L + \rho_{nir} + C_1 \rho_{red} + C_2 \rho_{blue})}$$

gdje su ρ površinska usmjerena refleksija (ili refleksija na vrhu atmosfere), L je faktor za korekciju površina ispod vegetacije te C1 i C2 koeficijenti za korekciju vrijednosti aerosola crvenog kanala pomoću plavog kanala. G je faktor pojačanja (težine). Danas se EVI indeks sve više primjenjuje, jer dolazi u paketu podataka MODIS kompozitnih vegetacijskih indeksa. Prihvaćeni koeficijenti za računanje EVI su L=1, C1=6, C2= 7,5 i G=2,5. (<http://tbrs.arizona.edu/project/MODIS/evi.php>)

Za ilustraciju, Slika 192. (vrijednosti za ostale mjesecce prikazane su u Prilogu 10.1.) prikazuje prostorne razdiobe srednjih mjesečnih vrijednosti EVI indeksa na području Motovunske šume tijekom 2005. godine.



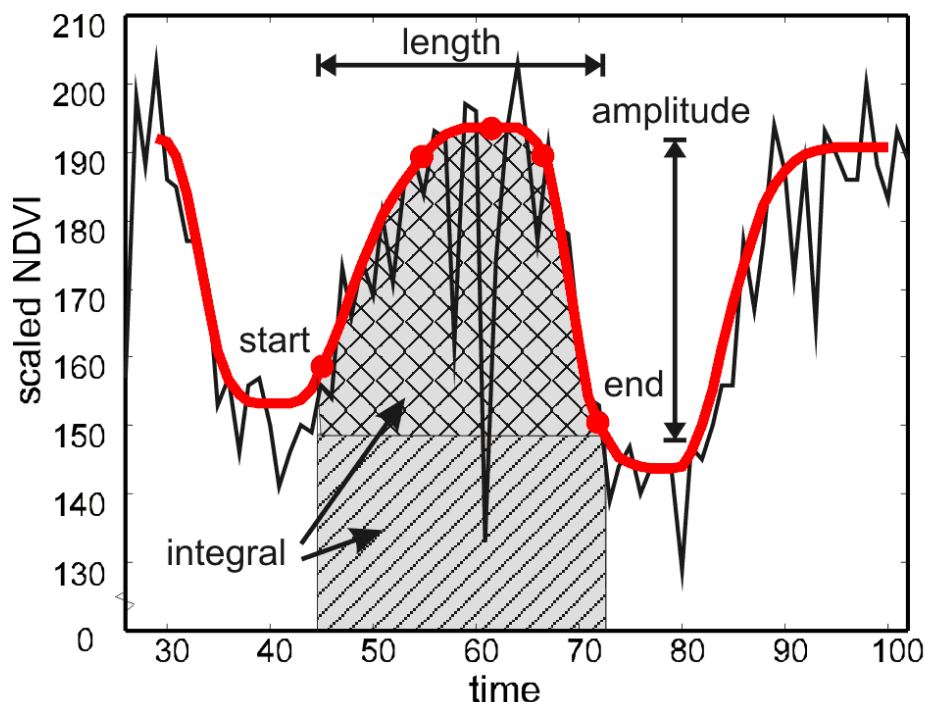
Slika 192. Prostorna razdioba srednjih mjesečnih vrijednosti EVI indeksa (veće vrijednosti indiciraju veću fotosintetsku aktivnost) na području Motovunske šume za srpanj 2005. godine

Iz opisane vremenske serije prostornih razdioba EVI indeksa (odnosno iz krivulja dinamike fotosintetske aktivnosti za svaki pojedini MODIS piksel) izvedena je fenološka metrika (datumi početka, sredine i kraja vegetacijske sezone, kao i veliki sezonski integral, kao procjenitelj ukupne produktivnosti tijekom vegetacijske sezone) za svaku godinu u razdoblju 2000.-2013.

Za određivanje fenološke metrike bukovih šuma korišten je programski paket TIMESAT 3 (Jönsson i Eklundh, 2002; Jönsson i Eklundh, 2004). TIMESAT je dizajniran kako bi rješavao šumove u vremenskim serijama AVHRR NDVI podataka, izračunao funkciju sezonske dinamike i računao podatke o fenološkim vrijednostima. Kasnije je program nadograđen kako bi mogao koristiti vremenske serije i drugih tipova podataka (drugih satelitskih snimaka).

Iz izjednačene funkcije program izračunava 11 fenoloških parametara za svaku sezonu, od kojih je korišteno sljedećih 5 parametara (Slika 193.):

1. početak sezone (SOS) - vrijeme za koje je lijevi kraj krivulje narastao od razine lijeve minimalne vrijednosti do definirane vrijednosti (autori programa preporučaju 20%. U ovom istraživanju je korišteno 50% .
2. kraj sezone (EOS) - vrijeme za koje je desni kraj krivulje pao do definirane vrijednosti od razine desnog minimuma
3. dužina sezone (LOS) - vrijeme od početka do kraja sezone
4. sredina sezone (MOS) - srednja vrijednost vremena u kojem je lijevi kraj krivulje narastao do razine 80% i desni kraj krivulje pao do razine od 80%
5. veliki sezonski integral (LSI) - integral funkcije koja opisuje sezonu od početka do kraja sezone



Slika 193. Prikaz osnovnih fenoloških parametara (preuzeto iz <http://www.nateko.lu.se/personal/Lars.Eklundh/TIMESAT/phenology.GIF>)

Iz dobivenih godišnjih vrijednosti četiri spomenuta parametra fenološke metrike za svaki MODIS piksel izračunati su 1) medijan, 2) medijan apsolutnih odstupanja od medijana i 3)

linearni vremenski trend (Spearman-rank korelacijski koeficijent; Prilog 10.2.). Dobiveni rezultati prikazani su u nastavku poglavlja (Slika 194. - Slika 208.).

Što se tiče početka, sredine i kraja vegetacijske sezone, kao parametara fenološke metrike povezanih s karakterističnim fenološkim pojavama i dinamikom intenziteta fotosintetske aktivnosti, općenito se može zaključiti da su sva tri spomenuta parametra relativno varijabilna i u prostoru (kako između vegetacijsko-ekoloških tipova šuma, tako i unutar njih; usporedi Slika 194., Slika 197. i Slika 200.) i u vremenu (tijekom promatranog trinaestogodišnjeg razdoblja; usporedi Slika 195., Slika 198. i Slika 201.). Slično se može zaključiti (Slika 206. i Slika 207.) i za veliki sezonski integral (kao procjenitelj ukupne produktivnosti tijekom vegetacijske sezone) koji je vjerojatno još dodatno pod utjecajem starosti sastojina, kao i s tipovima i intenzitetom gospodarskih zahvata (redovne i izvanredne sječe). Posebno je važno istaknuti da je za sve promatrane fenološke parametre dokazano (Spearman-rank korelacijom) prisustvo površina na kojima postoje linearni trendovi opaženih vrijednosti (usporedi Slika 196., Slika 199., Slika 202., Slika 205. i Slika 208.) što bi moglo indicirati nestabilnost šumskih ekosustava (kao moguću posljedicu klimatskih promjena).

Prostorna razdioba početaka vegetacijske sezone prema vegetacijsko-ekološkim tipovima šume pokazuje da u kazeti 2 i kazeti 3 vegetacijska sezona započinje ranije nego u kazeti 1. Kasniji početak vegetacijske sezone zabilježen je kod mlađih šuma, šuma sa nepotpunim sklopom i jasenovih šuma. S obzirom da se u kazeti 1 nalaze i mlađe šume u kojima ima veći udio jasenovih šuma u odnosu na kazetu 2 i 3 za njih se također uočava kasniji početak sezone. K tome u kazeti 1 se nalaze nešto vlažniji vegetacijski tipovi šume te je to moguće objašnjenje kasnijeg početka vegetacijske sezone u kazeti 1.

Nasuprot tome, prostorna razdioba kraja vegetacijske sezone pokazuje nešto kasniji kraj vegetacijske sezone u kazeti 3, koji k tome pokazuje najmanje variranja između godina. Kako se radi o starim sastojinama može se zaključiti da ove sastojine pokazuju stabilnost u odnosu na mlađe sastojine u kazeti 1.

S obzirom na rezultate ranijeg početka vegetacijske sezone i kasnijeg završetka vegetacijske sezone očekivano se vidi i da je dužina vegetacijske sezone veća u kazeti 3 u odnosu na kazetu 1 i 2. K tome, dijelovi šume u kojima je jasen pokazuju nešto kraću vegetacijsku sezonu, ali kako se radi o dominantno mlađim šumama od šuma hrasta lužnjaka, mogući razlog kraće vegetacijske sezone bi mogao biti vezan uz starost šume.

Veliki sezonski integral kao procjenitelj ukupne produktivnosti tijekom vegetacijske sezone pokazuje podjednake vrijednosti po kazetama, vrsti drveća i starosti. Nešto nižu vrijednost velikog sezonskog integrala pokazuju šume jasena u 1. kazeti, ali ovo može biti povezano sa nekim iznimno mladim sastojinama jasena u 1. kazeti, kojima je produktivnost znatno smanjena, ali i sa nepovoljnim uvjetima. Podjednaka produktivnost u dominantno lužnjakovim sastojinama u svim kazetama nasuprot je uočenoj prostornoj raspodjeli prema kojoj je u najvećem dijelu šume u 3. kazeti najdulja vegetacijska sezona, odnosno u 1. kazeti je najkraća vegetacijske sezona. Ovaj rezultat ukazuje da pojedina područja sa hrastom lužnjakom u 1. kazeti imaju veću produktivnost tijekom vegetacijske sezone u odnosu na sastojine u kazeti 3. Ovakva prostorna raspodjela povećane produktivnosti u 1. kazeti može biti povezana s činjenicom da se u ovoj kazeti nalaze šume u 2. i 3. dobnom razredu koje imaju najveći prirast, te je zbog većeg prirasta ukupna godišnja produktivnost krošanja jednaka, unatoč nešto kraćoj vegetacijskoj sezoni tj. da je produktivnost ovih sastojina (kazeta 1) tijekom vegetacijske sezone veća od produktivnosti sastojina u kazeti 3. U svim



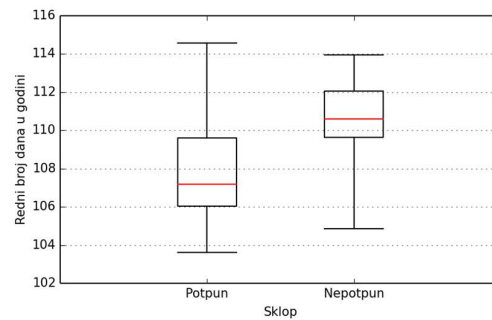
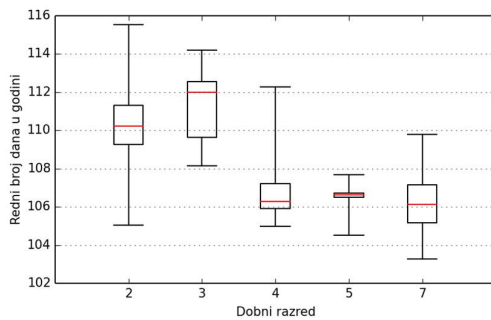
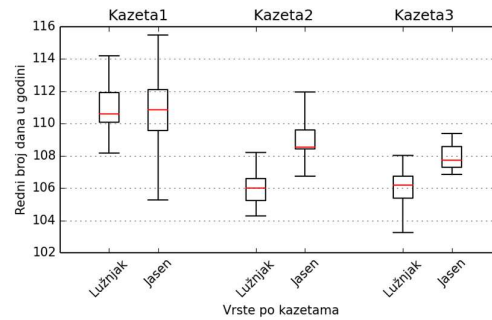
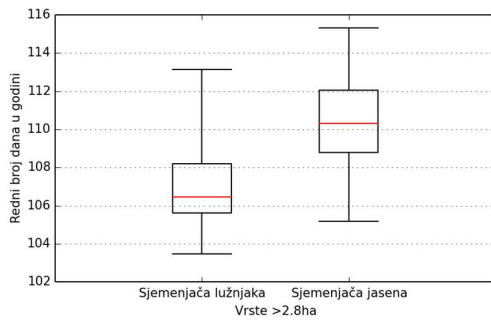
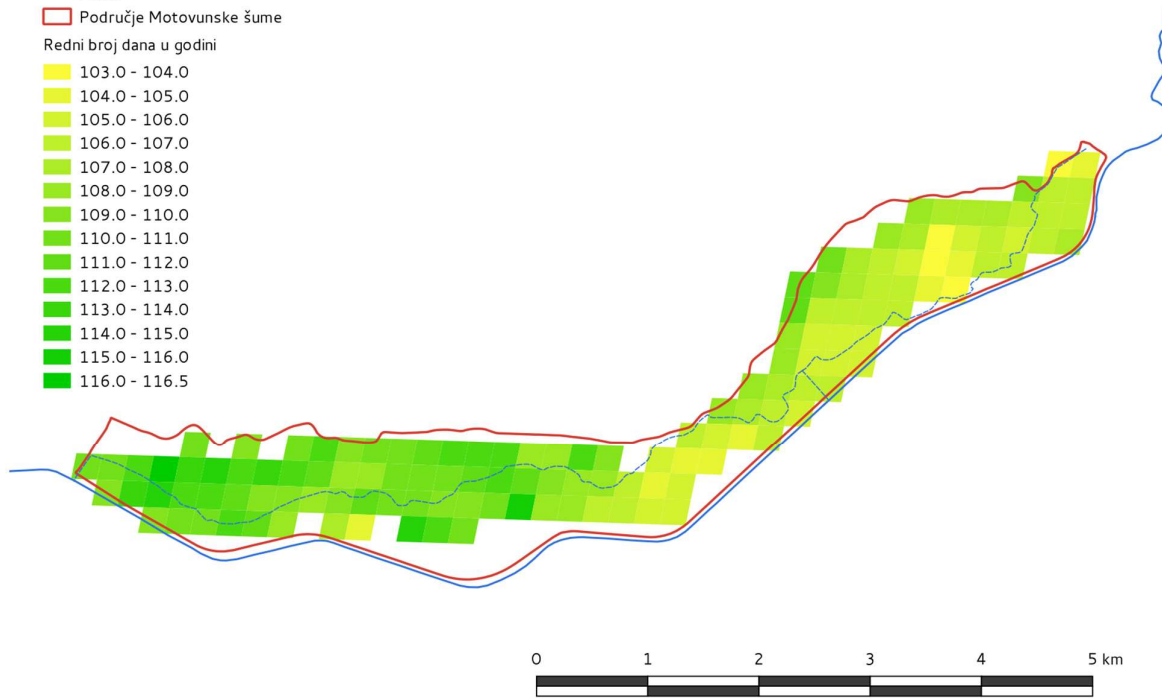
kazetama većina šumskih sastojina pokazuje trend smanjenja ukupne produktivnosti tijekom vegetacijske sezone. Premda se uglavnom radi o trendu koji nije statistički značajan, a s obzirom da je zabilježen na većini područja ovaj trend pada produktivnosti upućuje da je šumski ekosustav Motovunske šume pod utjecajem koji smanjuje produktivnost, tj. da se radi o nestabilnom ekološkom sustavu. Za detaljnije procjene uzroka nestabilnosti ekološkog sustava i eventualne utjecaje makroklimatskih promjena tijekom ovog 14 -godišnjeg razdoblja potrebno je nastaviti praćenje produktivnosti putem satelitskih snimaka (npr. usporedbom novih LANDSAT i Sentinel 2 snimaka s MODIS snimcima, a kako bi se dobio čim duži vremenski niz).

Legenda

- Stari tok Mirne
- Mirna
- Područje Motovunske šume

Redni broj dana u godini

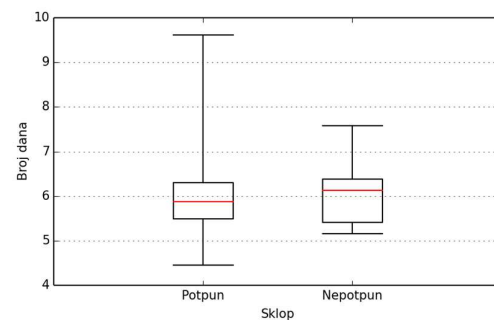
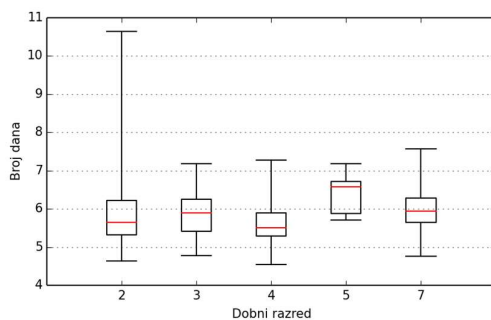
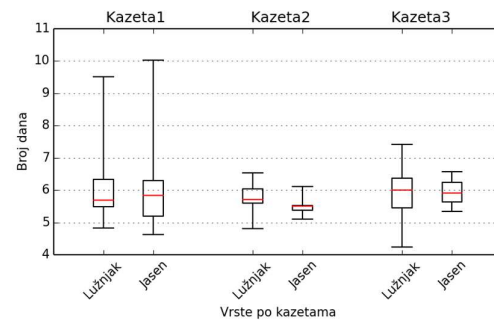
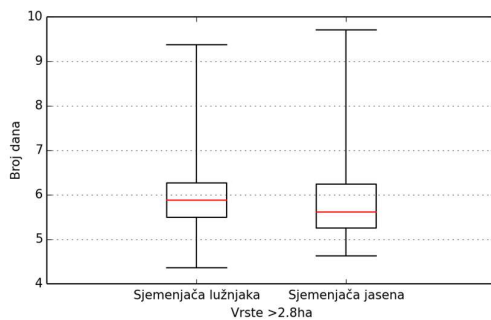
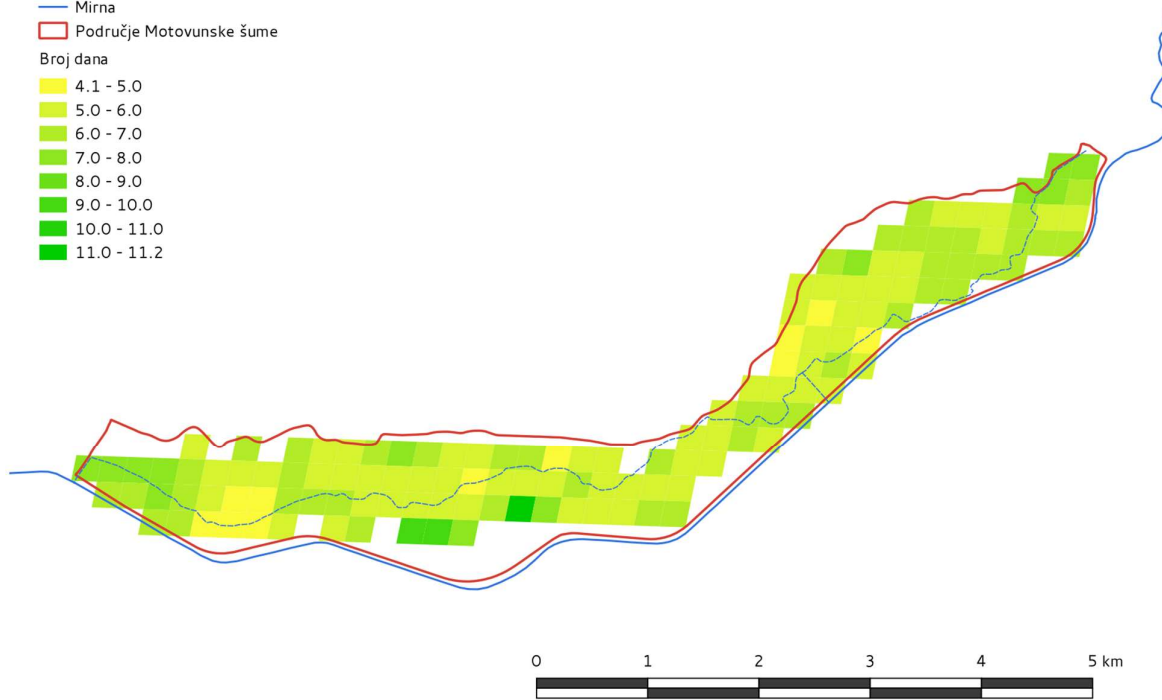
- 103.0 - 104.0
- 104.0 - 105.0
- 105.0 - 106.0
- 106.0 - 107.0
- 107.0 - 108.0
- 108.0 - 109.0
- 109.0 - 110.0
- 110.0 - 111.0
- 111.0 - 112.0
- 112.0 - 113.0
- 113.0 - 114.0
- 114.0 - 115.0
- 115.0 - 116.0
- 116.0 - 116.5



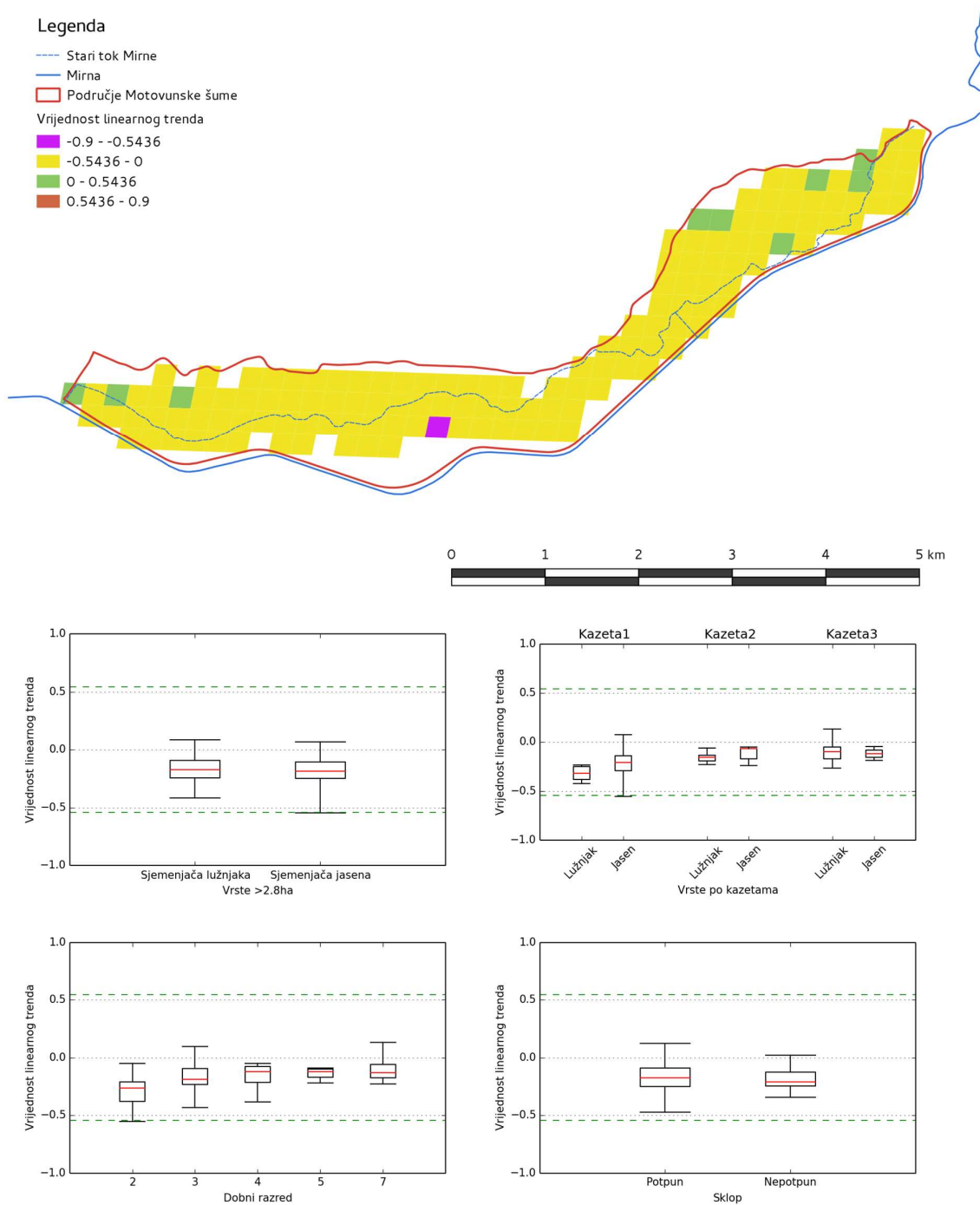
Slika 194. Medijan datuma početka vegetacijske sezone za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).

Legenda

- Stari tok Mirne
- Mirna
- Područje Motovunske šume
- Broj dana
- 4.1 - 5.0
- 5.0 - 6.0
- 6.0 - 7.0
- 7.0 - 8.0
- 8.0 - 9.0
- 9.0 - 10.0
- 10.0 - 11.0
- 11.0 - 11.2



Slika 195. Medijan apsolutnog odstupanja datuma početka vegetacijske sezone od medijana za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje -statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).



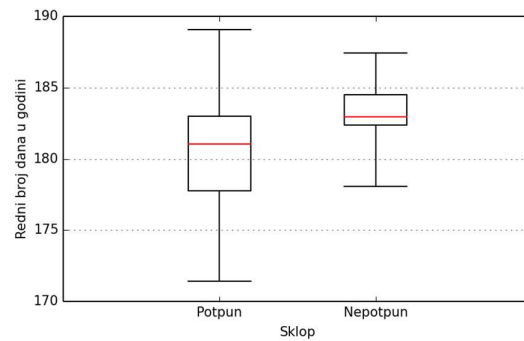
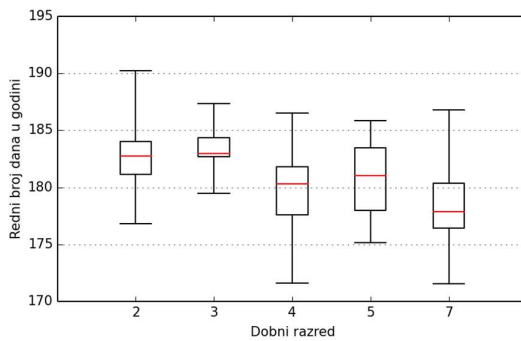
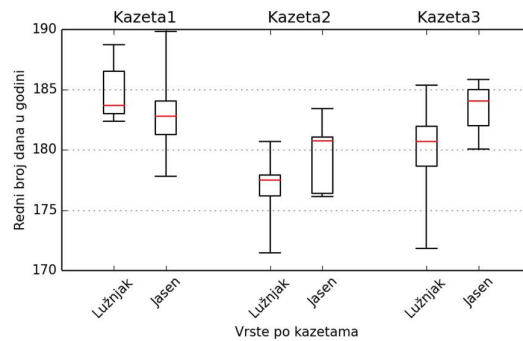
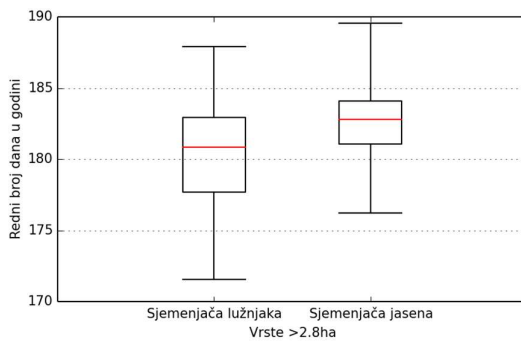
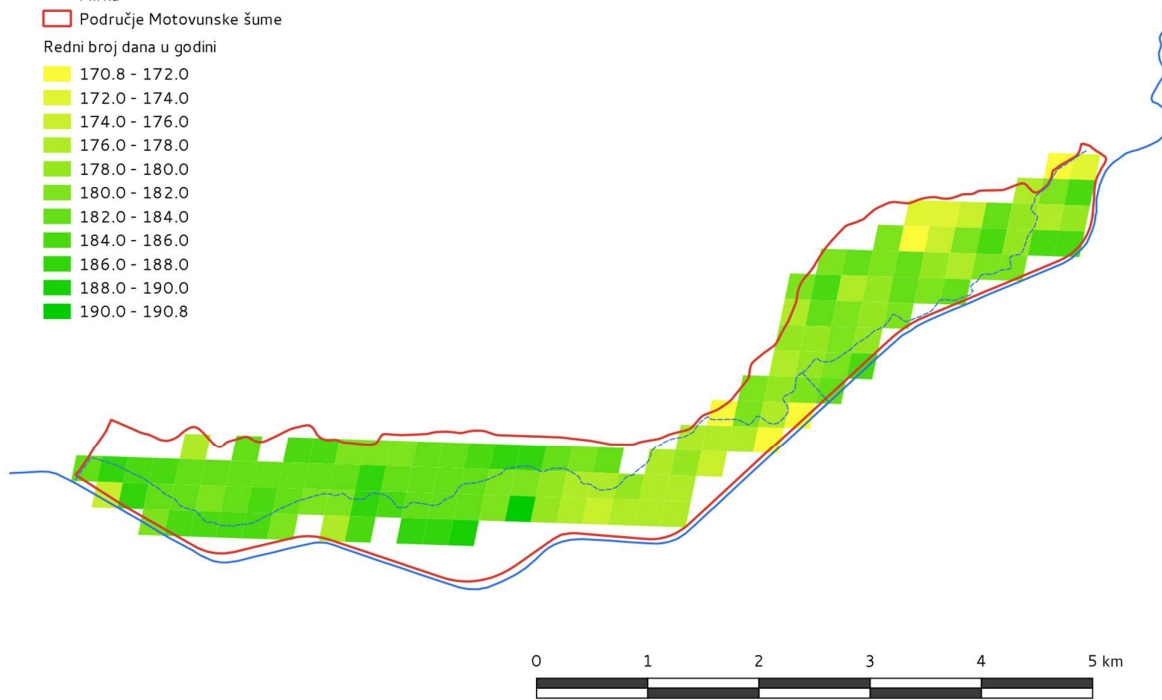
Slika 196. Linearni trend (Spearman-rank r) datuma početka vegetacijske sezone za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil, crtkana linija - granica značajnosti na $p = 0,05$). Ljubičasto - statistički značajni negativni trend, crveno - statistički značajni pozitivni trend.

Legenda

- Stari tok Mirne
- Mirna
- Područje Motovunske šume

Redni broj dana u godini

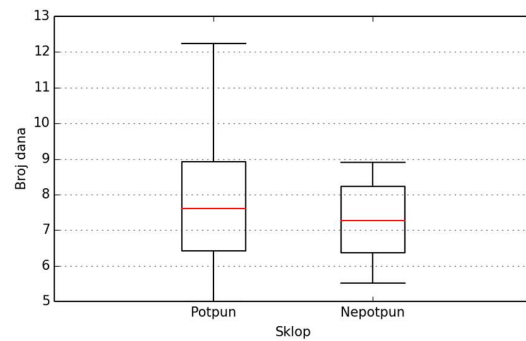
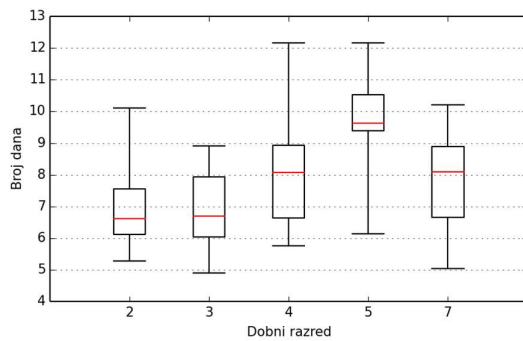
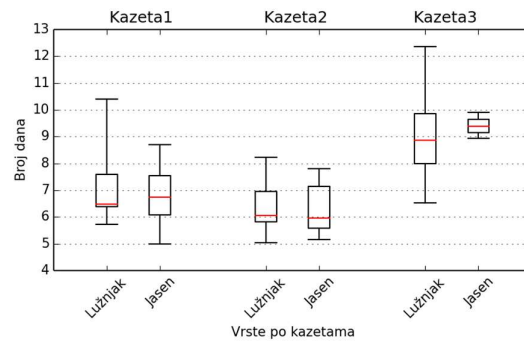
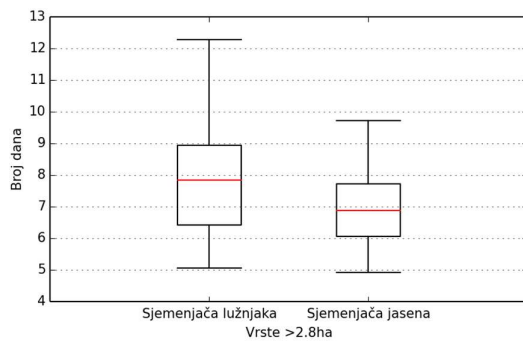
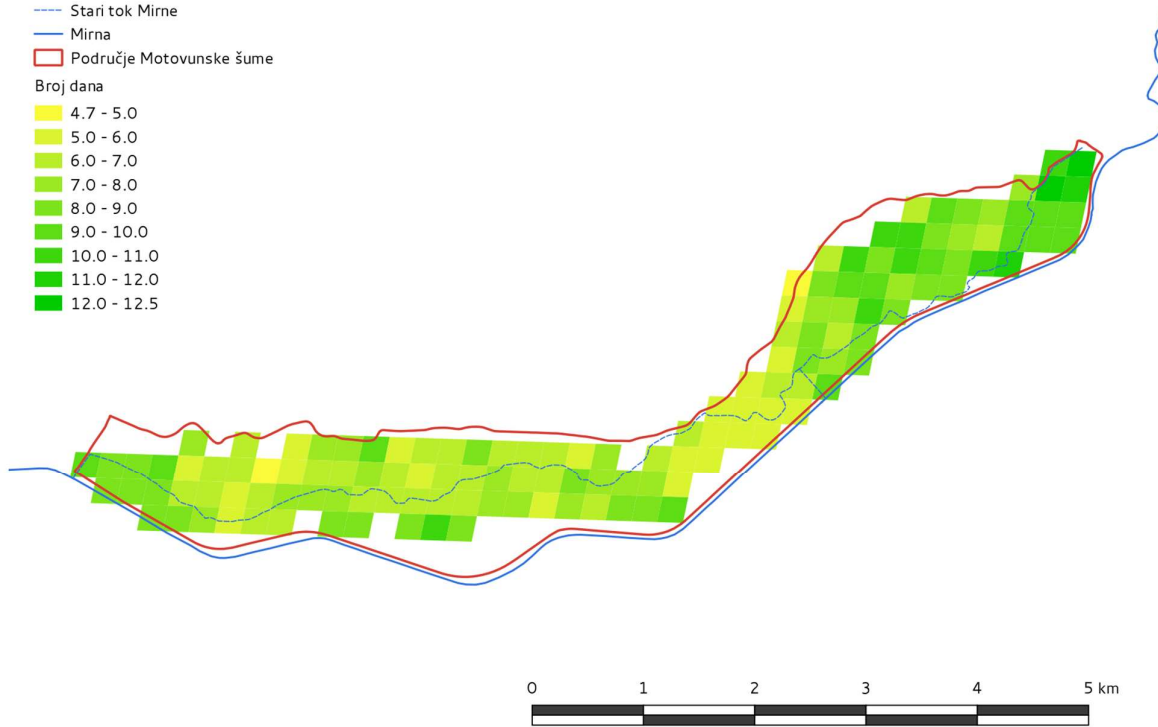
- 170.8 - 172.0
- 172.0 - 174.0
- 174.0 - 176.0
- 176.0 - 178.0
- 178.0 - 180.0
- 180.0 - 182.0
- 182.0 - 184.0
- 184.0 - 186.0
- 186.0 - 188.0
- 188.0 - 190.0
- 190.0 - 190.8



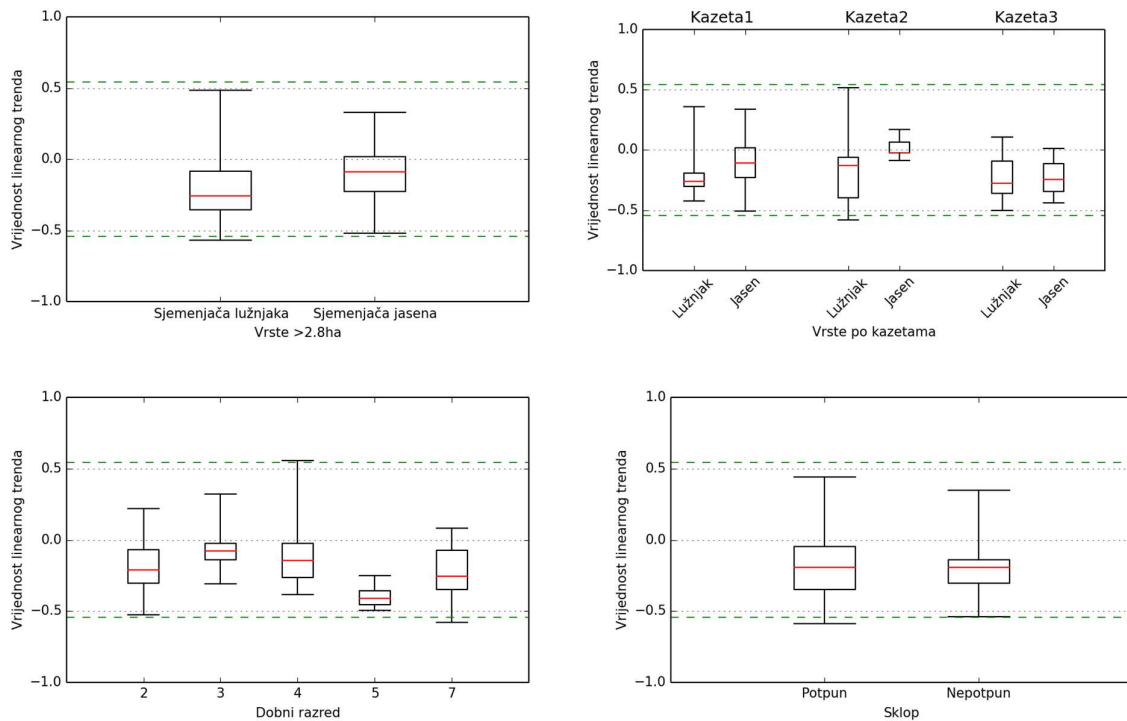
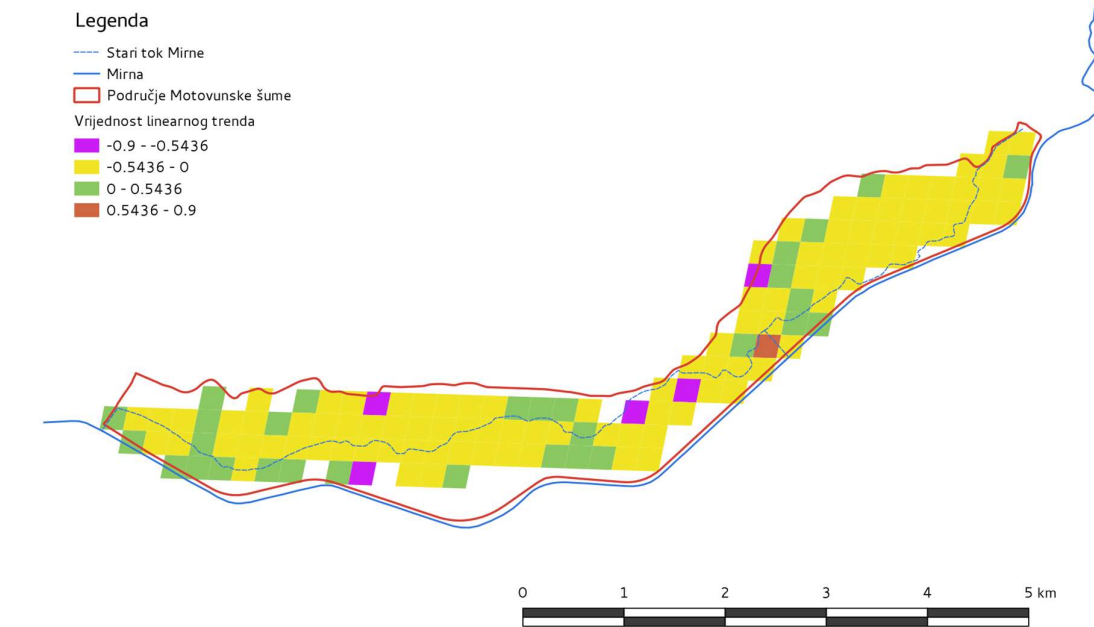
Slika 197. Medijan datuma sredine vegetacijske sezone za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).

Legenda

- Stari tok Mirne
- Mirna
- Područje Motovunske šume
- Broj dana
- 4.7 - 5.0
- 5.0 - 6.0
- 6.0 - 7.0
- 7.0 - 8.0
- 8.0 - 9.0
- 9.0 - 10.0
- 10.0 - 11.0
- 11.0 - 12.0
- 12.0 - 12.5



Slika 198. Medijan apsolutnog odstupanja datuma sredine vegetacijske sezone od medijana za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje -statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).



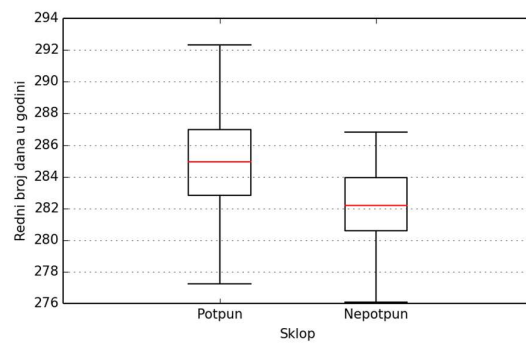
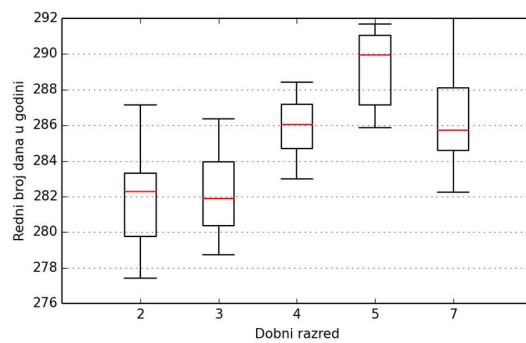
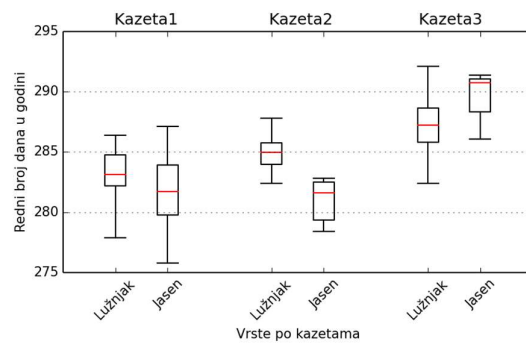
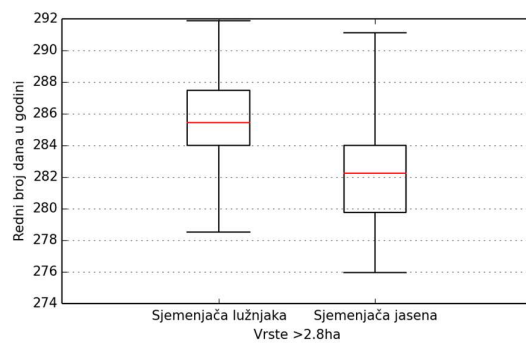
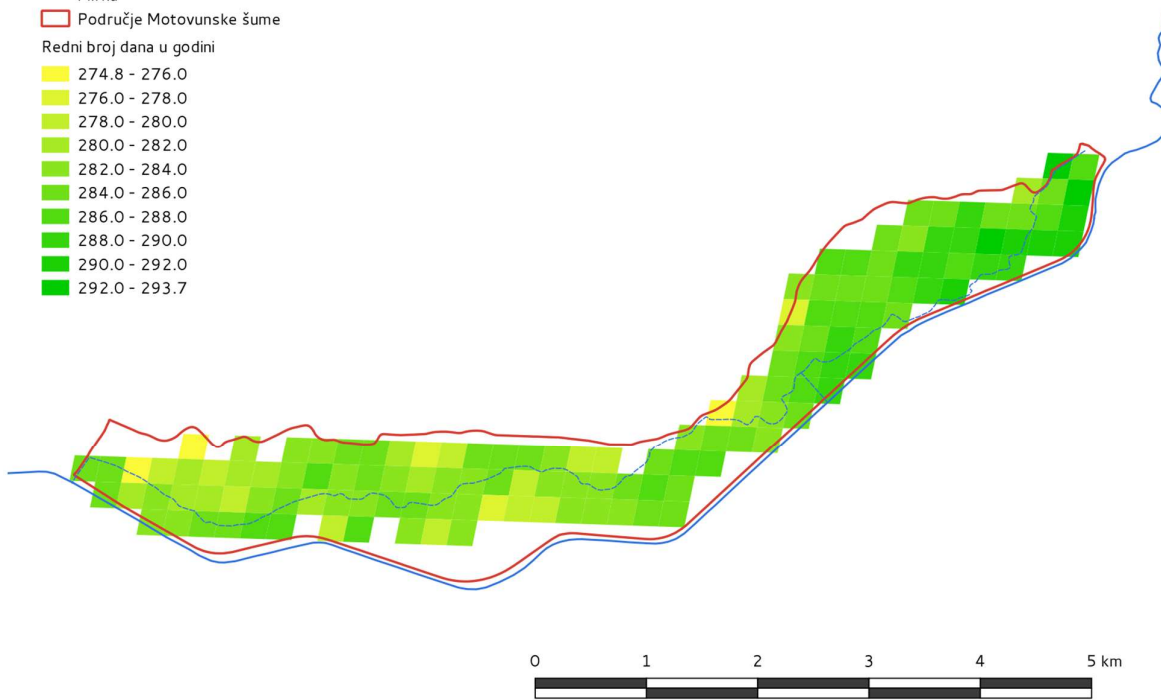
Slika 199. Linearni trend (Spearman-rank r) datuma sredine vegetacijske sezone za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil, crtkana linija - granica značajnosti na $p = 0,05$). Ljubičasto - statistički značajni negativni trend, crveno - statistički značajni pozitivni trend.

Legenda

- Stari tok Mirne
- Mirna
- Područje Motovunske šume

Redni broj dana u godini

- 274.8 - 276.0
- 276.0 - 278.0
- 278.0 - 280.0
- 280.0 - 282.0
- 282.0 - 284.0
- 284.0 - 286.0
- 286.0 - 288.0
- 288.0 - 290.0
- 290.0 - 292.0
- 292.0 - 293.7



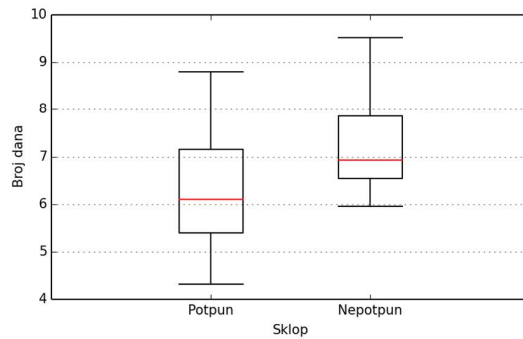
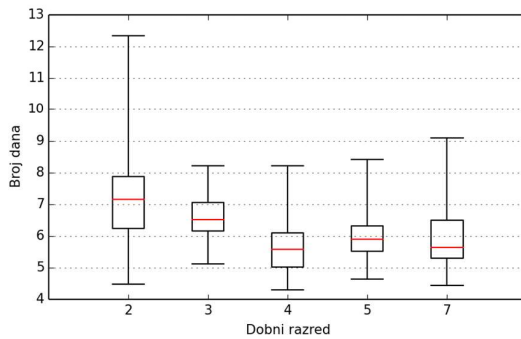
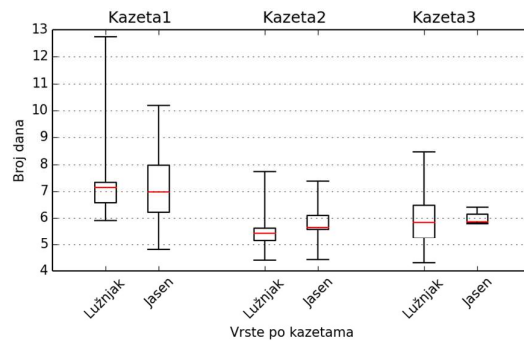
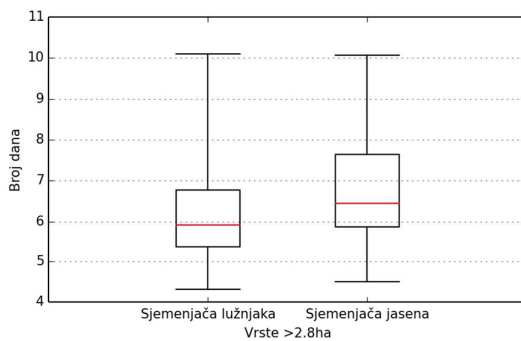
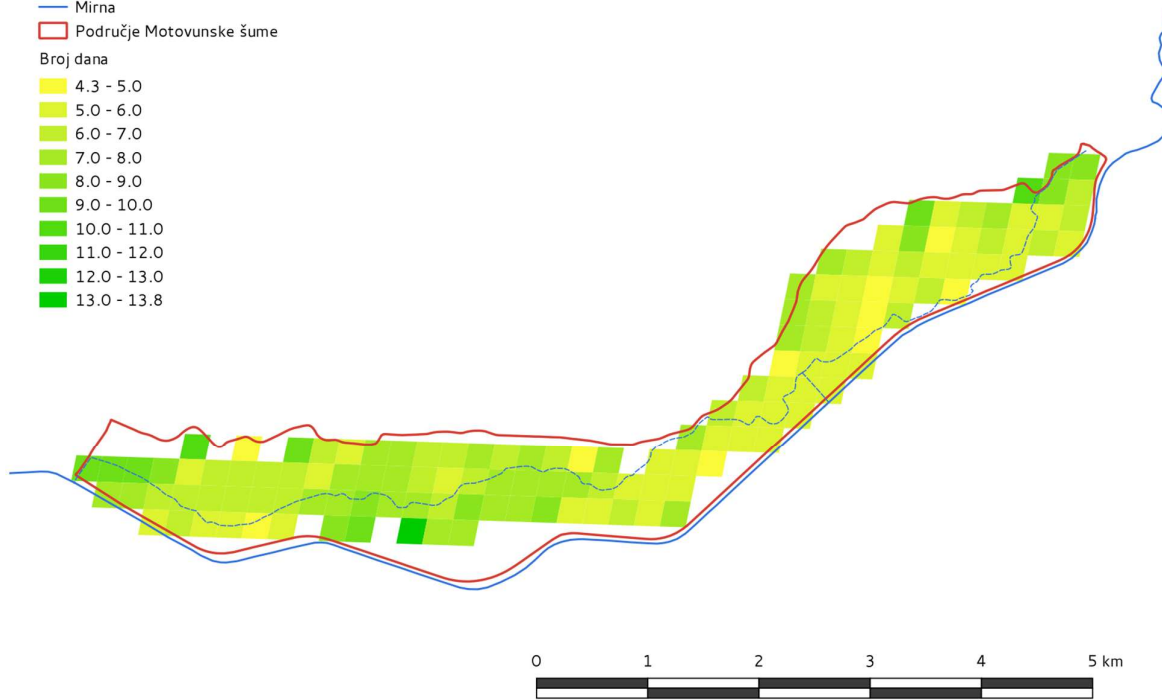
Slika 200. Medijan datuma kraja vegetacijske sezone za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).

Legenda

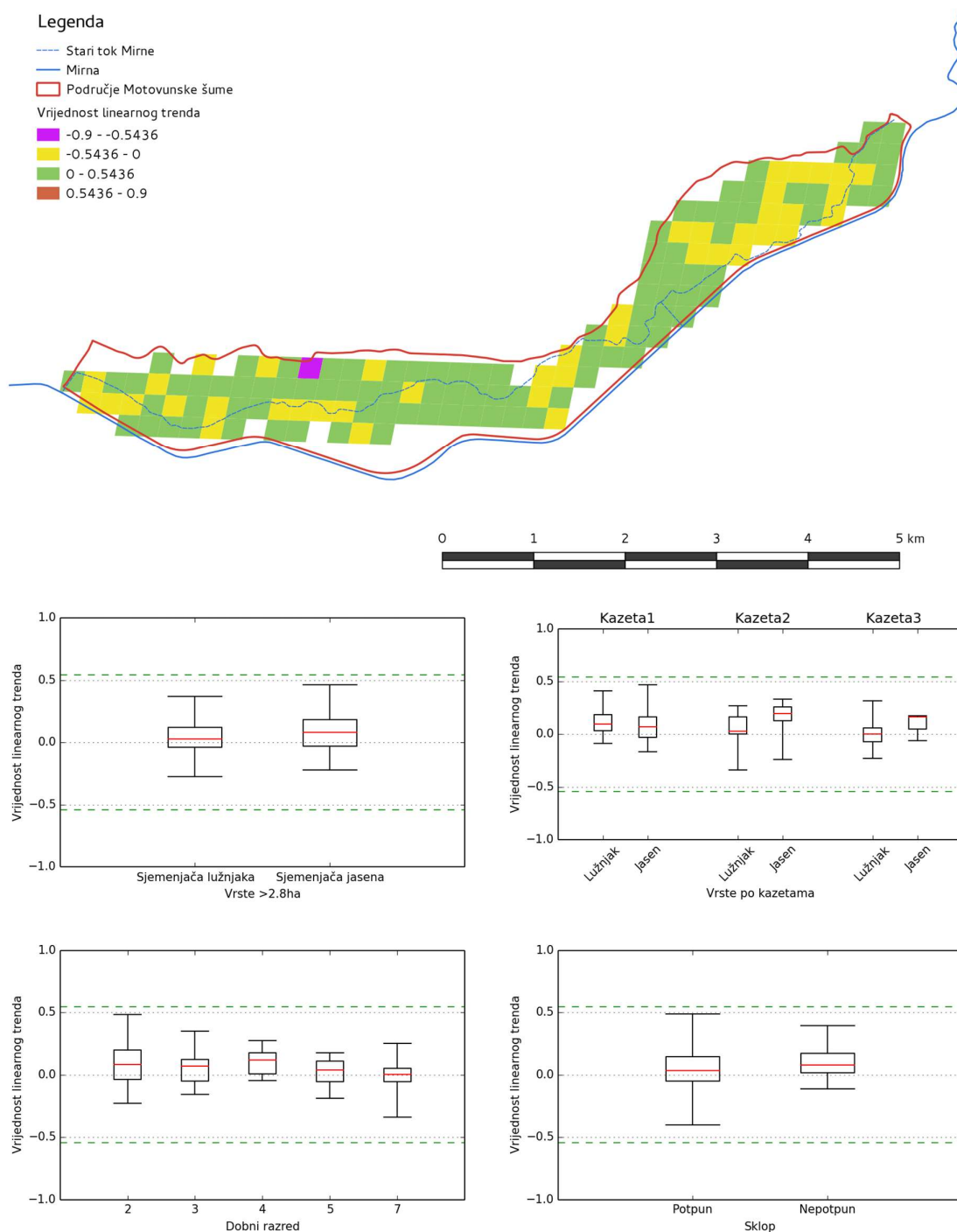
- Stari tok Mirne
- Mirna
- Područje Motovunske šume

Broj dana

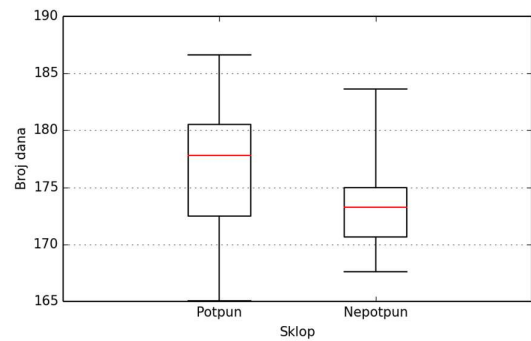
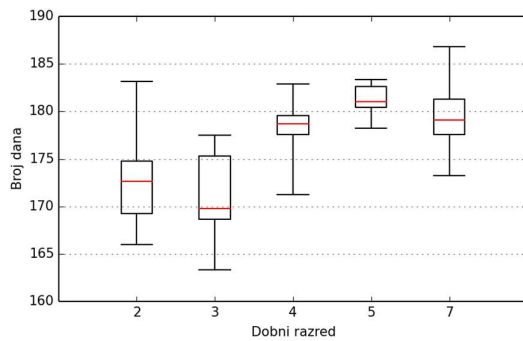
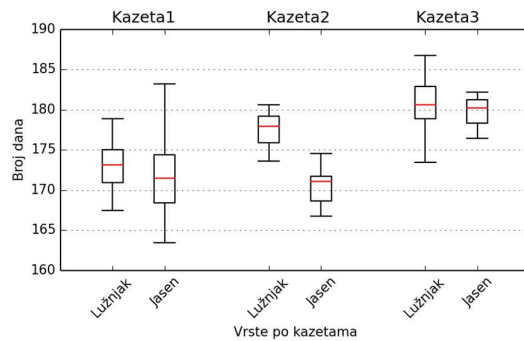
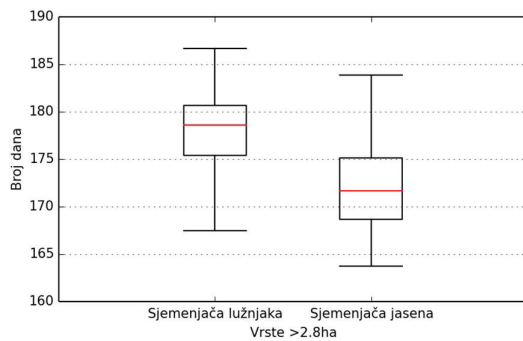
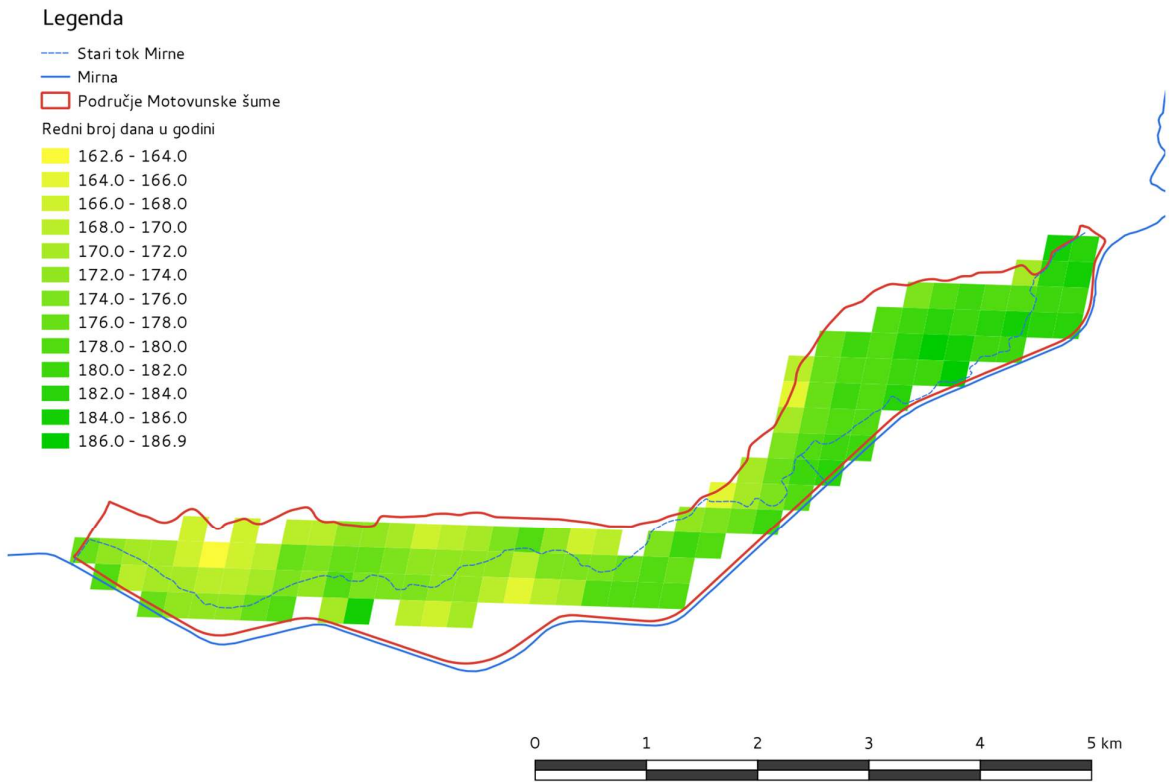
- 4.3 - 5.0
- 5.0 - 6.0
- 6.0 - 7.0
- 7.0 - 8.0
- 8.0 - 9.0
- 9.0 - 10.0
- 10.0 - 11.0
- 11.0 - 12.0
- 12.0 - 13.0
- 13.0 - 13.8



Slika 201. Medijan apsolutnog odstupanja datuma kraja vegetacijske sezone od medijana za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje -statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).



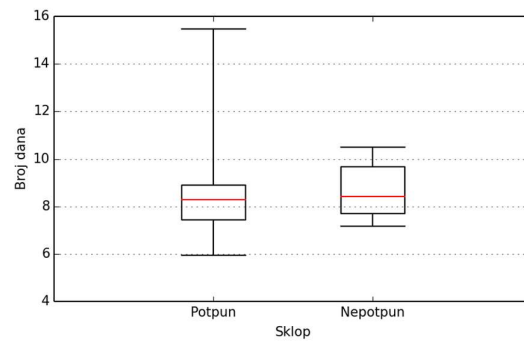
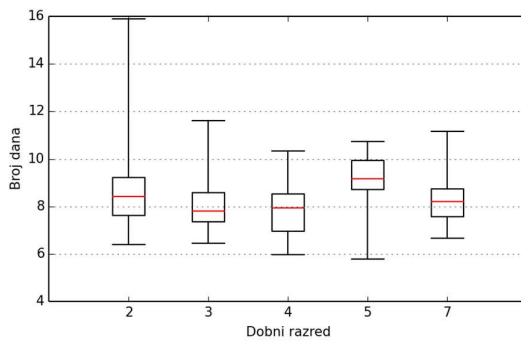
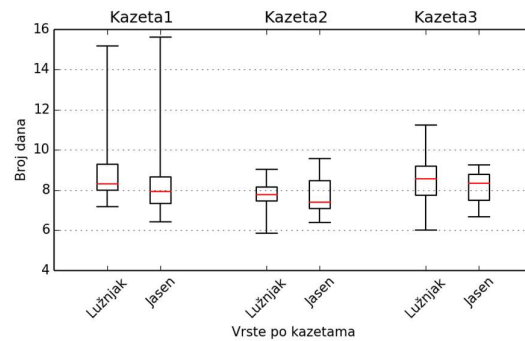
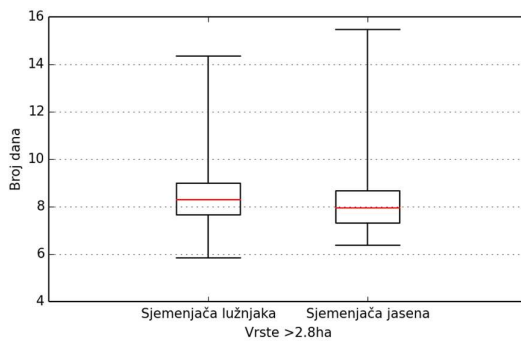
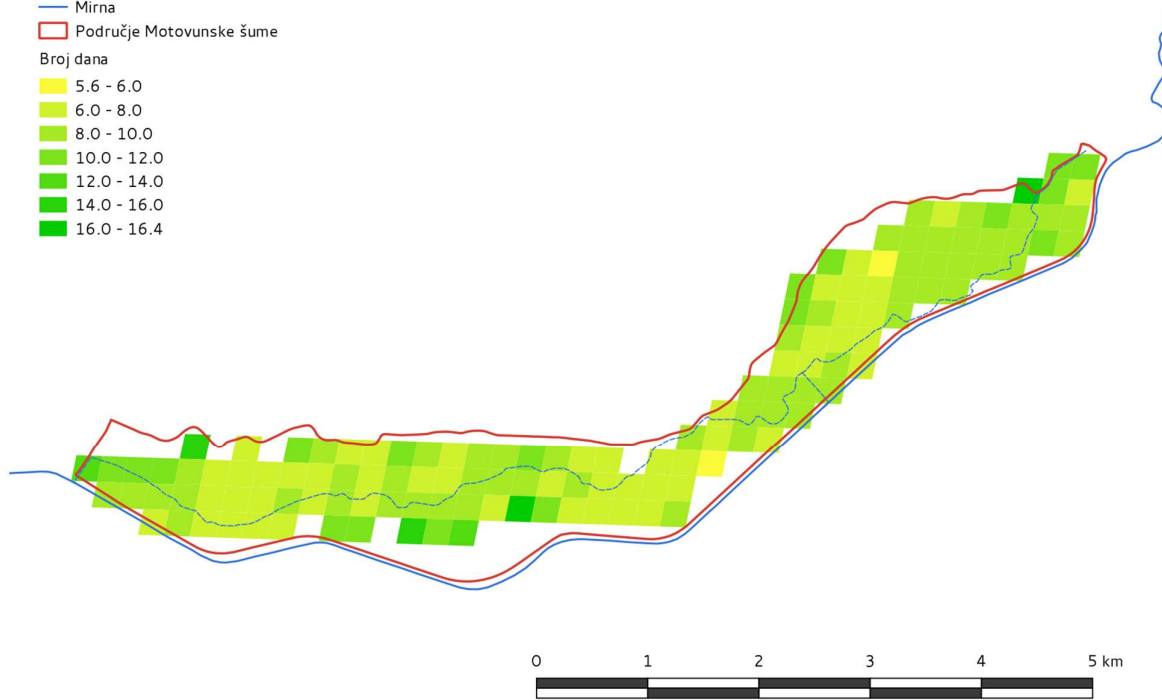
Slika 202. Linearni trend (Spearman-rank r) datuma kraja vegetacijske sezone za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil, crtkana lknija - granica značajnosti na $p = 0,05$). Ljubičasto - statistički značajni negativni trend, crveno - statistički značajni pozitivni trend.



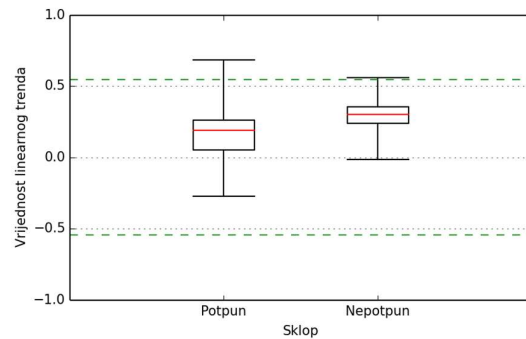
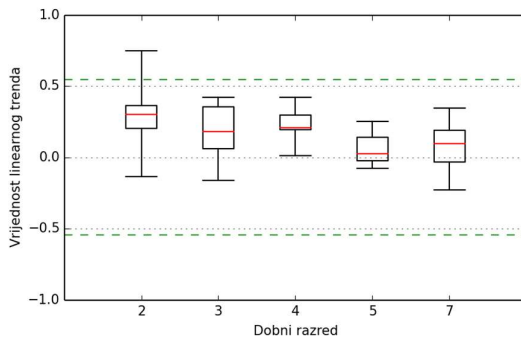
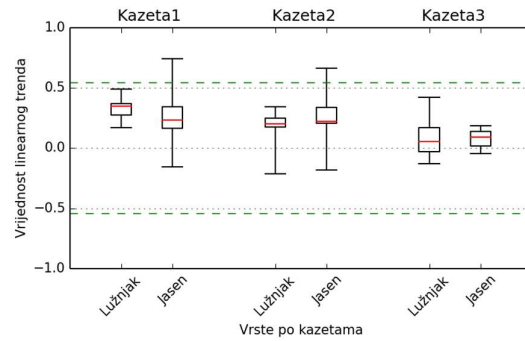
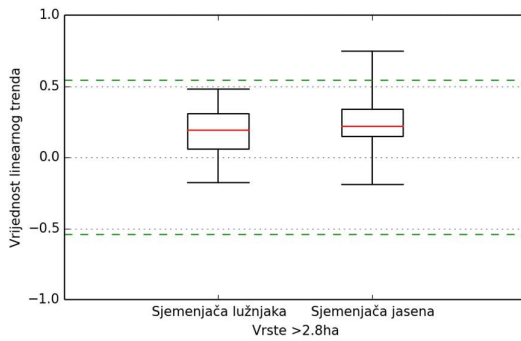
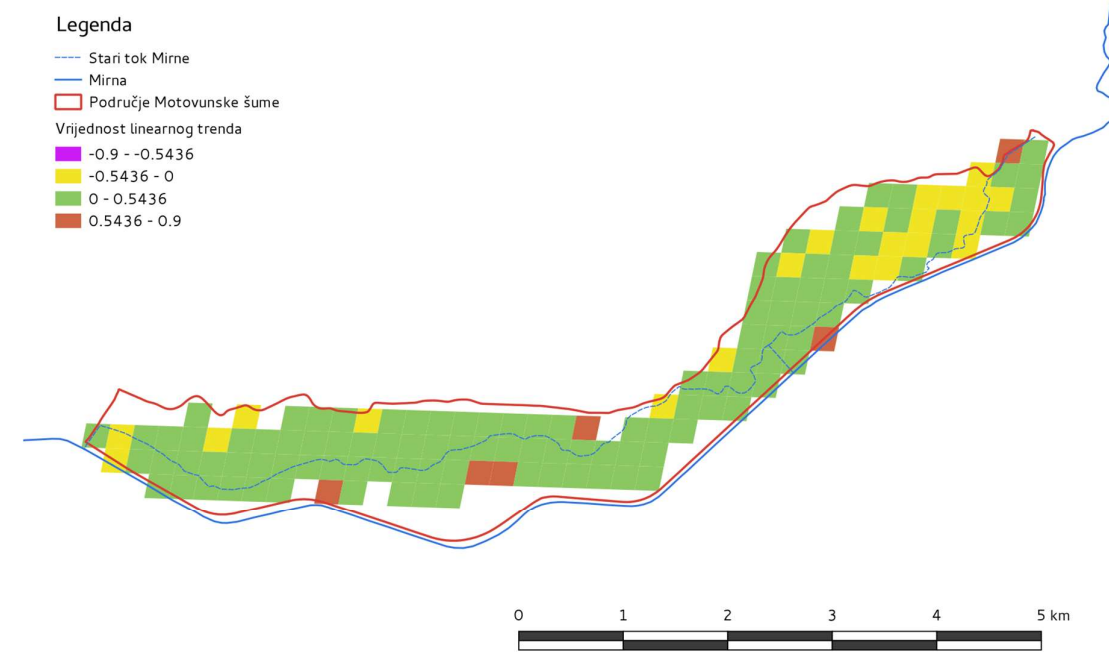
Slika 203. Medijan dužine vegetacijske sezone za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje -statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).

Legenda

- Stari tok Mirne
- Mirna
- Područje Motovunske šume
- Broj dana
- 5.6 - 6.0
- 6.0 - 8.0
- 8.0 - 10.0
- 10.0 - 12.0
- 12.0 - 14.0
- 14.0 - 16.0
- 16.0 - 16.4



Slika 204. Medijan apsolutnog odstupanja dužine vegetacijske sezone od medijana za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).



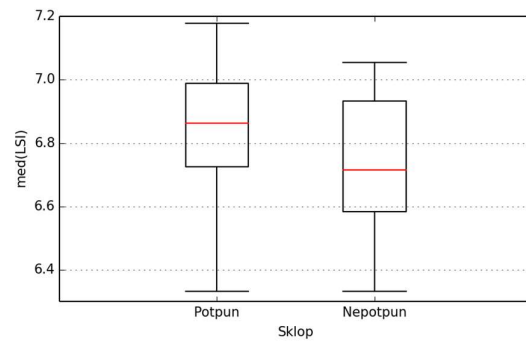
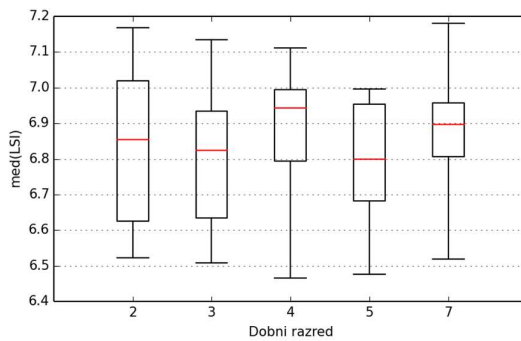
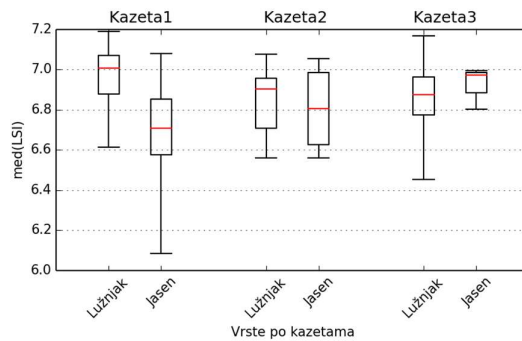
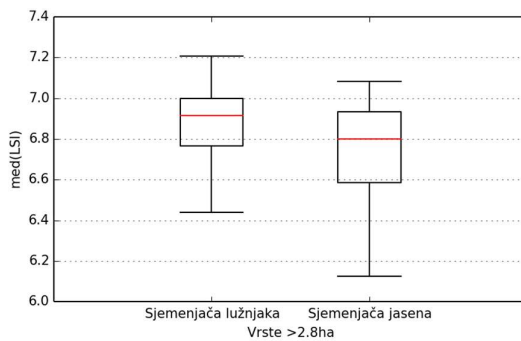
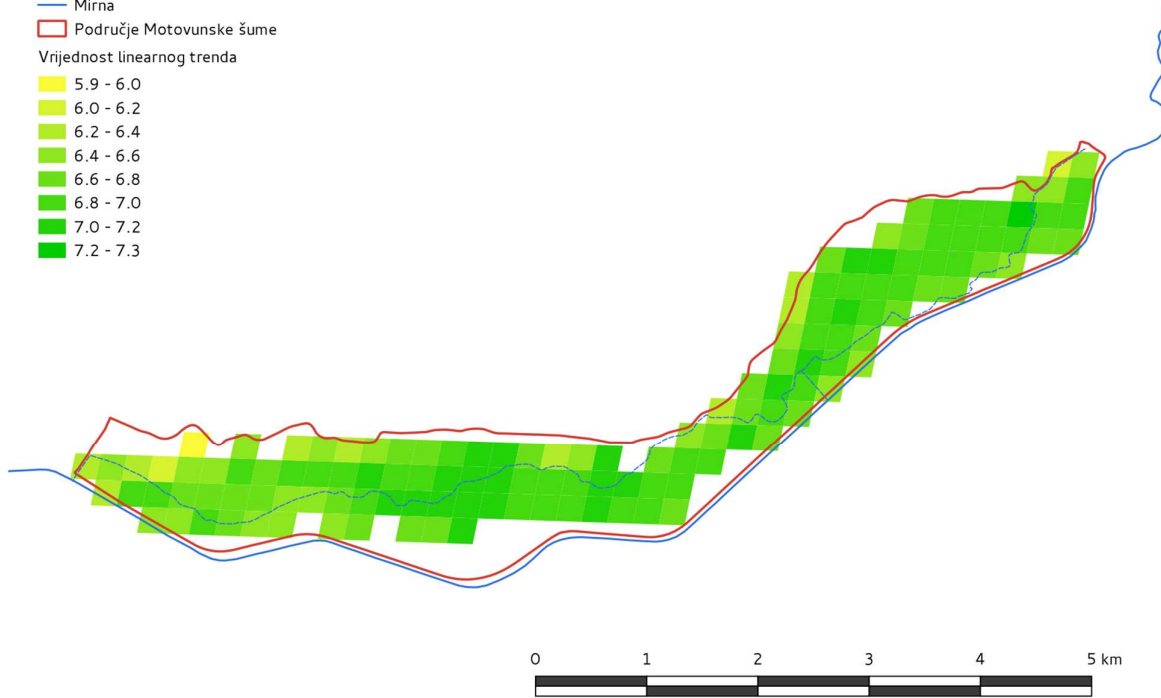
Slika 205. Linearni trend (Spearman-rank r) dužine vegetacijske sezone za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil, crtkana lkninja - granica značajnosti na $p = 0,05$). Ljubičasto - statistički značajni negativni trend, crveno - statistički značajni pozitivni trend.

Legenda

- Stari tok Mirne
- Mirna
- Područje Motovunske šume

Vrijednost linearnog trenda

- 5.9 - 6.0
- 6.0 - 6.2
- 6.2 - 6.4
- 6.4 - 6.6
- 6.6 - 6.8
- 6.8 - 7.0
- 7.0 - 7.2
- 7.2 - 7.3



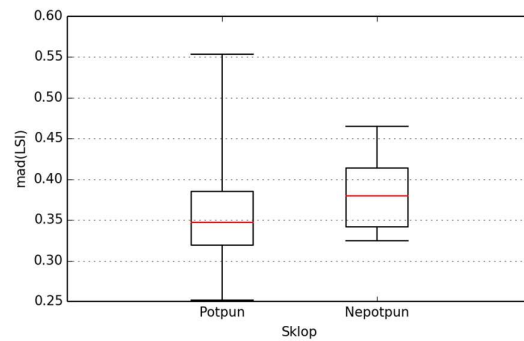
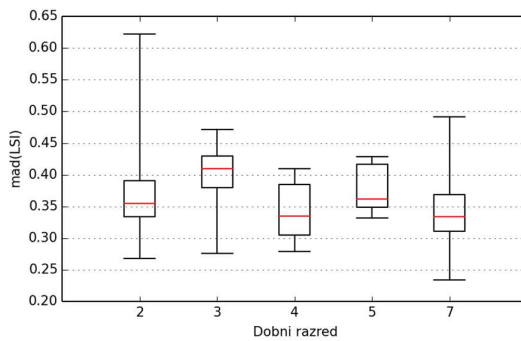
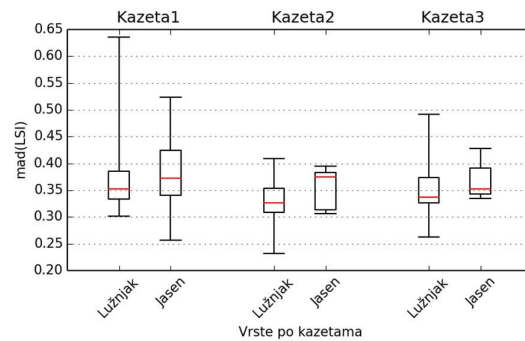
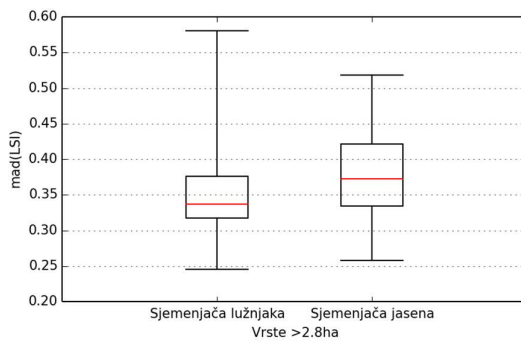
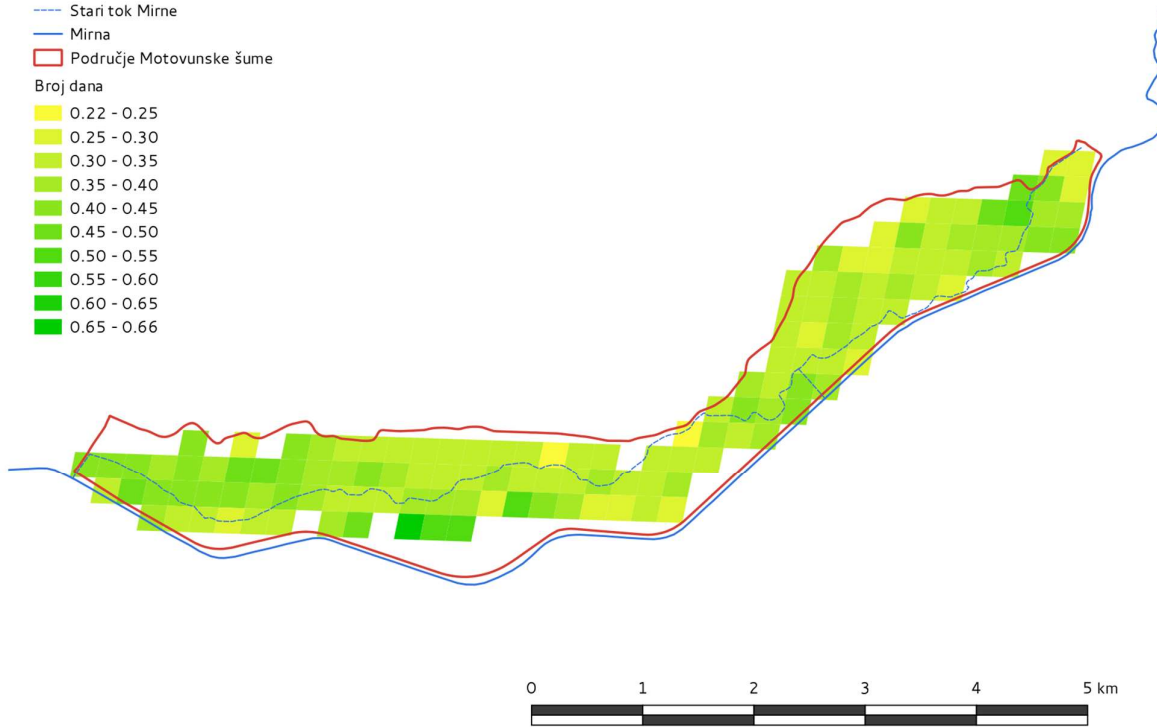
Slika 206. Medijan velikog sezonskog integrala za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).

Legenda

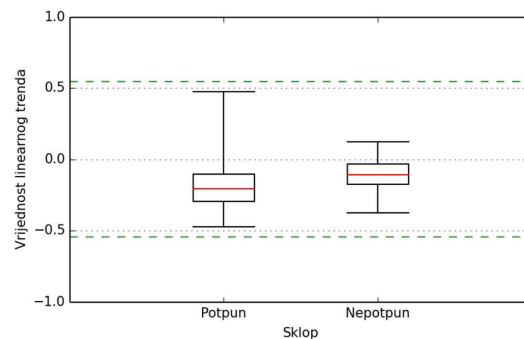
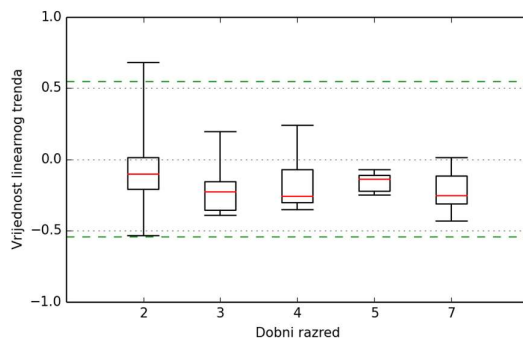
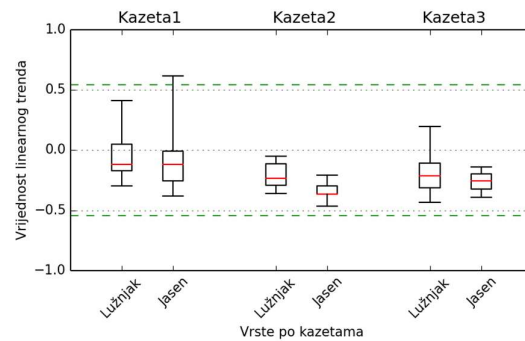
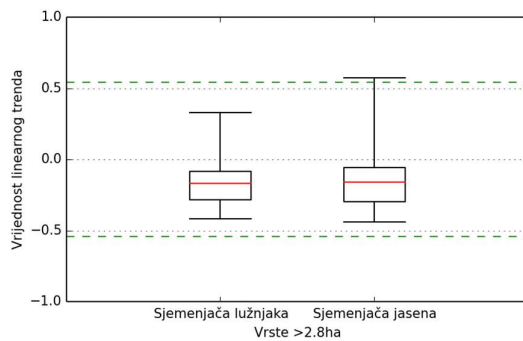
- Stari tok Mirne
- Mirna
- Područje Motovunske šume

Broj dana

- 0.22 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.35
- 0.35 - 0.40
- 0.40 - 0.45
- 0.45 - 0.50
- 0.50 - 0.55
- 0.55 - 0.60
- 0.60 - 0.65
- 0.65 - 0.66



Slika 207. Medijan apsolutnog odstupanja velikog sezonskog integrala od medijana za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil).



Slika 208. Linearni trend (Spearman-rank r) velikog sezonskog integrala za razdoblje 2000.-2013. Gore - Prostorna razdioba na području Motovunske šume. Dolje - statistika prema karakteristikama šumskih sastojina (crvena linija - medijan, pravokutnik - 25-75%-tni percentil, dužina - 1-99%-tni percentil, crtkana lkninja - granica značajnosti na $p = 0,05$). Ljubičasto - statistički značajni negativni trend, crveno - statistički značajni pozitivni trend.



4.1.5 Utjecaj kvalitete zraka na stabilnost šumskog ekosustava u području Motovunske šume

4.1.5.1 Lišajevi kao indikatori kvalitete zraka

Lišajevi su simbiotska zajednica između mikobionta (gljive) i fotobionta (alge i/ili cijanobakterije). Zahvaljujući tom uspješnom suživotu, lišajevi su naselili gotovo čitavu površinu Zemlje te se smatraju skupinom iznimno otpornom na stres različitih ekstremnih uvjeta, između ostalog i onečišćenja zraka. Zbog svojstva da svu vodu i nutrijente potrebne za život primaju iz zraka te činjenice da ne posjeduju nikakvu kutikulu, lišajevi su među najpoznatijim biološkim indikatorima za procjenu kvalitete zraka u svijetu. Značajni su po tome što odražavaju stanje okoliša na koje utječe više različitih onečišćivača s različitim posljedicama na organizme (*multi-pollutant/multi-effect*, Gothenburški protokol). Određivanjem spektra vrsta lišajeva (jer postoje osjetljivije i otpornije vrste), mogu se relativno brzo procijeniti i kartirati dugoročne (kumulativne) efekte zračnog zagađenja na većim površinama, što u standardnom pristupu s mjernim postajama praktično nije moguće. Standardnim emisijskim i imisijskim mjernim postajama (fizikalno-kemijskim metodama) procjenjuju se aktualne kvalitete zraka uz veliku vremensku i relativno malu prostornu razlučivost rezultata (zbog skupoće mjernih instrumenata). Istovremeno, određivanje kvalitete zraka uz pomoć lišajeva omogućava bolju prostornu razlučivost zahvaljujući većem broju točaka uzorkovanja, ali prikazuje samo trenutno stanje te ne reagira brzo na promjene kao što to može standardna postaja (Tablica 60.). Iz tih razloga, ove bi se dvije metode trebale međusobno potpomagati i nadopunjavati.

Tablica 60. Usporedba standardnih metoda istraživanja kvalitete zraka s metodom lišajeva kao bioindikatora

Standardne metode	Lišajevi kao bioindikatori
Financijski zahtjevnija metoda	Financijski manje zahtjevna metoda
Lošija prostorna razlučivost	Bolja prostorna razlučivost
Bolja vremenska razlučivost	Lošija vremenska razlučivost
Analiza svakog polutanta posebice	Analiza kumulativnog utjecaja

Lišajevi se, kao priznati modelni organizmi za određivanje kvalitete zraka, koriste već stotinjak godina u cijelome svijetu te postoje standardizirane metode za kvantificiranje onečišćenja. Međutim, u Hrvatskoj te metode do sada nisu sustavno korištene. Lišajevi su općenito slabo istraženi na području Republike Hrvatske te su podaci mlađi od 60 godina rijetki. Također, problem zastarjelih podataka su i brojne promjene u taksonomiji i determinaciji vrsta u posljednjih 50 godina. Trenutno se lišajevima bavi samo nekolicina ljudi u Hrvatskoj, što rezultira s nešto novijim podacima, ali najčešće ograničenim na zaštićena područja gdje se radi inventarizacijsko istraživanje. Procijenjen broj lišajeva za Hrvatsku prema posljednjem popisu jest oko 1000 vrsta (Državni zavod za zaštitu prirode).

4.1.5.1.1 Metodologija uzorkovanja lišajeva za određivanje kvalitete zraka

Metode koje se koriste za određivanje spektra vrsta, odnosno kvantifikaciju vrsta lišajeva, razlikuju se te prilagođavaju zahtjevima projekta (radi li se o nekom točkastom onečišćenju, određivanju nultog stanja, dugoročnom praćenju itd.). Već uz pomoć određivanja same forme lišajeva (korasta, listasta i grmasta) može se opisati stanje kvalitete zraka (Slika 209.). Metode koje se većinom koriste u Europi podrazumijevaju brojanje jedinki na deblu oko 1 metar iznad tla (npr. LDV metoda).



Slika 209. Forme lišajeva s obzirom na njihovu osjetljivost na onečišćenje

Navedene metode imaju specifične zahtjeve vezane za karakteristike stabala na kojima se uzorkuju lišajevi. Između ostalog, količina mahovina na visini oko 1 metar iznad tla ne bi smjela prelaziti 20%. Preliminarnim terenskim uvidom ustanovljeno je da je većina stabala na području Motovunske šume prekrivena mahovinom, često i do nekoliko metara visine. Zbog toga nije bilo moguće primijeniti standardne metode koje se koriste u Europi (npr. LDV metodu) te je korištena metoda koja se koristi od 1994. u Sjevernoj Americi (*Forest Health Monitoring - lichen community method*). Ova metoda, podrazumijeva skupljanje samo makrolišajeva (listasta i grmasta forma; izuzimaju se pronađene koraste vrste) unutar kružne površine promjera 30 metara. Sakupljaju se lišajevi na svim supstratima (palim granama, kamenju itd.) te se za sve pronađene vrste određuje brojnost od 1 do 4 (Tablica 61.).

Tablica 61. Određivanje relativne brojnosti vrsta lišajeva na plohi

Relativna brojnost	Opisno stanje
1	rijetko - manje od 3 jedinke
2	ne toliko često - 4-10 jedinki
3	često - ali manje od 50% grana na kojima su nađeni lišajevi
4	brojno - više od 50% grana na kojima su nađeni lišajevi



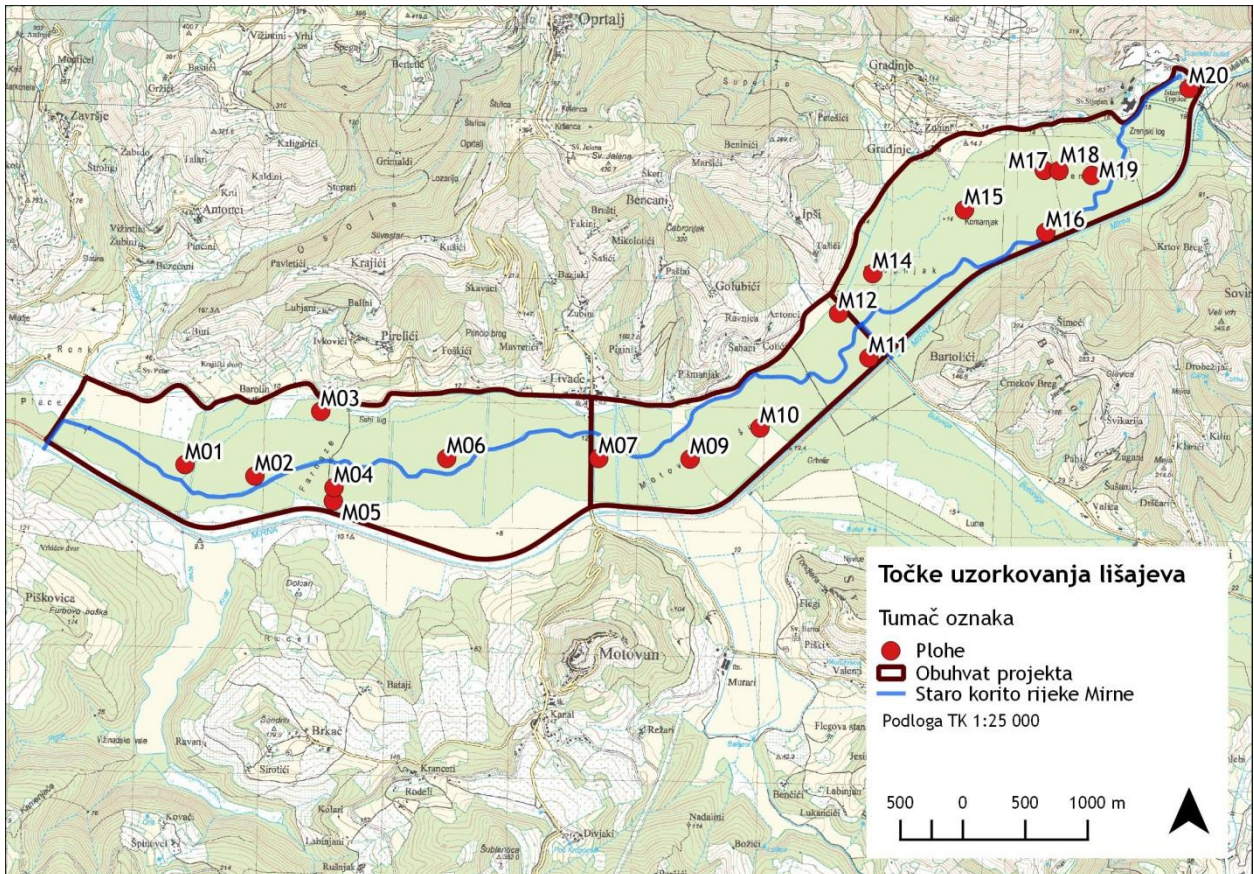
Unaprijed su određene točke istraživanja, kako bi se ravnomjerno prostorno rasporedile, pri čemu su uzete u obzir šumske zajednice i starost šume te udaljenost od ceste.

4.1.5.2 Lišajevi na području Motovunske šume

Analizom literaturnih podataka, prvenstveno „*Prodromusa flore lišaja Jugoslavije*“ (1953) te razgovorom s hrvatskim lihenolozima, zaključeno je da na širem području Motovunske šume ne postoje značajniji recentni podaci koji bi se mogli koristiti u analizi podataka. S obzirom da se slični tipovi mediteranske poplavne šume pojavljuju duž Mediterana, analizirana je literatura vezana uz lišajeve koji se pojavljuju u takvim šumama. To je rezultiralo s vrijednim podacima o potencijalnom sastavu flore Motovunske šume. Najvrjedniji podaci pronađeni su u Italiji, točnije u bazi podataka *ITALIC - The Information System on Italian Lichens* (verzija 4.0, 2008).

4.1.5.2.1 Prikupljanje uzoraka lišajeva

U sklopu analize utjecaja kvalitete zraka na stabilnost šumskog ekosustava napravljena su lihenološka istraživanja na području Motovunske šume. Prikupljanje uzoraka lišajeva provedeno je u sklopu dva terenska izlaska, 11. - 15. kolovoz te 26. - 28. rujna 2014. godine. Tijekom istraživanja lišajevi su uzorkovani na 18 ploha, prema metodologiji propisanoj u „*Forest Health Monitoring - lichen community method*“ (Slika 210.).



Slika 210. Lokacije uzorkovanja lišajeva

Na terenu su uzorci sakupljeni u minimalnoj količini potrebnoj za analizu te spremni u papirnatu vrećicu, a nalazi su fotografirani. Uz sakupljanje uzoraka, procijenjena je brojnost te su uzete bilješke za svaku pronađenu vrstu i plohu, prema navedenoj metodologiji.



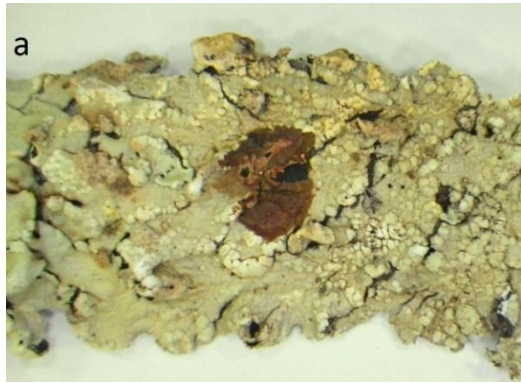
Slika 211. Primjer pozitivne kemijske reakcije spot-testa (metoda determinacije lišajeva) roda *Xanthoria* s kalijevom lužinom (kapljica lužine pocrveni)

Lihenološkim istraživanjem u Motovunskoj šumi pronađene su 22 vrste makrolišajeva (Tablica 62.). Među njima samo jedan rod, *Phaeophyscia*, nije bilo moguće odrediti do razine vrste, zbog pronađenih jedinki koje su bile premale.

Tablica 62. Popis makrolišajeva pronađenih na području Motovunske šume

Porodica	Vrsta	Forma
Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold	Listasti
Parmeliaceae	<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	Grmasti
	<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	Listasti
	<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale	Listasti
	<i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	Listasti
	<i>Melanohalea elegantula</i> (Zahlbr.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	Listasti
	<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	Listasti
	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	Listasti
	<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M. Choisy	Listasti
	<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog	Listasti
	<i>Usnea esperantiana</i> P. Clerc	Grmasti
<i>Usnea flammea</i> Stirt.	Grmasti	
<i>Usnea rubicunda</i> Stirt.	Grmasti	
Physciaceae	<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt	Listasti
	<i>Phaeophyscia</i> sp. Moberg	Listasti
	<i>Physcia adscenedens</i> (Fr.) H. Olivier	Listasti
	<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr.	Listasti
	<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.	Listasti
Ramalinaceae	<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	Grmasti
	<i>Ramalina pollinaria</i> (Westr.) Ach.	Grmasti
Teloschistaceae	<i>Teloschistes chrysophthalmus</i> (L.) Th.Fr.	Grmasti
	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Beltr.	Listasti

Ovim istraživanjem pronađene su dvije nove vrste lišajeva koje još nisu zabilježene u Hrvatskoj - *Flavoparmelia soledians* i *Usnea esperantina* (Slika 212.). Vrsta *Flavoparmelia soledians* je zapravo vrlo brojna vrsta u Europi, no kako često raste zajedno s morfološki vrlo sličnom *F. caperata*, očito je previđena u dosadašnjim istraživanjima u Hrvatskoj. S obzirom da je ova vrsta utvrđena tek u laboratorijskim uvjetima te dokazana kemijskim reakcijama, moguće da je prisutna na više točaka, ali da je zabilježena kao *F. caperata*. Iz tog je razloga brojnost te dvije vrste za daljnje analize bilježena zajedno, kao „*Flavoparmelia caperata/soledians*“. Druga pronađena vrsta, *Usnea esperantina*, je relativno nedavno opisana (1992.g.), mediteransko-makronezijska vrsta, a može se naći u vlažnim šumama s čestim maglama i to većinom na granama starih stabala.



Slika 212. Nove vrste zabilježene za Hrvatsku: (a) *Flavoparmelia sooredians* (Nyl.) Hale (crvena točka pokazuje mjesto pozitivne reakcije s kalijevom lužinom promijenivši boju u crveno) i (b) *Usnea esperantiana* P. Clerc

Prilikom sakupljanja makrolišajeva za daljnju analizu kvalitete zraka, sakupljani su i lišajevi koraste te praškaste forme. Pronađeno je još najmanje 6 takvih vrsta (Tablica 63.), no kako oni nisu potrebni za daljnje analize provedene za procjenu kakvoće zraka, analiza svih rodova do razine vrsta nije provedena.

Tablica 63. Popis lišajeva koraste i praškaste forme pronađenih na području Motovunske šume

Porodica	Vrsta	Forma
Graphidaceae	<i>Graphis</i> sp. Adans.	Korasti
	<i>Lecanora</i> sp. Ach.	Korasti
Lecanoraceae	<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	Korasti
	<i>Pertusaria pertusa</i> (L.) Tuck.	Korasti
Pertusariaceae	<i>Pertusaria albescens</i> (Huds.) M. Choisy & Werner	Korasti
	<i>Lepraria</i> sp. Ach.	Praškasti

Na Crvenom popisu lišajeva Hrvatske (DZZP) nalaze se četiri vrste pronađene na području Motovunske šume (Tablica 64.). Sve četiri vrste lišajeva su grmaste forme.

Tablica 64. Popis pronađenih vrsta lišajeva koji se nalaze na Crvenom popisu lišajeva Hrvatske

Vrsta	IUCN kategorije ugroženosti vrsta
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	najmanje zabrinjavajuće (LC)
<i>Teloschistes chrysophthalmus</i> (L.) Th.Fr.	gotovo ugrožene (NT)
<i>Usnea flammea</i> Stirt.	osjetljive (VU)
<i>Usnea rubicunda</i> Stirt.	osjetljive (VU)

Vrste *Teloschistes chrysophthalmus* (L.) Th.Fr. (hrv. okati žutogrm) i *Usnea rubicunda* Stirt. (hrv. crvenkasti bradaš) se posebno ističu prema Priručniku za lišajeve Državnog zavoda za zaštitu prirode (Partl 2009) kao prilično rijetke vrste osjetljive na onečišćenje

(Slika 213. i Slika 214.). Ujedno su jedne od rijetkih vrsta lišajeva koje imaju ime i na hrvatskom jeziku. Do ovog nalaza u Motovunskoj šumi, *Usnea rubicunda* zabilježena je samo na još jednoj lokaciji u Hrvatskoj (Mljet).

Prema Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama (NN 80/2013), strogo su zaštićene sve vrste roda *Usnea*, a u ovom istraživanju pronađene su tri vrste tog roda (*U. esperantiana*, *U. flammea* i *U. rubicunda*).



Slika 213. *Usnea rubicunda* Stirt. (hrv. crvenkasti bradaš)



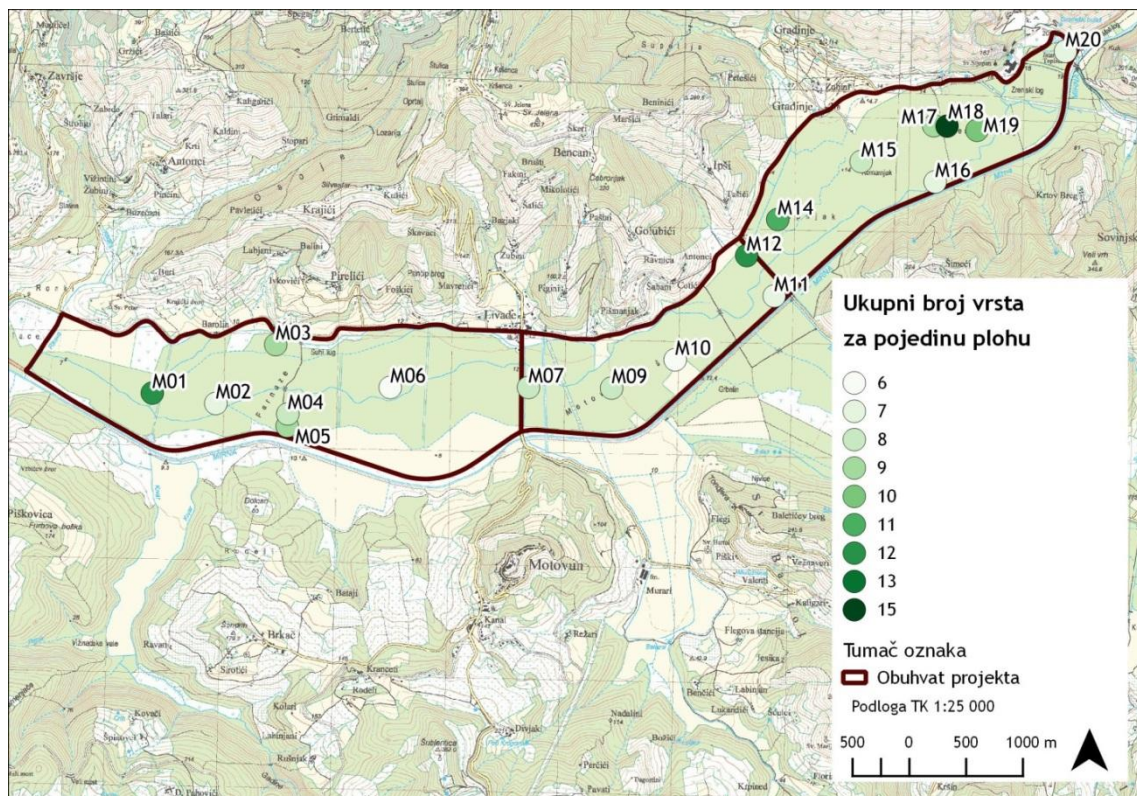
Slika 214. *Teloschistes chrysophthalmus* (hrv. okati žutogrm)

4.1.5.3 Procjena utjecaja kvalitete zraka na šumski ekosustav

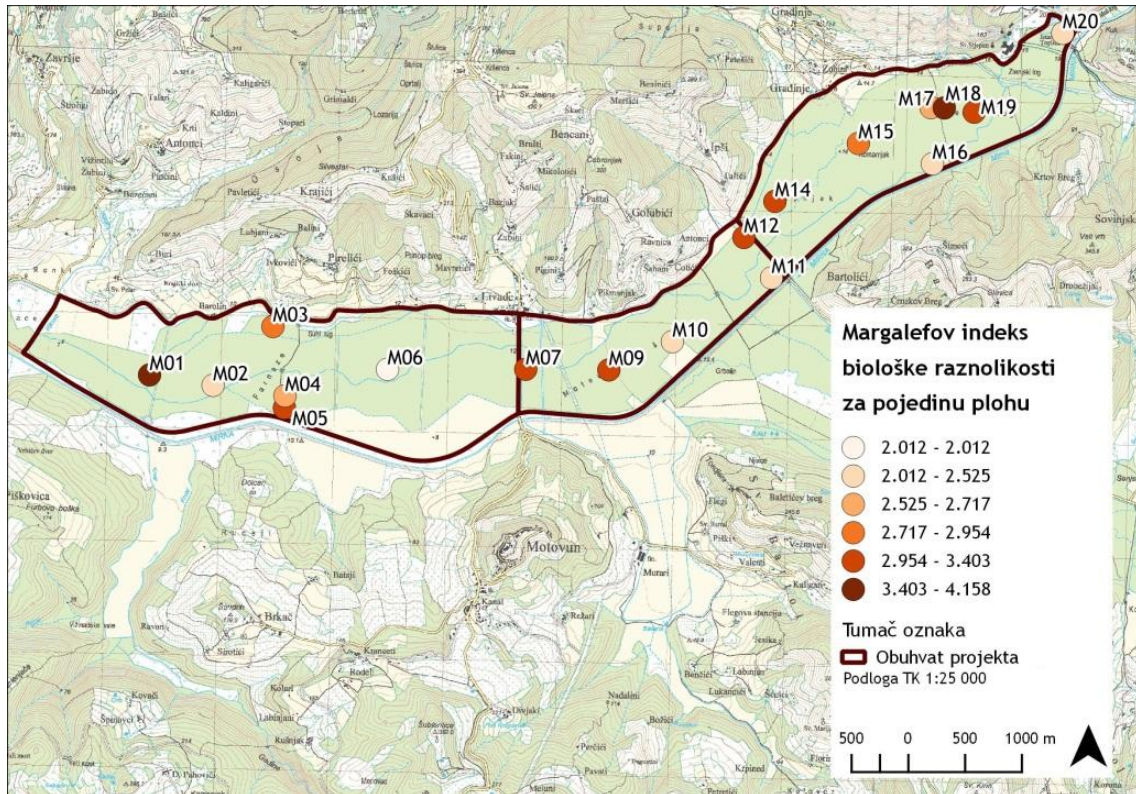
Bioraznolikost lihenoflore

Prema korištenoj metodologiji (*Forest Health Monitoring - lichen community method* 1994), za procjenu kvalitete zraka uz pomoć lišajeva, potrebno je odrediti alfa raznolikost na svakoj pojedinoj plohi. Alfa raznolikost se definira preko više različitih indeksa bioraznolikosti (Whittaker 1972), a jedan od najčešće korištenih je bogatstvo vrsta (eng. *species richness*), odnosno, broj pronađenih vrsta na plohi. Kao što je vidljivo na karti (Slika 215.), maksimalni broj vrsta makrolišajeva po plohi je 15, dok je na jednoj plohi (M06) pronađeno samo 6 vrsta.

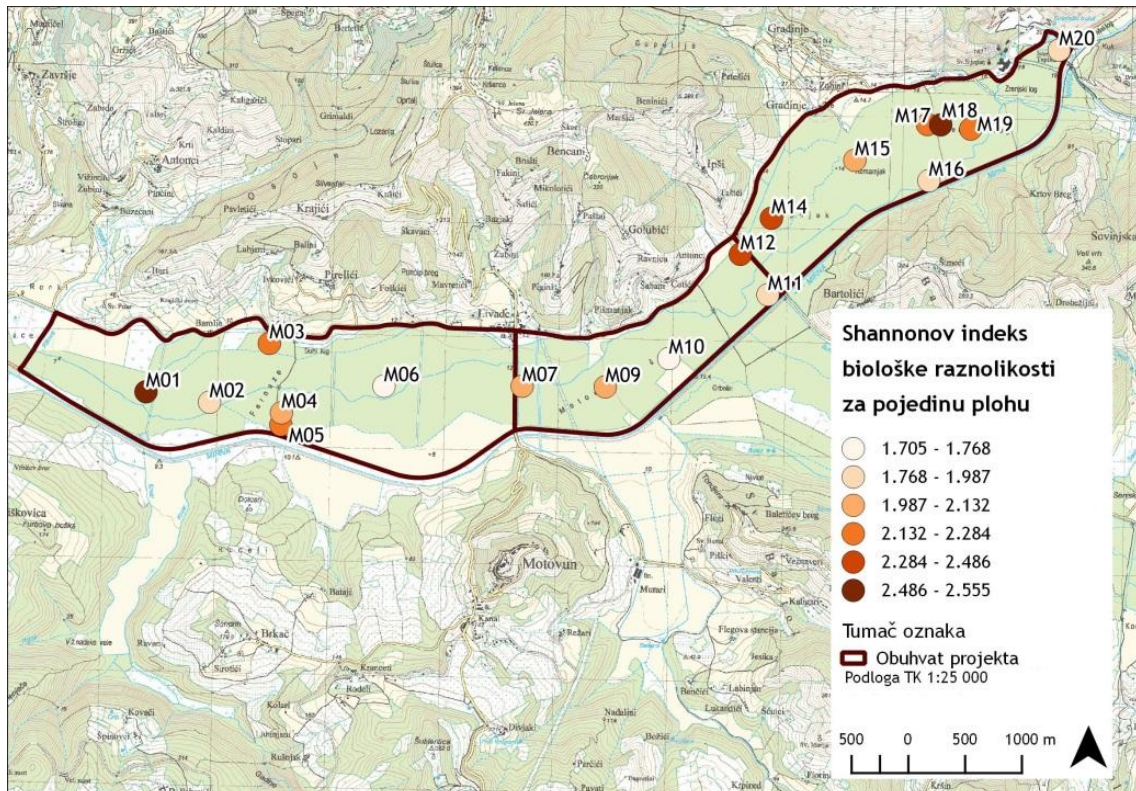
S obzirom da bogatstvo vrsta ne govori ništa o brojnosti vrsta već samo o njihovom prisustvu, uz njega se često koriste i drugi indeksi bioraznolikosti. Pomoću podataka o brojnosti pronađenih vrsta, izračunati su dodatni indeksi bioraznolikosti, odnosno Magalefov, Shannonov i Simpsonov indeks (Slika 216.).

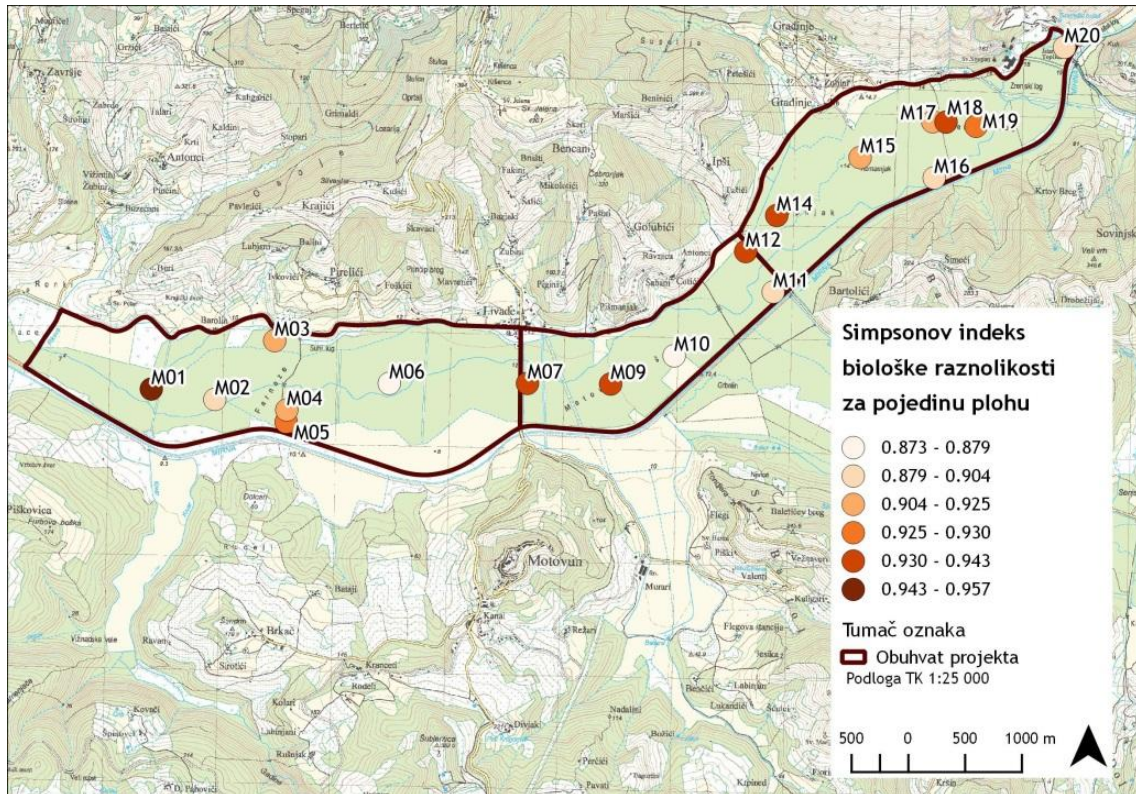


Slika 215. Prostorni prikaz indeksa bogatstva vrsta (ukupni broj vrsta) za pojedine plohe



Slika 223. Prostorni prikaz indeksa biološke raznolikosti za svaku pojedinu plohu: (a) Magalefov indeks



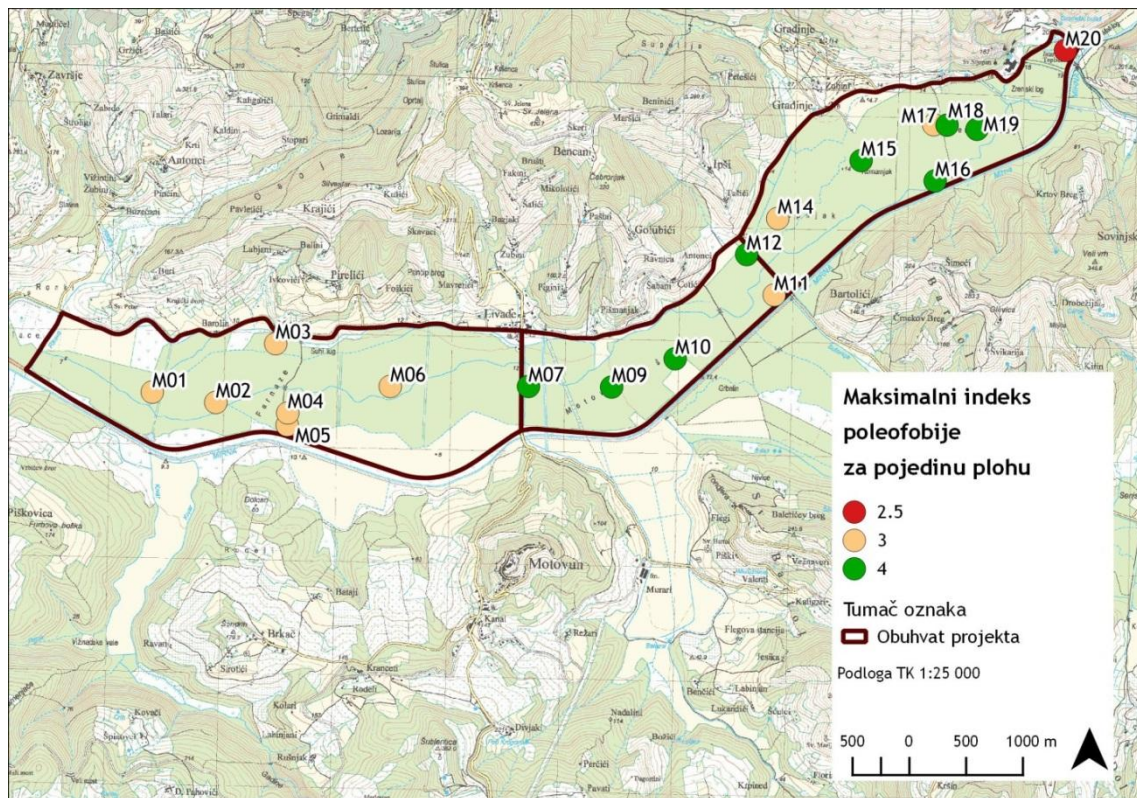


Slika 216. Prostorni prikaz indeksa biološke raznolikosti za svaku pojedinu plohu: (b - gore) Shannonov i (c - dolje) Simpsonov indeks

Usporedba rezultata različitih indeksa bioraznolikosti (Slika 216.) pokazuje relativno sličnu razdiobu podataka. Plohe s najvećom bioraznolikosti su ploha M01 i M18. Obje se nalaze u samim središtima kazeta, gdje je zrak vjerojatno kvalitetniji u odnosu na rub šume gdje se može očekivati utjecaj ceste kao onečišćivača. Najniže vrijednosti imaju M06 i M10, zatim M02, M11, M16 i M20. Sve plohe s nižim vrijednostima, osim M06, nalaze se uz rub šume, odnosno uz državnu prometnu cestu (što bi mogao biti pokazatelj nešto lošije kvalitete zraka u rubnom području šume, u odnosu na središnji dio šume, zbog utjecaja zagađenja zbog lokalnog prometa). No još uvijek je potrebno naglasiti da lihenoflora i na ovim lokacijama pokazuje da je zrak dobre kvalitete.

Poleofobija

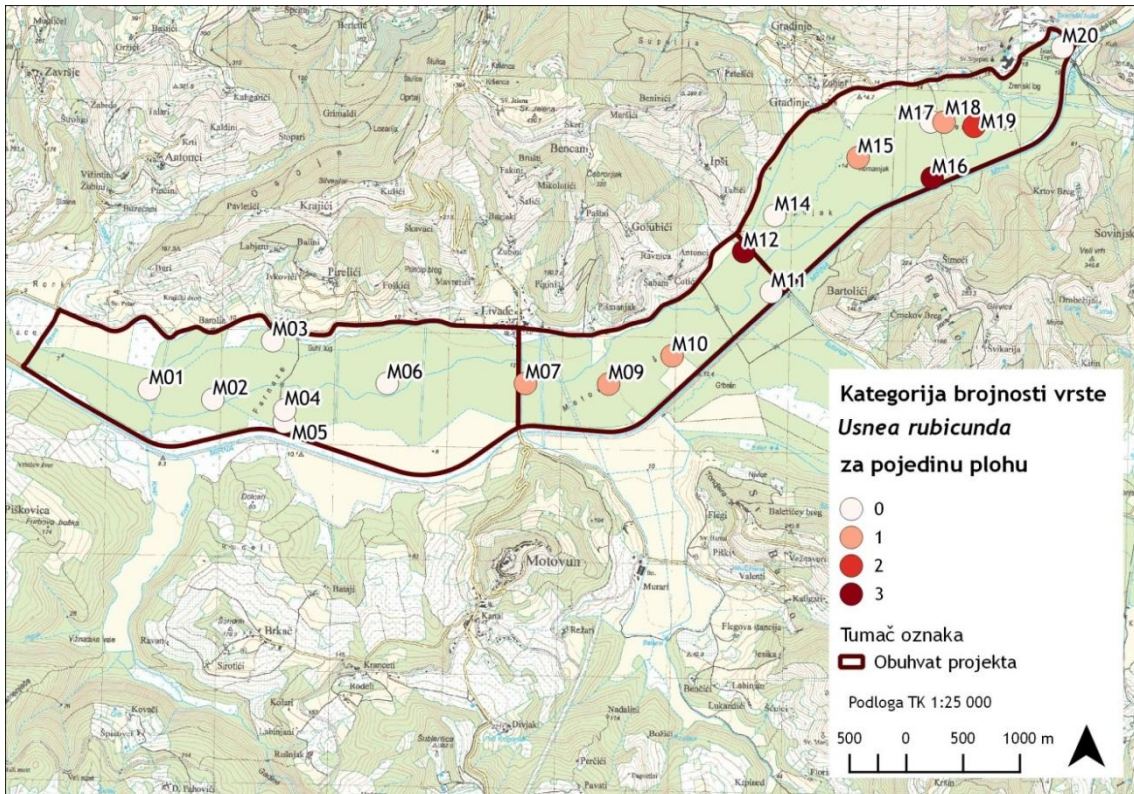
Indeksi bioraznolikosti kao pokazatelj stabilnosti ekosustava lihenoflore nadopunjuju se podacima o funkciji i značaju određene vrste u ekosustavu te se posebno naglašavaju rijetke i ugrožene vrste. Tako su u ovoj analizi upotrijebljeni podaci o poleofobiji. Poleofobija je podatak o (ne)toleranciji pojedine vrste lišajeva na onečišćenje, a iskazana je kao indeks poleofobije koji se kreće od 1-4, pri čemu je 4 maksimalna poleofobija, tj. vrsta uopće ne podnosi onečišćenje zraka (baza podataka ITALIC). S obzirom da većina vrsta ima određen raspon poleofobije, za analizu je korištena minimalna vrijednost poleofobije za svaku vrstu, a kako bi se prikazao minimalan zahtjev kakvoće zraka da bi se pronašla ta vrsta. Zatim je za svaku plohu određena najveća minimalna vrijednost poleofobije pronađenih vrsta na toj plohi. Naime, ako određena vrsta pokazuje visoku minimalnu poleofobiju, to označava minimalni zahtjev kvalitete zraka za čitavu plohu (Slika 217.).



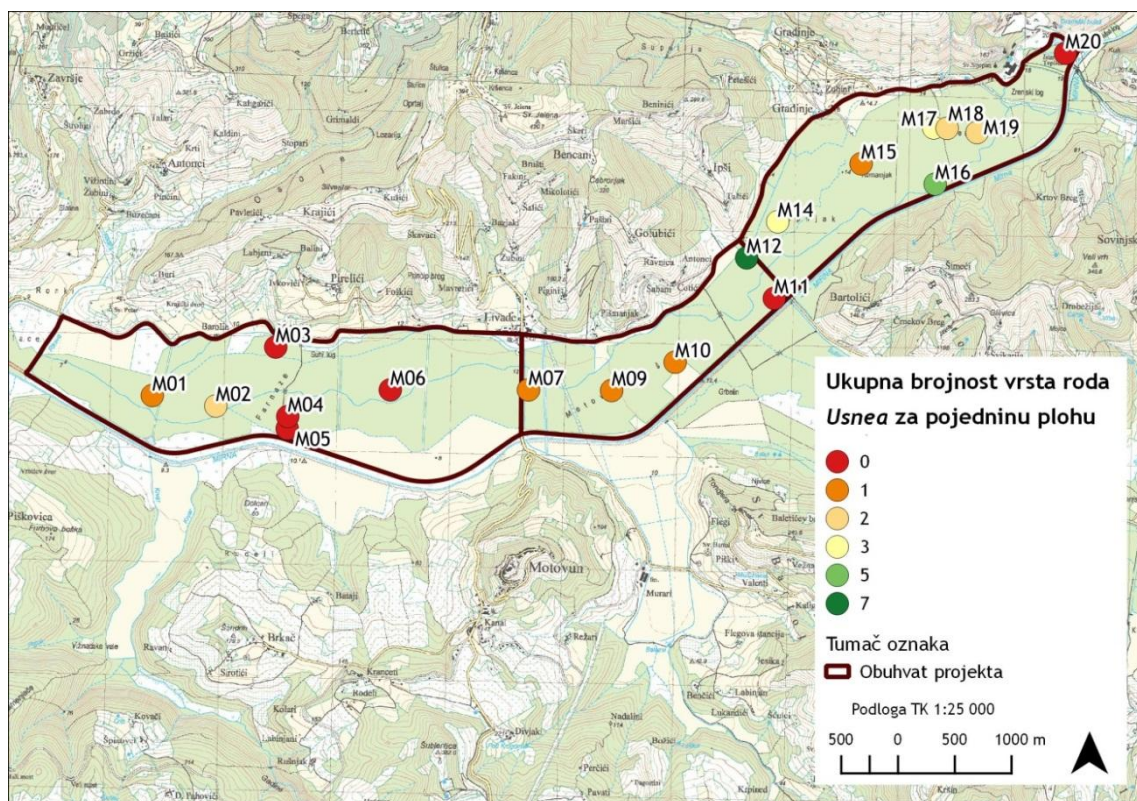
Slika 217. Prostorni prikaz maksimalnih indeksa poleofobije za pojedine plohe

Na području Motovunske šume sve plohe, osim plohe M20, pokazuju visoku razinu kvalitete zraka. K tome, čak 8 ploha ima najviše moguće vrijednosti poleofobije, odnosno na tim plohama nema onečišćenja zraka (Slika 217.). Na plohi M20 nisu pronađene vrste koje ukazuju na visoku kvalitetu zraka, unatoč pogodnom staništu za razvoj takvih vrsta. Moguće je taj rezultat objasniti blizinom ceste i Istarskih toplica tj. povećane količine spojeva sumpora u zraku, što utječe na sastav zajednice lišajeva na tom području.

Na rezultat ploha s najvišom vrijednošću poleofobije najveći je utjecaj imalo prisustvo vrste *Usnea rubicunda* (Slika 213.), jer ta vrsta ne podnosi ni najmanje onečišćenje zraka te ima vrijednost poleofobije 4. Iz tog razloga prikazan je još detaljniji uvid u rasprostranjenost te vrste na području Motovunske šume, gdje je uključena i procjena relativne brojnosti, koja je bilježena na terenu (Slika 218.). Također, prikazana je i karta s ukupnom procijenjenom brojnosti za sve pronađene vrste roda *Usnea*, s obzirom da se radi o rijetkom, ugroženom i zaštićenom rodu koji općenito pokazuje iznimno dobro stanje okoliša (Slika 219.).



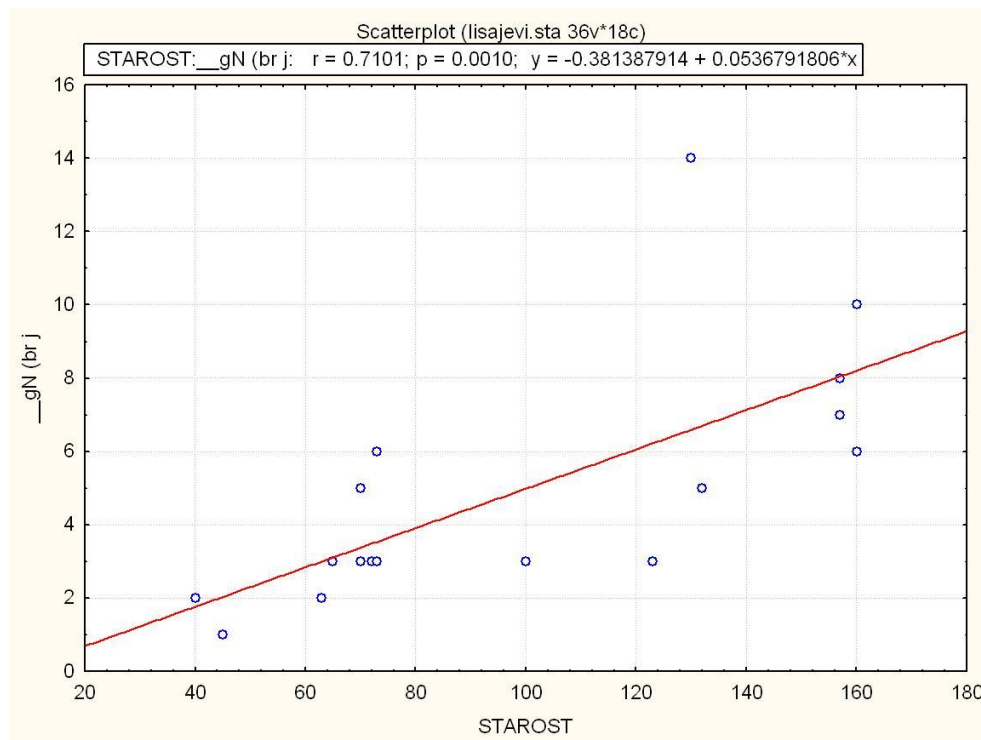
Slika 218. Prostorni prikaz kategorija brojnosti vrste *Usnea rubicunda* za pojedine plohe



Slika 219. Prostorni prikaz ukupnih brojnosti vrsta roda *Usnea* za pojedine plohe

Na samo 5 ploha nisu pronađene vrste roda *Usnea*. Na plohama M03, M04 i M05 ove vrste vjerojatno nisu pronađene jer se plohe nalaze u relativno mladoj šumi jasena. Negativan rezultat plohe M20, koja se nalazi u šumi hrasta lužnjaka dovoljne starosti da razvije ove vrste, objašnjava se blizinom ceste i Istarskih toplica.

Uočeno je da je veća brojnost grmastih forma lišajeva u starijim šumama (Slika 220.), odnosno, kao što je već poznato, starije šume bolje, kao stanište, odgovaraju razvoju lišajeva ove forme.



Slika 220. Usporedba brojnosti grmastih forma lišajeva sa starošću šume

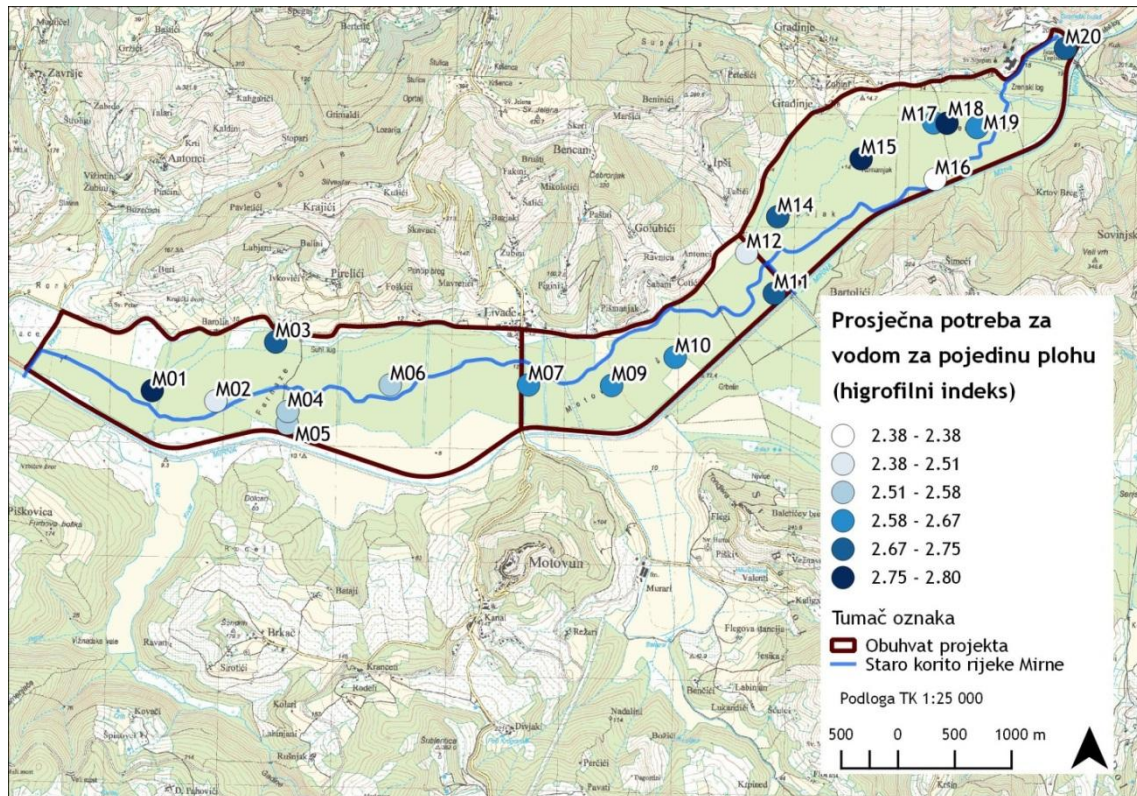
Trofičnost okoliša

Za zabilježene vrste pronađene su u literaturi informacije o trofičnosti. Unatoč evidentiranim nitrofilnim vrstama (npr. *Physcia* spp., *Xanthoria parietina* itd.), moguće je zaključiti kako je Motovunska šuma ipak oligotrofan sustav, što se tiče zraka, jer na svim plohama (i to nerijetko kao jedna od dominantnih vrsta) pronađena oligotrofna vrsta *Parmotrema perlatum*. Inače navedena vrsta ima vrhunac frekvencija pojavljivanja na samo 1,1 kg N po ha po godini (McCune i Geiser 2009). Također, i rod *Usnea* je iznimno oligotrofan tako da i brojni nalazi jedinki ovog roda potvrđuje oligofnost zraka ovog ekosustava.

Potreba za vodom pronađenih vrsta

Lišajevi, osim što pokazuju stanje okoliša u smislu kvalitete zraka, također pružaju informaciju i o vlažnosti zraka samog ekosustava, jer lišajevi svu potrebnu vodu primaju iz zraka preko same vlage u zraku, ali i kiše i rose. Primjerice, dominantne vrste (*Flavoparmelia caperata* te *Parmotrema perlatum*), prema bazi podataka ITALIC, zahtijevaju vlažna područja. Velika potreba za vodom u zraku, odnosno higrofilnost, se posebno ističe kod grmastih formi, gdje neke od vrsta (npr. *Usnea esperantiana*) trebaju relativno redovitu

maglu. Prikazana je karta s prosječnim higrofilnim indeksom za pojedine plohe (Slika 221.). Vrijednosti za higrofilnost lišajeva se kreću od 1 (higrofilna vrsta) do 5 (kserofilna vrsta), a izračunata je srednja vrijednost za svaku plohu, uzevši u obzir i njihovu brojnost. S obzirom da na ukupni rezultat mogu utjecati i kserofilne vrste na vrhovima krošanja gdje su suši mikroklimatski uvjeti, ove podatke treba uzimati s rezervom, no oni generalno pokazuju higrofilniji karakter područja.



Slika 221. Prostorni prikaz prosječne potrebe za vodom za pojedine plohe (higrofilni indeks)

Analizom lihenoflore područja Motovunske šume moguće je zaključiti da u većem dijelu šume ne postoji utjecaj onečišćenja zraka na šumski ekosustav. Pronađene su brojne jedinice roda *Usnea*, koje ukazuju na čist zrak, ali i na visoku vlažnost zraka i na starost šume. Posebno se ističe pronalazak vrste *Usnea rubicunda*, iznimno osjetljive na onečišćenja zraka, a koja je ovim istraživanjem tek drugi put zabilježena u Hrvatskoj. Jedina ploha istraživanja koja se izdvaja svim analizama je M20 (najistočnija ploha u blizini ceste i Istarskih toplica). S obzirom na analizu kvalitete zraka na području Motovunske šume klasičnim analizama (poglavlje „Kvaliteta zraka na području sliva Mirne“), moguće je zaključiti da se uz pomoć lišajeva može dobiti specifičnija slika kvalitete zraka određenog područja, ako ne postoje mjerne postaje u neposrednoj blizini.

Zahvaljujući povoljnom položaju i ekološkim uvjetima Motovunska šuma omogućava stanište za brojne rijetke i ugrožene vrste lišajeva, koji ujedno ukazuju i na kvalitetu zraka, oligotrofnost i visoku vlagu zraka tog područja. Uzevši sve u obzir, može se zaključiti kako eventualna nestabilnost ekosustava Motovunske šume nije uzorkovana onečišćenjem zraka.



LITERATURA

- AA.VV. (2001): I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica. ANPA, Serie Manuali e Linee Guida 2/Rim.
- Asta J, Erhardt W, Ferretti M, Fornasier F, Kirschbaum U, Nimis P L, Purvis OW, Pirintsos S, Scheidegger C, Van Haluwyn C, Wirth V (2002): Mapping Lichen Diversity As An Indicator Of Environmental Quality. U: P.L. Nimis, C. Scheidegger and P.A. Wolseley (ur.), Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens, 273-279. Kluwer Academic Publishers. Nizozemska.
- Asta J, Erhardt W, Ferretti M, Fornasier F, Kirschbaum U, Nimis P L, Purvis OW, Pirintsos S, Scheidegger C, Van Haluwyn C, Wirth V (2002): European Guideline For Mapping Lichen Diversity As An Indicator Of Environmental Stress. British Lichen Society. UK.
- Forest Health Monitoring: Field Methods Guide (1994).US Environmental Protection Agency, Las Vegas.
- Geiser LH, Neitlich PN (2007): Air pollution and climate gradients in western Oregon and Washington indicated by epiphytic macrolichens. Environmental Pollution
- Kirschbaum U, Wirth V (1997): Les lichen bio-indicateurs. Pariz
- Kušan F (1953): Prodrumus Flore lišaja Jugoslavije. Zagreb
- McCune B, Dey JP, Peck JE, Cassell DE, Heiman K, Will-Wolf S, Neitlich PN (1997): Repeatability of Community Data: Species Richness versus Gradient Scores in Large-Scale Lichen Studies. Bryologist.
- McCune, B. Geiser L. (2009): Macrolichens of the Pacific Northwest, 2nd Edition. Oregon State University Press..
- Nash III TH, ur. (2008): Lichen Biology. New York: Cambridge University Press
- Partl A (2009): LIŠAJEVI - Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
- Popis lišajeva Hrvatske, DZZP, Zagreb
- Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama (NN 80/2013)
- Purvis OW, Coppins BJ, Hawksworth DL, James PW & Moore DM (1992): The lichen flora of Great Britain and Ireland. Natural History Museum, London
- Randlane T, TõRRa T, Saag A , Saag L (2009): Key to European Usnea species. Bibliotheca Lichenologica 100: 419-462. J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin - Stuttgart.
- Coastal Wiki: http://www.coastalwiki.org/wiki/measurements_of_biodiversity
- Crveni popis lišajeva na stranicama Državnog zavoda za zaštitu prirode : http://www.dzpz.hr/publikacije/crveni_popis_lisajevi.pdf
- <http://www.lichens.lastdragon.org/links.html>
- Index Fungorum: <http://www.indexfungorum.org/>
- Irish Lichens (Jenny Seawright): <http://www.irishlichens.ie/index.html>
- Lichen gallery (Leif Stridvall): <http://www.stridvall.se/lichens/gallery/albums.php>
- Nimis PL & Martellos S, 2008: *ITALIC* - The Information System on Italian Lichens. Version 4.0. University of Trieste, Dept. of Biology, IN4.0/1 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it>)
- The Lichen Herbarium, University of Oslo (Einar Timdal): <http://www.nhm.uio.no/botanisk/lav/index.html>
- United States Forest Service; National Lichens and Air Quality Database and Clearinghouse: <http://gis.nacse.org/lichenair/index.php?page=airpollution>



4.1.6 Projekcija buduće biološko-ekološke dinamike nizinskog šumskog ekosustava u slučaju zadržavanja postojećeg stanja bez zahvata revitalizacije

Istraživanje šumskog ekosustava Motovunske šume pokazuje iznimnu raznolikost odgovora šume na dosadašnje upravljanje ovim područjem, a posebno na zaustavljanje starog toka Mirne i preusmjeravanje u novi kanalizirani tok, kao i presjecanje šumskog ekosustava prometnicama i odvajanje u kazete. Navedene aktivnosti dovele su mjestimično do duljeg zadržavanja oborinskih voda (potencijalno i zamočvarenja) što se pozitivno odrazilo na pojedine drvenaste vrste. Uočava se povećanje udjela poljskog jasena u šumskom ekosustavu, koji odlično podnosi zamočvarenje, dok dobro tolerira i niže razine podzemne vode. Istovremeno, mjestimično je došlo do snižavanja razine podzemne vode što se pozitivno odrazilo na pojedina stabla hrasta lužnjaka, najvjerojatnije na položajima gdje je razina podzemne vode bila nešto viša uslijed neodržavanja meliorativnih kanala tj. šumskih kanala „sisavaca“.

U sklopu ovog istraživanja prikupljeni su prvi podaci o razinama podzemnih voda na području Motovunske šume. Prikupljeni podaci upućuju da bi dubina do podzemne vode na dvije promatrane lokacije mogla biti povoljna za razvoj hrasta lužnjaka (1. kazeta i 2. kazeta), dok se u 3. kazeti pokazuje vodni suficit u odnosu na optimalne uvjete potrebne za razvoj hrasta lužnjaka. Ipak, iz ovih podataka se ne može izvesti konačan zaključak o dubini do podzemnih voda na cijelom području kazeta, a još manje na području Motovunske šume iz nekoliko razloga, a glavni je da su podaci prikupljeni tijekom jedne vegetacijske sezone, koju je, k tome, karakterizirala natprosječna količina oborina. K tome, za kvalitetnu ekstrapolaciju podataka potrebno je više mjerenja.

Stoga će u ovoj analizi rezultati mjerenja razine podzemne vode biti sagledani samo kao moguća naznaka stanja razine podzemnih voda u kazetama i njihovog utjecaja na šumski ekosustav. Piezometri P2 i P4 su postavljeni na višim djelovima mikroreljefa, u kazetama u kojima je utvrđena iznimno poremećena struktura odnosa vrsta i povoljniji uvjeti za razvoj poljskog jasena. Kako jasen tolerira velika kolebanja podzemne vode te s obzirom na hidrološke uvjete i vegetacijsku analizu koja pokazuje da u pojedinim dijelovima 1. kazete dolazi do zamočvarivanja, kao i zbog nedostatka običnog graba u dijelu vegetacijskih snimki, može se pretpostaviti da je u većem dijelu 1. kazete dominantniji razvoj jasenovih šuma usljed zabilježenog zamočvarivanja nakon pomlađivanja šume. K tome, u zapadnom dijelu 1. kazete zabilježeno je da povratne (poplavne) vode iz Mirne povremeno zamočvaruju ovo tlo što također utječe na dominantni razvoj jasenovih šuma u ovom dijelu kazete. **Održavanje postojećih uvjeta u 1. kazeti i dalje će ostaviti nepovoljnu strukturu sastava vrsta šumskih sastojina i voditi daljnjoj degradaciji ove šume.** Zabilježeno zamočvarivanje, kao i šumske sastojine u kojima je dominantno razvijen jasen, negativno utječu na razvoj staništa velikog bijelog tartufa u ovom dijelu kazete te je potrebno izvršiti radove kojima bi se u ovoj kazeti uspostavili povoljniji uvjeti za hrast lužnjak te tako stvorila bolja staništa za velikog bijelog tartufa. Uspostavljanje toka kroz stari riječni tok Mirne jedan je od mogućih zahvata kojim bi se spriječilo zamočvarivanje najzapadnijeg dijela kazete te bi se tako stvorili preduvjeti za uspješniji razvoj šumskih sastojina s hrastom lužnjakom.

Šumski ekosustav 2. kazete tvore šumske sastojine različite starosti - od lužnjakovih šuma starih 135 godina (u kojima su zabilježena stabla starosti 180 godina) pa do 24 godina starih

jasenovih sastojina i topolovih šuma starih 10 godina. Otjecanje vode starim tokom Mirne je u ovoj kazeti u potpunosti zaustavljeno, a kazeta je sa svih strana zatvorena prometnicama. U ovoj kazeti je također zamijećena poremećena struktura odnosa volumnog udjela edifikatorskih vrsta. K tome, analiza prirasta pojedinih stabala ne daje jasnu sliku o stanišnim uvjetima na području cijele kazete s obzirom da su plohe smještene u specifičnim uvjetima (ploha uz rub starog toka Mirne, ploha s očekivanom kulminacijom debljinskog prirasta i ploha u blizini kanala). U najnižvodnijem, rubnom dijelu kazete prevladavaju jasenove sastojine i može se pretpostaviti da u ovim dijelovima dominira jasen zbog zamočvarivanja usljed izgradnje ceste Livade-Motovoun koja je zapriječila otjecanje voda iz ove kazete. Vegetacijske snimke također pokazuju nešto vlažnije uvjete u najnižvodnijem dijelu kazete. K tome u ovoj kazeti oba korištena digitalna modela terena pokazuju mogućnost akumulacije vode te se može pretpostaviti da je taj dio šume osjetljiviji na promjene razine podzemne vode.

U šumskom ekosustavu 3. kazete, ujedno i području šumskog rezervata, prevladavaju šumske sastojine hrasta lužnjaka starosti preko 150 godina. U ovoj kazeti je poremećena struktura odnosa volumnog udjela edifikatorskih vrsta, no manje nego u prethodne dvije kazete. To potvrđuje i dendrokronološka analiza koja pokazuje da je prirast jasena na istim plohama često izraženije veći od prirasta stabala hrasta lužnjaka na istim plohama, ali i da su za pojedina stabla hrasta lužnjaka nastali povoljniji uvjeti, najvjerojatnije povezani sa snižavanjem razine podzemne vode na položajima gdje je ista bila nešto viša uslijed neodržavanja meliorativnih kanala.

S druge strane, analiza vegetacije na području 3. kazete ukazuje na vlažnije uvjete i zamočvarenje u mlađim hrastovim i jasenovim šumama u zapadnom dijelu kazete, uz kanal Gradinje. Vlažniji uvjeti su zabilježeni i u središnjem dijelu gdje je razvijena mlađa hrastova šuma. Također i u starijoj šumi središnjeg dijela utvrđeni su nešto vlažniji stanišni uvjeti, ali sastav vrsta ne pokazuje da dolazi do zamočvarenja. Na preostalim dijelovima 3. kazete vegetacijske snimke ne ukazuju da postoje nešto vlažniji stanišni uvjeti te se može pretpostaviti da će održavanje postojećih uvjeta u većem dijelu ove kazete i dalje biti uvjeti pogodni za postojeće stanišne tipove. S druge strane komparativna analiza volumnog udjela unutar 3. kazete u Motovunskoj šumi ukazuje da u središnjem području (odsjek 3b, 3c i 2a) i u zapadnom dijelu kazete, a koji se nalaze uz stari tok Mirne (4g-4i) imaju veći volumni udio jasena, u odnosu na odsjeke u istočnom dijelu kazete i na relativno višim položajima (2a i 2b). Veći volumni udio jasena može biti uvjetovan nešto nepovoljnijim uvjetima za hrast lužnjak, a koji može biti kako zbog nešto vlažnijih uvjeta u staništu tako i zbog nešto suših uvjeta (tj. nižih razina podzemne vode) od optimalnih uvjeta za hrast lužnjak. S obzirom da iz postojećih podataka nije moguće zaključiti je li došlo do promjene u volumnim udjelima edifikatorskih vrsta drveća (tj. je li bilo sušenja hrasta lužnjaka) nakon regulacije Mirne ili se ovaj omjer može smatrati prirodnim stanjem ne može se izvesti nedvosmisleni zaključak o tome što će se dogoditi s održavanjem postojećih uvjeta u 3. kazeti, osim da će se postojeća struktura zadržati ili će se pogoršati zbog smanjenja volumnog udjela hrasta lužnjaka i voditi daljnjoj degradaciji ove šume.

Analiza prirasta stabala na području Motovunske šume pokazuje da prosječno stanje okoliša u zadnjih 100-tinjak godina nije optimalno podupiralo razvoj šume te da se tijekom zadnjih 100-tinjak godina mogu uočiti različiti događaji koji su utjecali na razvoj pojedinih vrsta. **Fiziološko stanje glavnih edifikatorskih vrsta drveća pokazuje da zadržavanje postojećeg stanja, u kojem je napušteno prirodno korito Mirne, dovodi do spuštanja razine podzemne**

vode u pojedinim dijelovima šume što odgovara pojedinim stablima hrasta, a na što utjecaj ima udaljenost od hidrografske mreže i sastav tla. Dodatna količina površinske vode, koja ostaje u sastojini zbog kazetiranja i neodržavanja kanala „sisavaca“ pozitivno utječe na prirast poljskog jasena, ali negativno utječe na hrast lužnjak.

Osim promjene sastava zajednice prema jasenu kao dominantnoj edifikatorskoj vrsti, mogu se očekivati i nepovoljniji uvjeti za drugi živi svijet šumskog ekosustava. Tako dominantno jasenove šume nisu pogodno stanište za veliki bijeli tartuf te održavanje raznolikosti edifikatorskih vrsta pogoduje poboljšanju uvjeta za ovu ekonomski važnu vrstu gljiva.

Analizom vremenskih serija satelitskih snimaka zabilježen je na pojedinim dijelovima jasan trend smanjenja produktivnosti krošanja, koji upućuje da je trenutno stanje Motovunske šume nestabilno.

Prema analizi lihenoflore područja Motovunske šume moguće je zaključiti da u većem dijelu šume ne postoji utjecaj onečišćenja zraka na šumski ekosustav. Zahvaljujući povoljnom položaju i ekološkim uvjetima, Motovunska šuma omogućava stanište za brojne rijetke i ugrožene vrste lišajeva, koji ujedno ukazuju i na kvalitetu zraka, oligotrofnost i visoku vlagu zraka tog područja. Uzevši sve u obzir, može se zaključiti kako eventualna nestabilnost ekosustava Motovunske šume nije uzrokovana onečišćenjem zraka.

U zadnjih 10 godina na području Motovunske šume nisu zabilježene veće količine sušaca, te na temelju podataka o gospodarenju nije moguće zaključiti postoji li i trend sušenja koji navodi Prpić (1980), a zbog pretpostavljenog snižavanja razine podzemne vode. Iz dendrokronološke analize zamjetno je da se pad prirasta nakon izgradnje kanala uočava kod vrlo malog broja stabala, a na većini ploha je uočen trend porasta prirasta u periodu nakon izgradnje kanala. Potrebno je naglasiti da su za potrebe dendrološke analize uzorkovana dominantna i zdrava stabla te je moguće je da se radi o vrlo prilagodljivim jedinkama koje su „preživjele“ snižavanje razine podzemne vode nakon izgradnje kanala. Za jasnije zaključke o utjecaju razine do podzemne vode u tlu na očuvanje povoljnih uvjeta za hrast lužnjak potrebno je nastaviti istraživanje na postojećim lokacijama s ciljem prikupljanja dovoljno velikog niza podataka za analizu odnosa u postojećim lokacijama. Ova mjerenja je moguće nadopuniti s mjerenjem vlažnosti tla i transpiracije drveća, a pomoću kojih bi se uz postavljanje uređaja za mjerenje prirast mogli preciznije definirati optimalni uvjeti za rast glavnih vrsta drveća.

Uočen trend porasta prirasta pojedinih stabala u periodu nakon izgradnje kanala nije moguće povezati isključivo s izgradnjom kanala, već za to postoje i druga objašnjenja. Kako bi se jasnije utvrdilo stanje šumskog ekosustava, trebalo bi pratiti stanje oštećenosti krošanja hrasta lužnjaka, na temelju dobivenih rezultata procijeniti fiziološko stanje šume te, sukladno rezultatima, definirati daljnje šumarske radove vezane za eventualno sprječavanje zamočvarenja. Na kraju je potrebno naglasiti, da bez mjerenih podataka o razinama podzemne vode i vodostaja, a čije je mjerenje i vremenski i prostorno specifično definirano za područje Motovunske šume, nije moguće preciznije definirati dubinu do podzemne vode pogodnu za daljnji uravnoteženi razvoj ovih šumskih staništa.

Prilikom planiranja budućih hidrotehničkih aktivnosti važno je obratiti pažnju na sezonsku dinamiku podzemne vode odnosno na njene oscilacije unutar vegetacijske sezone kako bi se održali optimalni vodozračni odnosno ekološki uvjeti u tlima. Na osnovu nedovoljne duljine praćenja vodostaja u piezometrima unutar jedne sezone, i to samo na tri lokacije, nije



moguće izvršiti detaljnu procjenu vodostaja u koritu Stare Mirne (i okolnim kanalima) te ponuditi nedvosmislena rješenja za potporu planiranih hidrotehničkih aktivnosti uređenja starog korita Mirne.

Stoga se preporuča na području Motovunske šume uspostaviti tijekom vegetacijskih sezona:

- praćenje vodostaja u piezometrima, s povećanjem broja piezometara
- mjerenja vlažnosti tla (u profilu tla),
- mjerenja unutargodišnjeg prirasta hrasta lužnjaka,
- praćenje transpiracije šumskog drveća instalacijom instrumentarija za mjerenje protoka u ksilemu šumskog drveća te
- praćenje zdravstvenog stanja dominantnih vrsta šumskog drveća pomoću vremenske serije satelitskih snimki velike vremenske razlučivosti (uz korištenje standardnih parametara procjene zdravstvenog stanja šuma) na cijeloj površini potencijalno utjecanog šumskog područja.
- praćenje vodostaja, kako na postojećim hidrološkim postajama tako i na dodatnim postajama na području starog toka Mirne tj. pojedinim kazetama

Potrebno je na temelju praćenja vodostaja u piezometrima i razine vode (i/ili protoka) u koritu Stare Mirne i na okolnim kanalima te meteoroloških podataka napraviti vremenski model dubine podzemne vode (npr. matematički model Drainmod ili sl.) te na temelju ovih podataka odrediti optimalne uvjete za šumu prije provedenih hidrotehničkih aktivnosti. Za model dubine podzemne vode potrebno je koristiti model koji će biti napravljen na temelju egzaktnih podataka o razini podzemne vode. Na temelju preciznog digitalnog modela reljefa (dobivenog snimanjem LIDARom) i vremenskog modela dubine podzemne vode moguće je pripremiti prostorno-vremenski model dubine podzemne vode za cijelo područje Motovunske šume.

Integracijom podataka o zdravstvenom stanju dominantnih vrsta šumskog drveća, vlažnosti tla, transpiraciji šumskog drveća i mjerenju unutargodišnjeg prirasta hrasta lužnjaka mogao bi se pripremiti model zavisnosti parametara zdravstvenog stanja i fiziološke aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća.

Integracijom rezultata modela prostorno-vremenske razdiobe dubine podzemne vode i modela zavisnosti parametara zdravstvenog stanja i fiziološke aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća mogla bi se definirati optimalna razina podzemne vode potrebna za očuvanje šumskog ekosustava Motovunske šume.

4.1.6.1 Motovunska šuma kao Natura 2000 stanišni tip

Motovunska šuma obuhvaćena je Natura 2000 ekološkom mrežom te su glavne smjernice u definiranju optimalnog stanja ekosustava ciljevi očuvanja *područja očuvanja značajnih za vrste i stanišne tipove (POVS)* HR2000619 Mirna i šire područje Butonige te HR2000637 Motovunska šuma. Na navedenim područjima ekološke mreže potrebno je, između ostalog, održati ili obnoviti u „povoljnom stanju očuvanosti“ (što uključuje kako površinu staništa tako i kvalitetu staništa) slijedeće ciljne stanišne tipove „Uredba o ekološkoj mreži (NN 124/13 i 105/15)“ :

1. 91F0 Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia* - 246 ha (HR2000637 Motovunska šuma); te



2. 9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume *Carpinion betuli* - 463 ha (HR2000619 Mirna i šire područje Butonige i HR2000637 Motovunska šuma).

Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia* (Natura 2000 kôd 91F0) se u kontinentalnom dijelu Hrvatske razvijaju na terenima koji redovno ili povremeno plave te na kojima razina podzemne vode ostaje tijekom cijele godine relativno visoka. S druge strane, subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume (Natura 2000 kôd 9160) razvijaju se na gredama, tj. izvan dosega poplavnih voda ili na područjima s nižom razinom podzemnih voda, s obzirom da obični grab ne podnosi stajaću vodu i dugotrajnu visoku razinu podzemnih voda.

Prema bazi podataka ekološke mreže (Državni zavod za zaštitu prirode 2015), stanišni tipovi ciljeva očuvanja Natura 2000 područja prostorno su raspoređeni na sljedeći način:

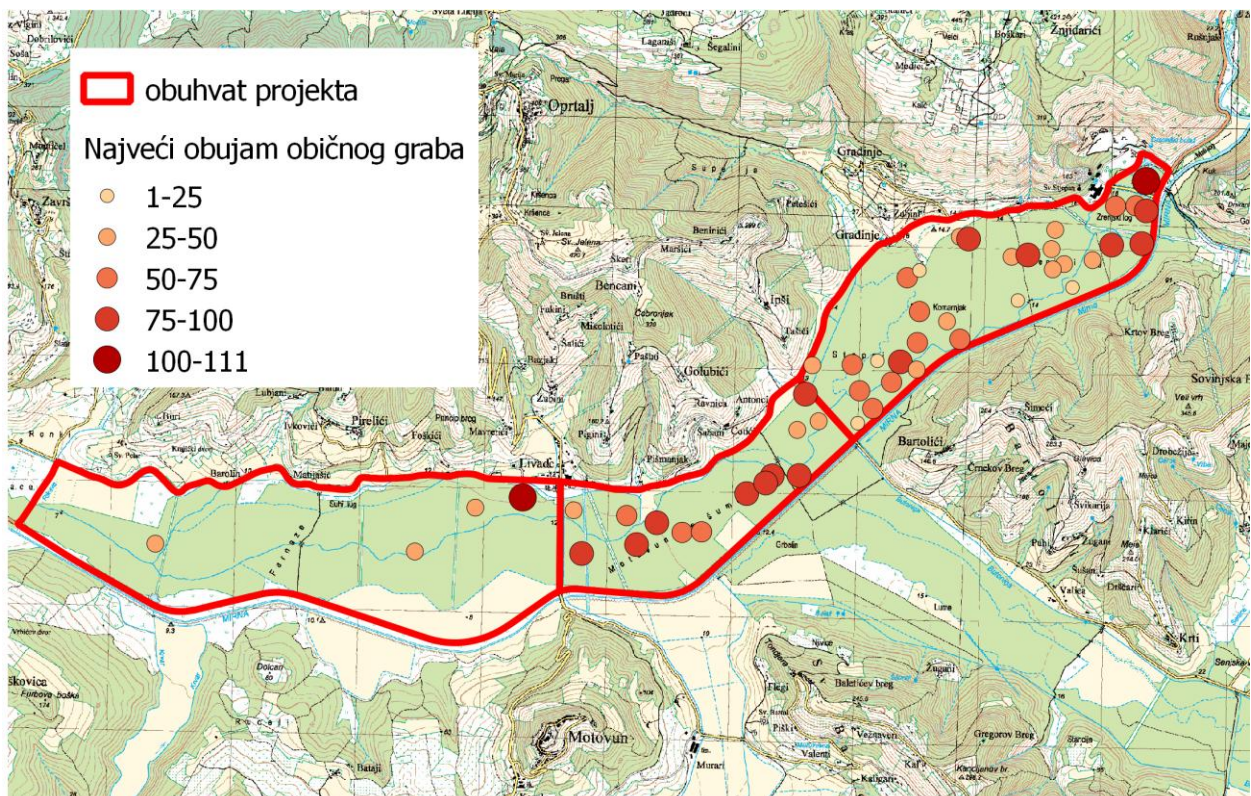
1. 91F0 Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia*
 - navedeni ciljni stanišni tip rasprostranjen je na području 3. kazete te na području nizvodno od 1. kazete;
2. 9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume *Carpinion betuli*
 - navedeni ciljni stanišni tip rasprostranjen je uglavnom na području 1. i 2. kazete.

S druge strane, prilikom analize florističkog sastava vegetacijskih tipova na području Motovunske šume, provedene u sklopu ovog projekta, na većem dijelu šume zabilježeni su ujednačeni vegetacijski tipovi koji prema svom florističkom sastavu odgovaraju (prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa NN7/06; NN 119/09 važećoj u vrijeme provođenja terenskih istraživanja) stanišnom tipu „E.2.2.5. „Motovunska šuma“ poljskog jasena i hrasta lužnjaka s visećim šašem“ (As. *Carici pendulae-Fraxinetum angustifoliae*), a koji je bio uključen u Natura 2000 stanišni tip „91F0 Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia*“ (Topić i Vukelić 2009.). Premda u dijelu šume dolazi i obični grab, temeljem analize rezultata provedenog istraživanja na području Motovunske šume smatramo da se zabilježeni vegetacijski podtipovi s običnim grabom ne bi trebali posebno izdvajati u stanišni tip „9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume *Carpinion betuli*“, već stanišnom tipu „E.2.2.5. „Motovunska šuma“ poljskog jasena i hrasta lužnjaka s visećim šašem“ (As. *Carici pendulae-Fraxinetum angustifoliae*) opisanom u Klasifikaciji staništa Republike Hrvatske (2006 - 2014).

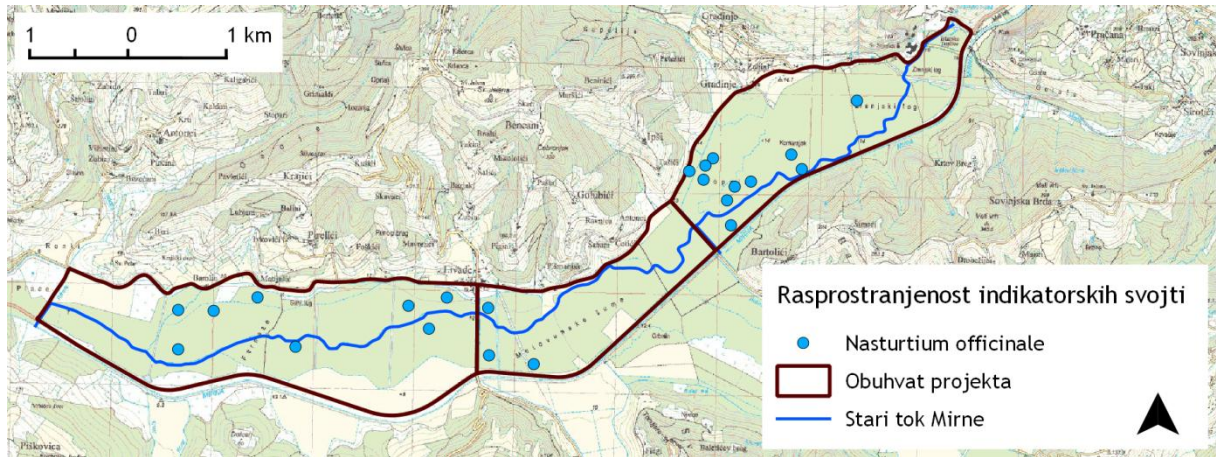
Tijekom 2014. godine, Pravilnikom o popisu stanišnih tipova, karti staništa te ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima (NN 88/14), ukida se stanišni tip „E.2.2.5. „Motovunska šuma“ poljskog jasena i hrasta lužnjaka s visećim šašem“ (As. *Carici pendulae-Fraxinetum angustifoliae*) te se ovo područje karakterizira kao područje dva stanišna tipa s poplavnim šumama hrasta lužnjaka. Nakon konzultacija, stav Državnog zavoda za zaštitu prirode je da na području Motovunske šume postoje dva stanišna tipa navedena u područjima ekološke mreže, ali da će njihova prostorna razdioba biti revidirana. *Autori ove Studije i dalje smatraju da bi cilj očuvanja područja ekološke mreže HR2000637 Motovunska šuma trebao biti očuvanje stanišnog tipa „91F0 Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia*“ u sadašnjem prostornom rasporedu te bi zaštita trebala na isti način biti usmjerena na poboljšanje stanišnih uvjeta u oba vegetacijska*

podtipa - podtipa s većim udjelom graba u vegetaciji i podtipa bez graba ili s malim udjelom graba u vegetaciji.

Kada bi se kao jedini indikator definiranja staništa razmatrala rasprostranjenost običnog graba (Slika 222.), podtip s običnim grabom zauzima bi veću površinu te bi ta staništa bila definirana na većem dijelu 2. i 3. kazete te samo na dijelu 1. kazete. Prema trenutnoj analizi može se pretpostaviti da obični grab izostaje samo na području gdje dolazi do većeg zamočvarenja tj. trenutno samo na nekoliko manjih djelova šume. Ipak, s obzirom na rasprostranjenost drugih indikatora nešto vlažnijih uvjeta (npr. vrste *Nasturtium officinale* - Slika 223.), kao i na široku rasprostranjenost karakteristične vrste *Carex pendula*, smatramo da je za definiranje povoljnih ekoloških uvjeta potrebno ovaj prostor sagledati kao jedan stanišni tip u kojem lokalno (na manjim, vjerojatno mikroreljefno definiranim dijelovima) dolazi do prostornog izmjenjivanja nešto vlažnijih i suših stanišnih uvjeta što rezultira prostornom izmjenom nešto vlažnijih i suših stanišnih podtipova.



Slika 222. Rasprostranjenost običnog graba u vegetacijskim snimkama na području Motovunske šume (u okolici istraživanih vegetacijskih plohamjeren je obujam stabla običnog graba - u cm)



Slika 223. Rasprostranjenost vrste *Nasturtium officinale* (Pignati indeks za vlažnost = 11) u vegetacijskim snimkama na području Motovunske šume

Ako bi se vegetacijski podtip u kojem dolazi običan grab klasificirao kao stanišni tip „9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume *Carpinion betuli*“, vegetacijske snimke u sklopu ovog istraživanja pokazuju da bi njegov prostorni raspored trebalo revidirati te da bi, prema sastavu mezofilnih vrsta, ovaj stanišni tip bio zastupljeniji u 2. i 3. kazeti te da je njegova rasprostranjenost mozaična. K tome, prema opisu stanišnih tipova, stanišni tip 91F0 karakteriziraju šume s visokom razinom podzemnih voda ili povremenim poplavama, dok se stanišni tip 9160 nalazi na područjima izvan dohvata poplavne vode. S obzirom na zahtjeve vezane uz zaštitu ključnih vrsta područja Motovunske šume (npr. tartufa i lombardijske žabe), preporuča se osiguravanje povremenih poplava. To je još jedan razlog zbog kojeg bi trebalo razmotriti stvaranje stanišnih uvjeta povremenog poplavljanja, a koji će više pogodovati razvoju šuma obuhvaćenih stanišnim tipom 91F0 Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia*.

U definiranju optimalnih ekoloških uvjeta moguć je također pristup u kojem se ne ističe običan grab, s obzirom na male promjene u mikroreljefnim karakteristikama ovog područja, već da je osnovni ekološki čimbenik u formiranju staništa voda, kako oborinska tako i podzemna. U slučaju primjene ovakvog pristupa, prilikom definiranja optimalnih stanišnih uvjeta treba definirati onu razinu podzemne vode koja će pogodovati očuvanju stabilnosti cijelog šumskog ekosustava Motovunske šume, dok će same razlike u mikroreljefu eventualno uvjetovati prostornu izmjenu vlažnijih vegetacijskih podtipova bez graba i sušeg vegetacijskog podtipa s grabom. Ipak, definiranje rasprostranjenosti stanišnih tipova može utjecati na definiranje ciljane prosječne razine podzemne vode, a time i uvjetovati predložena tehnička rješenja te je zato ovoj temi posvećena ovolika pažnja.

Cilj očuvanja područja ekološke mreže HR2000637 Motovunska šuma trebalo bi definirati, osim prema sastavu s obzirom na vlažnost tla i kao očuvanje i/ili uspostavu površina različite dobne strukture. Naime, jednake i ujednačene šumske sastojine mogu pogodovati nekim vrstama, no neće doprinijeti ukupnoj biološkoj raznolikosti. Trenutni raspored šumskih zajednica prema udjelu pojedinih edifikatorskih vrsta i starosti pokazuje neravnomjernu prostornu raspodjelu. U 1. kazeti prevladavaju sastojine jasena do 75 godina starosti, u srednjoj kazeti je starost sastojina raznolika (od mlađe šume jasena do vrlo stare šume hrasta lužnjaka), dok u 3. kazeti dominiraju najstarije šume hrasta lužnjaka. S obzirom da se na starost šume ne može utjecati, potrebno je čim duže održati postojeću starosnu raznolikost



šume te svakako uspostaviti povoljne ekološke uvjete za očuvanje (starih) šumskih sastojina na području Posebnog rezervata šumske vegetacije. Kao što je već istaknuto, osim ekoloških čimbenika koji utječu na sastav zajednica, prvenstveno hidroloških prilika, značajan utjecaj na sastav mogu imati i šumarski radovi. Prvenstveno se to odnosi na radove povezane s melioracijom područja i održavanjem šumskih kanala tzv. „sisavaca“. Održavanjem ovih kanala smanjuje se zamočvarivanje površinskog sloja te se postižu povoljni uvjeti za razvoj hrasta lužnjaka i običnog graba.

Pri određivanju optimalnih ekoloških uvjeta ciljnog stanišnog tipa „91F0 Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia*“ na području Motovunske šume treba uzeti u obzir i činjenicu da se radi o „longozi“, poplavnoj šumi u mediteranskom primorju, kojom se tradicionalno gospodarilo s ciljem povećanja produkcije kvalitetnog drveta (prvenstveno hrasta lužnjaka), odnosno gdje je tijekom povijesti postojao antropogeni utjecaj za koji se može pretpostaviti da je izmijenio sastav šumske zajednice i rezultirao vegetacijskim tipovima s većim udjelom hrasta lužnjaka.

4.2 Ugrožene i zaštićene vrste i staništa zastupljeni u Motovunskoj šumi i rijeci Mirni

4.2.1 Ostale ugrožene i zaštićene vrste zastupljene u Motovunskoj šumi i rijeci Mirni

Motovunska šuma se pruža dolinom rijeke Mirne od Istarskih toplica do zapadno od Livada te dolinom rječice Butonige. Najniža točka šume je na 6 m n.m., dok je najviša na 34 m n.m. Motovunska šuma predstavlja posljednji ostatak autohtonih nizinskih poplavnih šuma (longoze) u riječnim dolinama mediteranskog i pontskog primorja te je bitno stanište za brojne rijetke i ugrožene vrste. Neke od rijetkih i ugroženih vrsta dolaze i na širem području Motovunske šume i možemo ih naći u većem dijelu submediterana, ali za nekoliko vrsta ovo je stanište bitno za očuvanje populacije. Prvenstveno se tu izdvaja lombardijska žaba (*Rana latastei*).

Na području rijeke Mirne i Motovunske šume zabilježen je veći broj ugroženih i zaštićenih biljnih i životinjskih vrsta te vrsta gljiva (Tablica 65.-Tablica 73.). Oznake statusa ugroženosti predstavljaju kratice internacionalnih kategorija prema IUCN klasifikaciji: CR - kritično ugrožena (critically endangered), EN - ugrožena svojta (endangered), NT - gotovo ugrožena svojta (near threatened), VU - osjetljiva vrsta (vulnerable), LC - najmanje zabrinjavajuća (least concern), DD - nedovoljno podataka (data deficient).

Prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13) kao zaštićen dio prirode smatraju se samo strogo zaštićene divlje vrste navedene u Prilogu I. Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/13) - oznaka „SZ“. Premda je popis strogo zaštićenih vrsta sigurno veći od prikazanog u ovoj studiji izdvojene su ugrožene i potencijalno ugrožene vrste na širem području istraživanja. U poglavlju 4.2.1.3. detaljnije su opisani ekološki uvjeti za vrste za koje je procijenjeno da su životnim ciklusom vezane za staništa poplavnih šuma hrasta lužnjaka i/ili poljskog jasena, za slatkovodne ekosustave ili za druga poplavna staništa.

4.2.1.1 Rijetke, ugrožene i strogo zaštićene biljne vrste

Na području Motovunske šume prilikom terenskog obilaska zabilježeno je nekoliko vrsta orhideja. Na većem broju snimaka i s većom brojnošću zabilježen je jajoliki čopotac (*Listera ovata*). Riječ je o vrsti široke ekološke amplitude kojoj odgovaraju suha i vlažna, otvorena i šumska staništa. Jednako široke ekološke amplitude je i sporadično zabilježen ugroženi mirisavi dvolist (*Platanthera bifolia*). K tome, unutar dvije plohe zabilježena je prisutnost orhideje roda *Dactylorhiza*, a prema dostupnim podacima (Nikolić 2014) na širem području zahvata rasprostranjen je ugroženi kukuljičasti kaćun (*Dactylorhiza incarnata*) čije su karakteristično stanište vlažne livade, ali i močvarne šume crne johe, hrasta i topole te Motovunska šuma predstavlja njeno povoljno stanište. Na širem području zahvata zabilježena je prisutnost ugroženog kacigastog (*Orchis militaris*) i grimiznog kaćuna (*Orchis purpurea*) koji nastanjuju sunčana do polusjenovita, topla i relativno suha staništa te je moguć njihov pridozrak uz rubove šume.

Na širem području istraživanog područja zabilježeno je nekoliko ugroženih i strogo zaštićenih biljnih vrsta karakterističnih za vodena i obalna staništa. Travoliki žabočun (*Alisma*

gramineum) i žabnjačka kornjačnica (*Baldellia ranunculoides*) rastu na obalama i u stajaćim ili sporo tekućim vodama, potpuno ili djelomično uronjene u vodu, na svjetlim i toplim staništima. Obični borak (*Hippuris vulgaris*) je veoma prilagodljiv na iznenadne i ekstremne promjene ekoloških čimbenika, osobito izmjeničnu vlažnost te pripada skupini hidroohtofita, jer je uz hidrofazu vezan i za litoralnu fazu u kojoj cvate. Od floatantnih hidrofita na širem području istraživanog područja zabilježene su grbasta vodena leća (*Lemna gibba*) i beskorjenska sitna leća (*Wolffia arrhiza*). Rubove vodotoka, jaraka, odvodnih kanala i sličnih vodenih bazena naseljavaju veliki (*Ranunculus lingua*) i jednolistni žabnjak (*Ranunculus ophioglossifolius*). Na području Motovunske šume prisutnost ovih vrsta moguća je na rubnim dijelovima ili prosjekama kojima prolaze odvodni kanali.

Na plohama smještenim u vlažnijim dijelovima šume, s malim brojem jedinki i niskom pokrovnošću zabilježena je prisutnost strogo zaštićene žute perunike (*Iris pseudacorus*) te s većom brojnošću i mjestimice značajnom pokrovnošću prisutnost ugroženog i strogo zaštićenog obalnog šaša (*Carex riparia*). Obje vrste uspijevaju na obalama stajaćih ili sporo tekućih voda te na povremeno plavljenim, hranjivima i bazama bogatim tresetnim, glinastim i pjeskovitim tlima. Biljke su polusvjetla i pokazatelji mokrih tala.

Na širem području Motovunske šume zabilježen je niz ugroženih i strogo zaštićenih biljnih vrsta koje pridolaze na otvorenijim i sušim staništima. Nekoliko zabilježenih vrsta podnosi nešto veću vlažnost tla i zasjenjenost staništa te je moguć njihov pridolazak u prosjekama, čistinama i rubnim dijelovima šume. Štura zob (*Avena fatua*) preferira umjerno vlažna, propusna i dobro prozračena tla te se za nju potencijalno povoljna staništa nalaze na sjevernim rubnim područjima Motovunske šume nešto viših nadmorskih visina. Na nešto sušim tlima s izmjeničnom vlagom i na poluzasjenjenim staništima pridolazi zamijenjeni ovsik (*Bromus commutatus*). Njegova prisutnost zabilježena je uz rub Motovunske šume kod Istarskih toplica. U rubnim dijelovima šume i na livadama koje ju okružuju vjerojatna je prisutnost Ilirske prženice (*Knautia illyrica*) kao i kritično ugrožene vrbice troperkaste (*Lythrum tribracteatum*) koja je biljka polusvjetla i pokazatelj vlažnih tala te nastanjuje vlažna mjesta mediteranskog i submediteranskog područja.

Prisustvo navedenih rijetkih i ugroženih te strogo zaštićenih biljnih vrsta bi trebalo potvrditi dodatnim detaljnim florističkim istraživanjima šireg područja Motovunske šume.

Tablica 65. Ugrožene i strogo zaštićene biljne vrste zabilježene u široj okolini (podebljane vrste su zabilježene na području Motovunske šume)

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
Orhideje otvorenih i šumskih staništa			
<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soó	kukuljičasti kaćun	EN	SZ
<i>Listera ovata</i> (L.) R.Br.	jajoliki čopotac	/	SZ
<i>Orchis militaris</i> L.	kacigasti kaćun	VU	SZ
<i>Orchis purpurea</i> Huds.	grimizni kaćun	VU	SZ
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	mirisavi dvolist	VU	SZ
Biljke vodenih i obalnih staništa			
<i>Alisma gramineum</i> Lej.	travoliki žabočun	EN	SZ
<i>Baldellia ranunculoides</i> (L.) Parl.	žabnjačka kornjačnica	CR	SZ

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
<i>Carex riparia</i> Curtis	obalni šaš	VU	SZ
Biljke vodenih i obalnih staništa (nastavak)			
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	obični borak	EN	SZ
<i>Iris pseudacorus</i> L.	žuta perunika	/	SZ
<i>Lemna gibba</i> L.	grbasta vodena leća	EN	SZ
<i>Ranunculus lingua</i> L.	veliki žabnjak	EN	SZ
<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Vill.	jednolistni žabnjak	EN	SZ
<i>Wolffia arrhiza</i> (L.) Horkel ex Wimm.	beskorjenska sitna leća	VU	SZ
Biljke otvorenih i/ili suših staništa			
<i>Avena fatua</i> L.	štura zob	DD	SZ
<i>Bromus commutatus</i> Schrad.	zamijenjeni ovsik	DD	SZ
<i>Knautia illyrica</i> Beck	ilirska prženica	DD	SZ
<i>Lythrum tribracteatum</i> Salzm. ex Spreng.	vrstica troperkasta	CR	SZ

¹Oznake statusa ugroženosti - kratice internacionalnih kategorija (EN - ugrožena svojta (endangered), VU - osjetljiva vrsta (vulnerable), prema Nikolić i Topić (ur.) (2005), Crvena knjiga vaskularne flore Hrvatske, Nikolić T. (ur.) (2014), Flora Croatica baza podataka - Crvena knjiga on-line 2006.).

²Stupanj zaštite: SZ - strogo zaštićena vrsta.

4.2.1.2 Rijetke, ugrožene i strogo zaštićene životinjske vrste

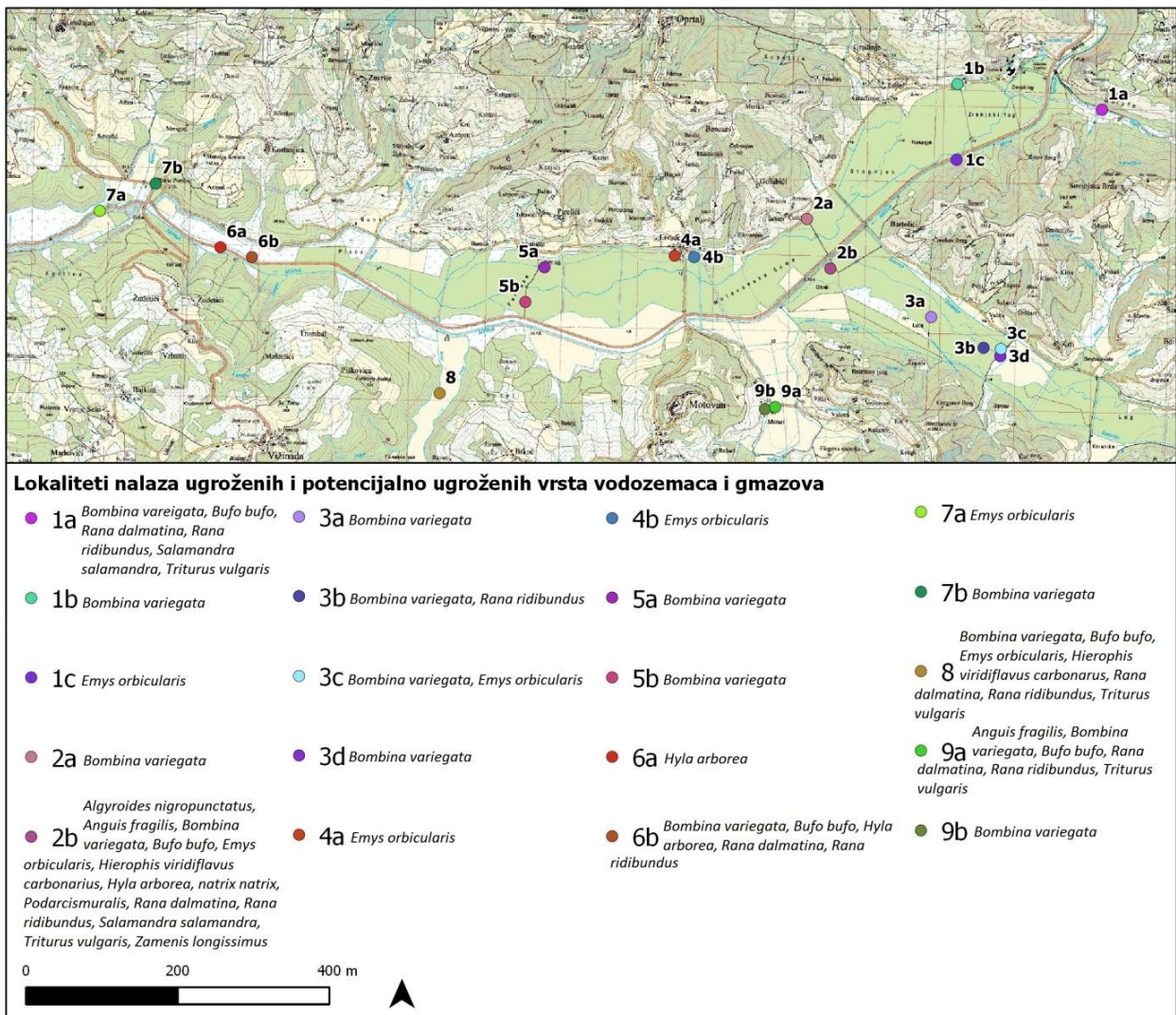
4.2.1.2.1 Vodozemci i gmazovi

Na širem području rijeke Mirne zabilježena je 21 rijetka i potencijalno ugrožena vrsta vodozemaca i gmazova (Tablica 66.). Za uže područje Motovunske šume postoje recentna istraživanja o fauni vodozemaca i gmazova (Kuljerić 2006, 2008, 2009, 2010) u sklopu kojih je zabilježeno 15 vrsta vodozemaca i gmazova (Slika 224.), od kojih je 14 ugroženo ili potencijalno ugroženo. Svi vodozemci su barem u nekom dijelu svog životnog ciklusa vezani za vlažna i močvarna staništa na području Motovunske šume, a i većina zabilježenih gmazova preferira takva područja (npr. bjelouška i barska kornjača). Većina zabilježenih vrsta pripada u kategoriju najmanje zabrinjavajuće vrste (LC), tj. vrste koje su široko rasprostranjene i brojne. Ugrožena vrsta na području Motvunske šume je lombardijska smeđa žaba (*Rana latastei*) za koju je Motovunska šuma najveće i najvažnije stanište u Hrvatskoj (Slika 225.). Detaljan opis ove vrste s analizom rasprostranjenosti i potrebnim stanišnim uvjetima prikazani su u poglavlju o ciljevima očuvanja područja ekološke mreže Natura 2000. U istom poglavlju su sagledani i potrebni stanišni uvjeti za druge dvije Natura 2000 vrste: žutog mukača (*Bombina variegata*) i barsku kornjaču (*Emys orbicularis*).

Tablica 66. Ugrožene i potencijalno ugrožene vrste vodozemaca i gmazova na području rijeke Mirne (izvor: DZZP, 2013; status ugroženosti: Crveni popis vodozemaca i gmazova (Jelić i sur., 2013)) - podebljane su vrste zabilježene na području Motovunske šume

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
<i>Bombina variegata</i> (Linnaeus, 1758)	žuti mukač	LC	SZ
<i>Bufo bufo</i> (Linnaeus, 1758)	smeđa krastača	LC	SZ
<i>Hyla arborea</i> (Linnaeus, 1758)	gatalinka	LC	SZ
<i>Rana dalmatina</i> (Bonaparte, 1840)	šumska smeđa žaba	LC	SZ
<i>Rana latastei</i> (Boulenger, 1879)	lombardijska žaba	EN	SZ
<i>Lissotriton vulgaris</i> (Linnaeus, 1758) (syn. <i>Triturus vulgaris</i>)	mali vodenjak	LC	SZ
<i>Proteus anguinus</i> ssp. n. (Parzefall, Durand & Sket 1999)	istarska čovječja ribica	EN	SZ
<i>Salamandra salamandra</i> (Linnaeus, 1758)	šareni daždevnjak	LC	SZ
<i>Triturus carnifex</i> (Laurenti, 1768)	veliki vodenjak	NT	SZ
<i>Algyroides nigropunctatus</i> (Duméril and Bibron, 1839)	mrki gušter	LC	SZ
<i>Anguis fragilis</i> (Linnaeus, 1758)	sljepić	LC	SZ
<i>Elaphe quatuorlineata</i> (Bonnaterre, 1790)	četveroprugi kravosas	NT	SZ
<i>Emys orbicularis</i> (Linnaeus, 1758)	barska kornjača	NT	SZ
<i>Hierophis viridiflavus carbonarius</i> (Bonaparte, 1833)	crna poljarica	LC	SZ

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
<i>Natrix natrix</i> (Linnaeus, 1758)	bjelouška	LC	SZ
<i>Podarcis melisellensis</i> (Braun, 1877)	krška gušterica	LC	SZ
<i>Podarcis muralis</i> (Laurenti, 1768)	zidna gušterica	LC	SZ
<i>Podarcis siculus</i> (Rafinesque-Schmaltz, 1810)	primorska gušterica	LC	SZ
<i>Telescopus fallax</i> (Fleischmann, 1831)	crnokrpica	NT	SZ
<i>Testudo hermanni</i> (Gmelin, 1789)	kopnena kornjača	NT	SZ
<i>Zamenis longissimus</i> (Laurenti, 1768)	bjelica	LT	SZ



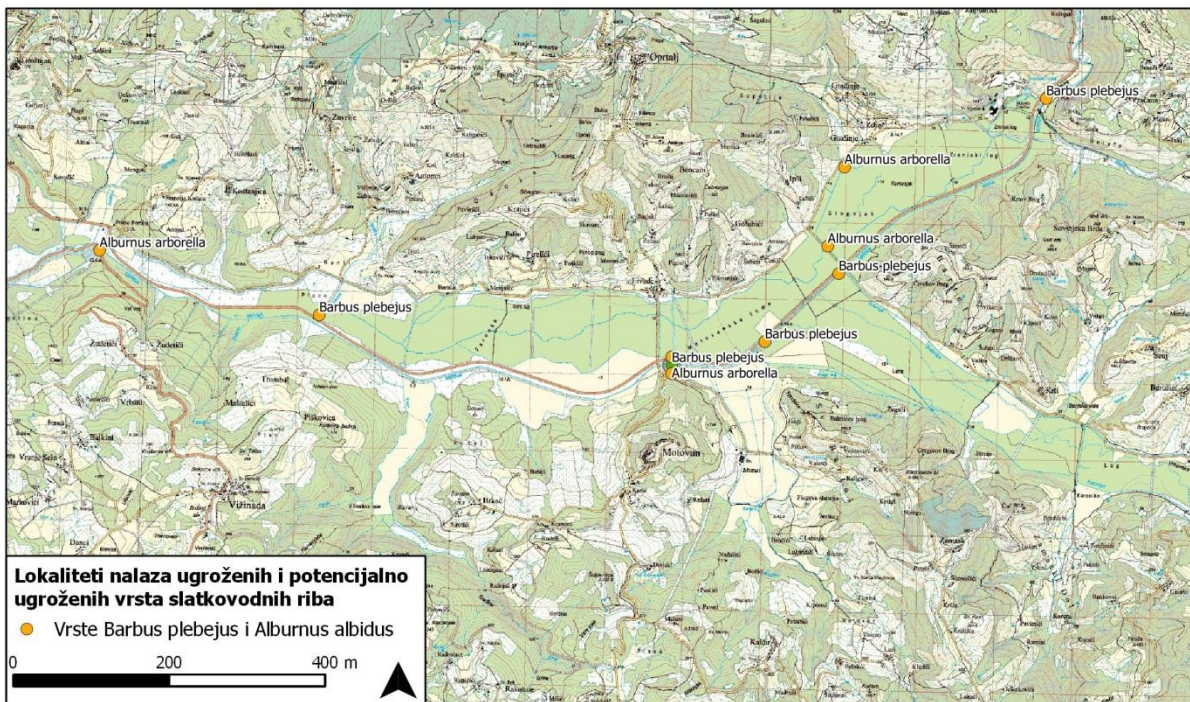
Slika 224. Zabilježeni nalazi vodozemaca i gmazova na području Motovunske šume



Slika 225. Rasprostranjenost lombardijske žabe (*Rana latastei*)

4.2.1.2 Slatkovodne ribe

Na području rijeke Mirne je zabilježeno 10 ugroženih i potencijano ugroženih vrsta riba (Tablica 67.). Tijekom istraživanja na širem području Motovunske šume 2010. i 2014. godine u rijeci Mirni, starom toku Mirne i Gradinju je zabilježeno 13 vrsta slatkovodnih riba. Od zabilježenih vrsta ugrožene su populacije vrsta *Alburnus albidus*, *Barbus plebejus*, *Padogobius bonelli* i *Gasterosteus aculeatus*. Vrste *Salmo trutta* i *Petromyzon marinus* se ne očekuju na području Motovunske šume.



Slika 226. Zabilježeni nalazi riba na području Motovunske šume

Tablica 67. Ugrožene i potencijalno ugrožene vrste riba na području rijeke Mirne (izvor: DZZP, 2013; status ugroženosti: Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske (Mrakovčić i sur., 2006)) - podebljane su vrste zabilježene na području Motovunske šume

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
<i>Alburnus albidus</i> (Costa, 1838)	primorska uklija	VU	SZ
<i>Barbus plebejus</i> (Bonaparte, 1839)	mren	EN	SZ
<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linnaeus, 1758)	koljuška	EN	SZ
<i>Padogobius bonelli</i> (Bonaparte, 1846)	slatkovodni glavočić	EN	SZ
<i>Petromyzon marinus</i> (Linnaeus, 1758)	morska paklara	DD	SZ
<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	potočna pastrva	VU	/
<i>Squalius janae</i> (Bogutskaya & Zupančić, 2010)	istarski klen	VU	/

4.2.1.2.3 Rakovi

Na području širem području rijeke Mirne zabilježene su tri ugrožene ili potencijalno ugrožene vrste rakova (Tablica 68.). U rijeci Mirni i njezinim pritokama nađene su populacije bjelonogog raka (*Austropotamobius pallipes*). Ovo područje ima genetički najvarijabilnije populacije bijelonogog raka i predstavlja iznimno bitno područje za zaštitu ove vrste. Dosadašnja istraživanja pokazuju da je pritoka Mirne Bračana vrlo bitno stanište ovog raka za očuvanje genofonda ove vrste, ali se jedinke ove vrste mogu naći i u kanaliziranom dijelu rijeke Mirne. Dosadašnja istraživanja nisu obuhvatila cijeli stari tok Mirne, ali moguće je da navedena vrsta obitava i na ovom području.

Premda je na području Motovunske šume zabilježeno stanište pogodno za vrstu *Atyaephyra desmarestii* te je moguća prisutnost ove vrste, dosadašnjim istraživanjima nije potvrđena. Vrsta *Niphargus krameri* obitava u špiljskim vodama te se nalazi na izvorištima u okolici Motovunske šume (izvor u okolici rijeke Mirne, Groznjan; izvor Sitnica Žudetići; spilja Pizdica kod Motovuna, izvor Gradinje, izvor Sv. Bartol i izvor Klašćica (Švikanje) kod Motovuna). S obzirom na blizinu drugih nalaza, moguća je prisutnost ove vrste i na izvoru Bulaž, što bi trebalo potvrditi dodatnim istraživanjima.

Tablica 68. Ugrožene i potencijalno ugrožene vrste rakova na području rijeke Mirne (izvor: DZZP, 2013; status ugroženosti: Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/13)) - podebljane su vrste zabilježene na području Motovunske šume

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
<i>Atyaephyra desmarestii</i> (Millet, 1831)	/	VU	/
<i>Austropotamobius pallipes</i> (Lereboullet, 1858))	bjelonogi ili primorski rak	EN	SZ
<i>Niphargus krameri</i> (Schellenberg, 1935)	Kramerijev sljepušac	NT	SZ



4.2.1.2.4 Vretenca

Vretenca su svojim životnim ciklusom vezana za vodena staništa tako da rijeka Mirna i njezini pritoci predstavljaju potencijalna staništa mnogo vrsta vretenaca. Tako su na užem području području Motovunske šume zabilježene sljedeće vrste vretenaca: *Callopteryx splendens annquilla*, *Ischnura elegans*, *Onychogomphus forcipatus*, *Orthetrum brunneum*, *Orthetrum coerulescens*, *Platycnemis pennipes*, *Anax imperator*, *Coenagrion puella* i *Libellula depressa*. Na širem području zabilježeno je šest ugroženih i potencijalno ugroženih vrsta vretenaca (Tablica 69.).

S obzirom na raznolikost vodenih i obalnih staništa u rubnom dijelu Motovunske šume mogu se očekivati i druge rijetke, ugrožene i potencijalno ugrožene vrste vretenaca: *Aeshna grandis*, *Aeshna mixta*, *Aeshna viridis*, *Calopteryx virgo*, *Gomphus vulgatissimus*, *Lestes dryas*, *Lestes macrostigma*, *Lestes sponsa*, *Lestes virens*, *Lestes barbarus*, *Sympetrum danae*, *Sympetrum depressiusculum*, *Sympetrum flaveolum*, *Sympetrum fonscolombei*, *Sympetrum meridionale*, *Sympetrum pedemontanum*, *Sympetrum sanguineu*, *Sympetrum striolatum* i *Sympetrum vulgatum*. Za jasniju sliku o rasprostranjenosti ovih vrsta na području Motovunske šume potrebno je provesti ciljana istraživanja.

Tablica 69. Ugrožene i potencijalno ugrožene vrste vretenaca na području rijeke Mirne (izvor: DZZP, 2013; status ugroženosti: Crvena knjiga vretenaca Hrvatske (Belančić i sur., 2008))

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
<i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1780)	dalmatinska konjska smrt	DD	SZ
<i>Ceriagrion tenellum</i> (de Villers, 1789)	malena crvendjevojčica	VU	SZ
<i>Anaciaeschna isosceles</i> (Mueller, 1767)	žuti ban	NT	/
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)	velika crvenookica	NT	/
<i>Somatochlora flavomaculata</i> (Vander Linden, 1825)	plitvička zelenka	NT	/
<i>Orthetrum ramburii</i> (Selys, 1848)	istočni vilenjak	DD	/

4.2.1.2.5 Leptiri

Na širem području rijeke Mirne zabilježeno je 17 ugroženih i potencijalno ugroženih vrsta leptira (Tablica 70.). Većina leptira je svojim životnim ciklusom vezana za livade i livadna staništa tako da na području same Motovunske šume nema nalaza ovih vrsta. Za neke od ugroženih i potencijalno ugroženih vrsta povoljna su rubna šumska staništa i staništa uz kanale i vodene tokove. Kritično ugrožena vrsta *Coenonympha oedippus* i potencijalno ugrožena vrsta *Lycaena dispar* ciljevi su očuvanja Natura 2000 područja HR2000619 Mirna i šire područje Butonige te dolaze na područjima otvorenih staništa (vlažne livade i uz rubove vodotokova).

Tablica 70. Ugrožene i potencijalno ugrožene vrste danjih leptira na području rijeke Mirne (izvor: DZZP, 2013; status ugroženosti: Crveni popis danjih leptira Hrvatske (Šašić i Kučinić, 2004)) - podebljane su vrste zabilježene na području Motovunske šume

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
<i>Apatura ilia</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)	mala preljevalica	NT	SZ
<i>Apatura iris</i> (Linnaeus, 1758)	velika preljevalica	NT	SZ
<i>Coenonympha oedippus</i> (Fabricius, 1787)	močvarni okaš	CR	SZ
<i>Euphydryas aurinia</i> (Rottemburg, 1775)	močvarna riđa	NT	SZ
<i>Colias myrmidone</i> (Esper, 1781)	narančasti poštar	CR	SZ
<i>Glaucopsyche alexis</i> (Poda, 1761)	zelenokrili plavac	NT	SZ
<i>Heteropterus morpheus</i> (Pallas, 1771)	sedefast debeloglavac	NT	SZ
<i>Lopinga achine</i> (Scopoli, 1763)	šumski okaš	NT	SZ
<i>Lycaena dispar</i> (Haworth, 1802)	kiseličin vatreni plavac	NT	SZ
<i>Melitaea aurelia</i> (Nickerl, 1850)	Nikerlova riđa	DD	SZ
<i>Melitaea britomartis</i> (Assmann, 1847)	Assmanova riđa	DD	SZ
<i>Papilio machaon</i> (Linnaeus, 1758)	obični lastin rep	NT	SZ
<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)	kupusov bijelac	DD	SZ
<i>Polyommatus thersites</i> (Cantener, 1835)	grahorkin plavac	NT	SZ
<i>Pseudophilotes vicrama</i> (Moore, 1865)	istočni plavac	NT	SZ
<i>Scolitantides orion</i> (Pallas, 1771)	žednjakov plavac	NT	SZ
<i>Thymelicus acteon</i> (Rottemburg, 1775)	Rottemburgov debeloglavac	DD	SZ
<i>Zerynthia polyxena</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)	uskršnji leptir	NT	SZ

4.2.1.2.6 Puževi

Zbog nedostatka literaturnih podataka nije moguće detaljno procijeniti prisutnost ugroženih i potencijalno ugroženih vrsta puževa na području Motovunske šume, no na širem području rijeke Mirne zabilježeno je 8 ugroženih i potencijalno ugroženih vrsta (Tablica 71.).

Osim ugroženih vrsta *Lauria reischuetzi* i *Vertigo mousiliana*, preostali navedeni puževi uglavnom ne nastanjuju poplavno šumsko stanište ili vodena staništa.

Nadalje, bitno je istaknuti da je na području Motovunske šume zabilježena također vrsta *Vertigo angustior*, ciljna vrsta ekološke mreže Natura 2000.

Tablica 71. Ugrožene i potencijalno ugrožene vrste puževa na području rijeke Mirne (izvor: DZZP, 2013; status ugroženosti: Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/13)) - podebljane su vrste zabilježene na području Motovunske šume

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
<i>Acicula lineolata banki</i> (Boeters, E. Gittenberger & Subai, 1989)	/	DD	SZ
<i>Hohenwarthia hohenwarti</i> (Rossmässler, 1839)	/	VU	SZ
<i>Lauria reischuetzi</i> (Falkner, 1985)	istarski bršljanar	EN	SZ
<i>Lauria sempronii</i> (Charpentier, 1837)	rijetki bršljanar	VU	SZ
<i>Vertigo angustior</i> (Jeffreys, 1830)	pužić uskoušćan	?	/
<i>Vertigo moulinsiana</i> (Dupuy, 1849)	trbušasti zvrčić	EN	SZ
<i>Zospeum spelaeum schmidti</i> (Frauenfeld, 1854)	raznocrti špiljaš	VU	SZ

4.2.1.2.7 Sisavci

Na području Motovunske šume očekuje se prisutnost sisavaca tipičnih za submediteransko područje i šumska staništa. Većina ovih vrsta sisavaca nije ugrožena (NT) i k tome se nalazi na širem području Motovunske šume: vjeverica (*Sciurus vulgaris*), patuljasti miš (*Micromys minutus*), zec (*Lepus europaeus*) i puh orašar (*Muscardinus avellanarius*). Od rijetkih i ugroženih vrsta sisavaca na području Motovunske šume očekuju se sljedeće vrste šišmiša: *Miniopterus schreibersii*, *Myotis emarginatus*, *M. myotis*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *R. hipposideros*, *Plecotus kolombatovici*. Nadalje, Motovunska šuma je potencijalno iznimno pogodno stanište za šumske vrste šišmiša: širokouhi mračnjak (*Barbastella barbastellus*), bjelorusi šišmiš (*Pipistrellus kuhlii*), mali šumski šišmiš (*P. nathusii*), patuljasti šišmiš (*P. pipistrellus*), smeđi dugoušan (*Plecotus auritus*), riječni šišmiš (*Myotis daubentonii*), mali večernjak (*Nyctalus leisleri*), rani večernjak (*N. noctula*). Na području Motovunske šume, uz obale vodenih tokova, moguća je također prisutnost močvarne rovke (*Neomys anomalus*).

Neke vrste sisavaca zabilježene na širem području (poput planinske voluharice (*Chionomys nivalis*), sivog puha (*Glis glis*), gorskog dugoušana (*Plecotus macrobullaris*) i južnog potkovnjaka (*Rhinolophus euryale*)) žive na suhim i kamenitim područjima, u bukovim šumama ili na višim nadmorskim visinama te vjerojatno ne obitavaju na području Motovunske šume.

Osim navedenih vrsta, tijekom istraživanja Motovunske šuma uočene su brojne jedinke barske nutrije (*Myocastor coypus*) koje se hrane obalnom vegetacijom. S obzirom da se radi o invazivnoj vrsti koja može utjecati na smanjenje povoljnih staništa zavičajnih vrsta, od kojih su neke rijetke i ugrožene, trebalo bi uvesti mjere kontrole populacije barske nutrije (ili čak poželjnije mjere istrebljenja).

Rijeka Mirna i pritoke predstavljale su povoljno stanište za vidru (*Lutra lutra*), no posljednji nalaz vidre zabilježen je 1985. godine i (Jelić M., usmeno). Ovaj rijetki i ugroženi sisavac s nedovoljno poznatim statusom ugroženosti smatra se lokalno izumrlom vrstom za područje rijeke Mirne. Reintrodukcija vidre je jedan od mogućih načina smanjivanja populacija barske nutrije i smanjivanja negativnih utjecaja barske nutrije kao invazivne vrste.

Tablica 72. Ugrožene i potencijalno ugrožene vrste sisavaca na širem području rijeke Mirne (izvor: DZZP, 2013; status ugroženosti: Crvena knjiga sisavaca Hrvatske (Antolović i sur., 2006)) - podebljane su vrste zabilježene na području Motovunske šume

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite
<i>Chionomys nivalis</i> (Martins, 1842)	planinska voluharica	NT	/
<i>Glis glis</i> (syn. <i>Myoxus glis</i> Linnaeus, 1766)	sivi puh	LC	/
<i>Lepus europaeus</i> (Pallas, 1778)	zec	NT	/
<i>Micromys minutus</i> (Pallas, 1771)	patuljasti miš	NT	/
<i>Miniopterus schreibersi</i> (Kuhl, 1817)	dugokrili pršnjak	EN	SZ
<i>Muscardinus avellanarius</i> (Linnaeus, 1758)	puh orašar	NT	SZ
<i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817)	velikouhi šišmiš	VU	SZ
<i>Myotis emarginatus</i> (E.Geoffroy, 1806)	riđi šišmiš	NT	SZ
<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797)	veliki šišmiš	NT	SZ
<i>Neomys anomalus</i> (Cabrera, 1907)	močvarna rovka	NT	/
<i>Plecotus kolombatovici</i> (Đulić, 1980)	Kolombatovićev dugoušan	DD	SZ
<i>Plecotus macrobullaris</i> (Kuzyakin, 1965)	gorski dugoušan	DD	SZ
<i>Rhinolophus euryale</i> (Blasius, 1853)	južni potkovnjak	VU	SZ
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)	veliki potkovnjak	NT	SZ
<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	mali potkovnjak	NT	SZ
<i>Sciurus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)	vjeverica	NT	/

4.2.1.2.8 Ptice

Na širem području rijeke Mirne zabilježeno je sedam rijetkih i ugroženih vrsta ptica (Tablica 73.). Na području Motovunske šume moguća je povremena prisutnost većine navedenih vrsta, stoga Motovunska šuma predstavlja bitan element u krajobrazu za njihovu zaštitu. Od zabilježenih rijetkih i ugroženih vrsta, samo je za gaka (*Nycticorax nycticorax*) zabilježeno da se gnijezdi na području Motovunske šume, dok je prisutnost ostalih vrsta moguća na rubnim staništima te uz kanale tijekom hranjenja ili zimovanja.

Na području Motovunske šume uz kanale, rijeku Mirnu zabilježene su sljedeće vrste ptica: veliki trstenjak (*Acrocephalus arundinaceus*), divlja patka (*Anas platyrhynchos*), siva čaplja (*Ardea cinerea*), škanjac (*Buteo buteo*), velika bijela čaplja (*Casmerodius albus*), virdžinijska prepelica (*Colinus virginianus*), kukavica (*Cuculus canorus*), mali djetlić (*Dendrocopos minor*), rusi svračak (*Lanius collurio*), velika strnadica (*Miliaria calandra*), gorska pastirica (*Motacilla cinerea*), muharica (*Muscicapa striata*), gak (*Nycticorax nycticorax*) i siva žuna (*Picus canus*). Većina vrsta zabilježena je uz kanale i na otvorenim staništima u mozaičnom poljoprivrednom krajobrazu, dok su samo muharica (*Muscicapa striata*) i siva žuna (*Picus canus*) zabilježene u šumskim staništima. Od zabilježenih vrsta, Motovunska šuma je povoljno stanište za gnježđenje siva čaplja (*Ardea cinerea*), škanjac (*Buteo buteo*), velika bijela čaplja

(*Casmerodius albus*), mali djetlić (*Dendrocopos minor*) i siva žuna (*Picus canus*). Navedeni nalazi dio su kratkotrajnog istraživanja na dijelu Motovunske šume (u sklopu projekta NIP-fauna 2014) u koji nisu bili uključeni stariji dijelovi šume na području specijalnog rezervata te bi za potpunu listu faune ptica Motovunske šume trebalo detaljnije istražiti i dio šume u specijalnom rezervatu.

Tablica 73. Ugrožene vrste i potencijalno ugrožene ptica na području rijeke Mirne (izvor: DZZP, 2013; status ugroženosti: Crvena knjiga ugroženih ptica Hrvatske (Radović i sur., 2003)) - podebljane su vrste zabilježene na području Motovunske šume

Znanstveni naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti ¹	Stupanj zaštite
<i>Casmerodius albus</i> (Linnaeus, 1758)	velika bijela čaplja	EN gn	SZ
<i>Circaetus gallicus</i> (Gmelin, 1788)	zmijar	EN gn	SZ
<i>Egretta garzetta</i> (Linnaeus, 1766)	mala bijela čaplja	VU gn	SZ
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	gak	NT gn	SZ
<i>Pandion haliaetus</i> (Linnaeus, 1758)	bukoč	RE gn, NT pre	SZ
<i>Pernis apivorus</i> (Linnaeus, 1758)	škanjac osaš	NT gn	SZ
<i>Porzana porzana</i> (Linnaeus, 1766)	riđa štijoka	EN	SZ

¹Oznake: gn - gnijezdeća populacija, pre - preletnička populacija

4.2.1.2.9 Gljive

Rijetke i ugrožene vrste gljiva koje mogu doći na području Motovunske šume obrađene su u poglavlju o stanju velikog bijelog tartufa.

4.2.1.3 Ugrožene i strogo zaštićene vrste na području rijeke Mirne

U ovom poglavlju detaljnije su opisani ekološki uvjeti za one vrste koje su životnim ciklusom vezane za staništa poplavnih šuma hrasta lužnjaka i/ili poljskog jasena, za slatkovodne ekosustave ili za druga poplavna staništa. Odnosno, ovdje su prikazani optimalni ekološki uvjeti za one vrste za koje je procijenjeno da bi mogle obitavati na području Motovunske šume (s obzirom na karakteristike staništa) ili za koje je Motovunska šuma ključno stanište, a koje ciljne vrste ekološke mreže.

Cilj očuvanja	Stanište	Optimalni ekološki uvjeti	Ekstremni ekološki uvjeti	Prehrana	Uvjeti razmnožavanja	Povezanost s ostalim vrstama
<i>Aeshna grandis</i> (veliki kralj)	Kanali, jarci, jezera, lokve, spore tekućice	Sredina lipnja do početka listopada		Hrani se uglavnom muhama, komarcima i leptirima te se može naći i do nekoliko kilometara udaljenim od vode, uz rub šume	Ženke polažu jaja na bilje u stajaćicama ili sporim tekućicama	Ženka sama polaže jaja na vodeno bilje
<i>Aeshna viridis</i> (zeleni kralj)	Stanište zelenoga kralja stajaće su vode, i to na kiselim, neutralnim močvarnim tlima u kojima je najvažnija prisutnost rezca. Odmor i zaklon traže u šikarama, grmlju i trsci, smještajući se nisko u tom raslinju	Izlijeće kasno u lipnju sve do početka slistopada, ličinka prezimljuje u vodi.		U ličinačkom stadiju prehranu čine različiti vodeni beskralješnjaci, punoglavci, male ribe. U odraslom stadiju jedinke se pri ranojutarnjoj hranidbi katkada skupljaju u rojeve. Love druge leteće kukce, pa ih to često odvodi daleko od vode.	Ženka polaže jaja najčešće u zoru, u potopljene listove rezca (<i>Stratiotes aloides</i>). Za polaganje jajašaca zeleni kralj će umjesto rezca vrlo rijetko izabrati drugu biljku (<i>Typha</i> , <i>Sparganium</i>), što ga čini osjetljivim na promjene vegetacije u staništu. Ličinke se razvijaju sporo, što je značajka većine vrsta njegove porodice.	Vrsta je u stadiju ličinke snažno vezana za vodeni makrofit <i>Stratiotes aloides</i>

Cilj očuvanja	Stanište	Optimalni ekološki uvjeti	Ekstremni ekološki uvjeti	Prehrana	Uvjeti razmnožavanja	Povezanost s ostalim vrstama
<i>Anguilla anguilla</i> (jegulja)	Nastanjuje samo one potoke, velike rijeke i jezera koji su povezani s morem.			Hrani morskim i slatkovodnim organizmima, ovisno o stupnju razvoja i trenutačnom staništu. Kako joj je tijelo obavijeno sluzi, može otpuzati određenu udaljenost po kopnu, pri čemu pojede i neke kopnene organizme, npr. gujavice. Hrani se ličinkama riba i žaba.	Da bi se razmnožavala, tj. mrijestila, jegulja pliva u Sargaško more (zapadni Atlantik). Taj put započinje kasno ljeti ili u ranu jesen, da bi na određite stigla u iduće proljeće, kada se razmnožava	
<i>Gasterosteus aculeatus</i> (koljuška)	Živi na velikom broju različitih staništa zadržava se u morima, u slatkim vodama, a postoje i migratorne jedinke koje odlaze na mrijest iz mora u slatke vode. U slatkim vodama najčešće naseljavaju gusto obrasle vodotoke s dobrim protokom, ili stajaće vode u kojima je dno pješčano ili muljevito.		Slabo podnosi smanjenje koncentracije kisika u vodi,	Hrani se trzalcima, račićima, vodenim i letećim kukcima te malim ribama.	Mrijesti se većinom u boćatoj ili slatkoj vodi. Početak mrijesta određuje fotoperiod i temperature vode, a najčešće se odvija od ožujka do lipnja.	
<i>Padogobius bonelli</i> (slatkovodni glavočić)	Isključivo slatkovodna vrsta koja nastanjuje širok raspon potočnih, riječnih i jezerskih staništa sa šljunkovitim dnom i gustom vegetacijom	Podnosi temperaturni raspon od 10 do 18°C te pH od 7,0 do 7,5.		Najvećim dijelom se hrane ličinkama tulara, povremeno ličinkama vodencvjetova te rjeđe kolutičavcima, ličinkama obalčara i rakušcima.	Razmnožavaju se u razdoblju od svibnja do srpnja.	
<i>Caloptyrex splendens bacanicus</i> (dalmatinska konjska smrt)	Nastanjuje područje oko većine sporotekućih potoka i rijeka, kanala, jezera, u područjima obilježenih sredozemnom klimom.	Odrasle jedinke prisutne od travnja do rujna.		U ličinačkom stadiju prehranu čine različiti vodeni beskralješnjaci.	Vrsta se razmnožava na otvorenim (osunčanim) potocima i manjim rijekama, s razvijenom vodenom i obalnom vegetacijom.	Vodena i obalna vegetacija je bitan dio staništa ličinki i odraslih jedinki, koje ju koriste za lov, skrivanje i polaganje jaja.

Cilj očuvanja	Stanište	Optimalni ekološki uvjeti	Ekstremni ekološki uvjeti	Prehrana	Uvjeti razmnožavanja	Povezanost s ostalim vrstama
<i>Ceragrion tenellum</i> (malena crvendjevojčica)	Nastanjuje područje oko potoka, jaraka s vodom, jezera, spore tekućice.	Odrasle jedinke izlijeću od sredine svinja do početka rujna.	Podnosi izrazito plitke vode i zakiseljena staništa	U ličinačkom stadiju prehranu čine različiti vodeni beskralješnjaci.	Polažu jaja u tandemu.	Koristi se trskom ili grmljem nedaleko vodenih staništa.
<i>Lestens macrostigma</i> (velika zelendjevica)	Najčešće su oko plitkih stajaćih voda.		Dobro podnosi kisela staništa, a ličinke se mogu razvijati i u boćatim vodama.	Ličinke se većinom hrane račićima ili odraslim vodenim kukcima, dok se u odraslom stadiju jedinke hrane malim kukcima.		Vezane su uz močvarnu vegetaciju, većinom uz rogoz ili trsku.
<i>Lestens virens</i> (mala zelendjevica)	Mogu ih se naći u grmlju ili visokoj travi uz povremene lokve ili jezera koja sezonski presušuju.	Odrasle jedinke su aktivne od travnja do listopada.			Ženke polažu jaja krajem ljeta na suhe stabiljke bilja roda <i>Juncus</i> ili <i>Oeanthe</i>	Suhe stabiljke bilja roda <i>Juncus</i> ili <i>Oeanthe</i> ženke koriste za polaganje jaja.
<i>Sympetrum depressiusculum</i> (močvarni strijelac)	Obitava uz stajaće vode, lokve, ribnjake, i močvare, i to u nizinama; zadržava se kod lokvi koje ljeti presušuju.	Odrasli izlaze u kasno ljeto, u srpnju i zadržavaju se sve do listopada.	Ne podnosi bilo kakve promijene u staništu.	U ličinačkom stadiju prehranu čine različiti vodeni beskralješnjaci.		
<i>Sympetrum flaveolum</i> (jantarni strijelac)	Nalazimo je u plitkim, stajaćim vodama koje obiluju vegetacijom te se brzo zagrijavaju, rubna livadna područja koja poplavljuju u proljeće.	Sezona leta za ovu vrstu je od kraja svibnja do početka listopada, a najbrojniji su u kolovozu.	Sezona leta ove vrste je od kraja svibnja do listopada, a najbrojnija je u kolovozu.	U ličinačkom stadiju prehranu čine različiti vodeni beskralješnjaci.		
<i>Sympetrum pedemontanum</i> (crnkasti strijelac)	Obitava na tresištima, močvarama, zamočvarenim livadama, sporotekućim potocima, kanalima.	Odrasli lete u razdoblju od kraja lipnja do sredine listopada.	Odrasle jedinke izlaze krajem lipnja, početkom srpnja i lete sve do sredine listopada.	U ličinačkom stadiju prehranu čine različiti vodeni beskralješnjaci.		Ličinke se razvijaju na vodenom bilju.



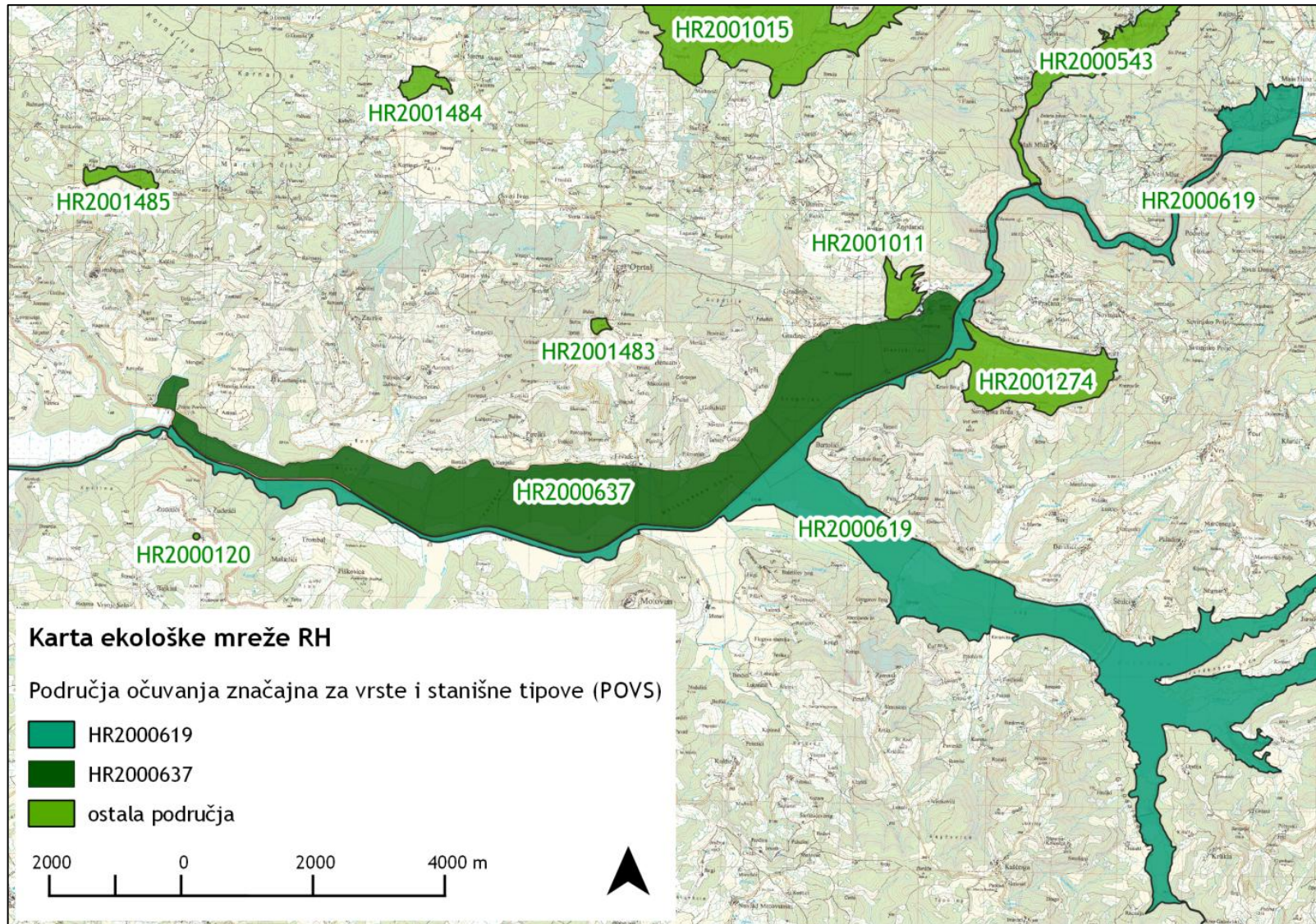
4.2.2 Ekološka mreža NATURA 2000

Ekološka mreža Natura 2000 jedan je od osnovnih mehanizama zaštite prirode u Europskoj Uniji te predstavlja europsku mrežu područja važnih za očuvanje europski ugroženih vrsta i stanišnih tipova. Svaka zemlja članica Europske Unije, pa tako i Republika Hrvatska, pridonosi mreži Natura 2000 zaštitom stanišnih tipova i vrsta navedenih u Direktivi o zaštiti ptica te Direktivi o staništima (Dodatak 1 i Dodatak 2).

Motovunska šuma se na području ili u blizini područja ekološke mreže sljedećih područja očuvanja značajnih za vrste i stanišne tipove - POVS (*engl.* pSCI - proposed proposed Sites of Community Importance):

- HR2000120 Sitnica špilja,**
- HR2000619 Mirna i šire područje Butonige,**
- HR2000637 Motovunska šuma,**
- HR2001011 Istarske Toplice,**
- HR2001274 Mlaka i**
- HR2001483 Istra - Oprtalj.**

S obzirom na prostornu udaljenost istraživanog područja od područja ekološke mreže HR2000120 Sitnica špilja, HR2001011 Istarske Toplice i HR2001483 Istra - Oprtalj (Slika 227.), odnosno ekološke zahtjeve ciljeva očuvanja navedenih područja (Slika 227.), ista nisu detaljno analizirana u nastavku teksta.



Slika 227. Karta ekološke mreže Republike Hrvatske (MJ 1:75.000) (autor: Oikon d.o.o., izvor: Državni zavod za zaštitu prirode, 25.11.2013.)

Tablica 74. Pregled područja ekološke mreže Natura 2000 i ciljeva očuvanja na širem području Motovunske šume

Status područja	Područje	Površina (ha)	Mogući razlozi ugroženosti	Ciljevi očuvanja	Detaljno obrađeno
Područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove - POVS (pSCI)	HR2000120 Sitnica špilja	Točkasti lokalitet	<ul style="list-style-type: none"> – onečišćenje podzemnih voda; – nepropisno odlaganje otpada. 	8310 Špilje i jame zatvorene za javnost	/
	HR2000619 Mirna i šire područje Butonige	1.463,11	<ul style="list-style-type: none"> – intenzivan razvoj poljoprivrede; – upotreba pesticida, hormona i drugih kemikalija; – onečišćenje; – kanalizacija i preusmjeravanje toka; odlagališta, – melioracije i isušivanje; – antropogeno uvjetovane promjene u hidrauličkom režimu; – promjena hidrografskih funkcija. 	<i>Vertigo angustior</i> (uskoušćani zvrčić)	+
				<i>Vertigo moulinsiana</i> (trbušasti zvrčić)	
				<i>Lycaena dispar</i> (kiseličin vatreni plavac)	
				<i>Coenonympha oedippus</i> (močvarni okaš)	
				<i>Austropotamobius pallipes</i> (bjelonogi rak)	
				<i>Barbus plebejus</i> (mren)	
				<i>Bombina variegata</i> (žuti mukač)	
				<i>Rana latastei</i> (lombardijska smeđa žaba)	
				<i>Emys orbicularis</i> (barska kornjača)	
				<i>Alburnus arborella</i> (primorska uklija)	
	HR2000637 Motovunska šuma	1.006,15	<ul style="list-style-type: none"> – infrastruktura; – lov i ribolov; – nepropisno odlaganje otpada; – antropogeno uvjetovane promjene u hidrauličkom režimu. 	6510 Nizinske košarice (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	+
				9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume <i>Carpinion betuli</i>	
				<i>Vertigo angustior</i> (uskoušćani zvrčić)	
				<i>Bombina variegata</i> (žuti mukač)	
<i>Rana latastei</i> (lombardijska smeđa žaba)					
<i>Emys orbicularis</i> (barska kornjača)					
91F0 Poplavne miješane šume <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> ili <i>Fraxinus angustifolia</i>	9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume <i>Carpinion betuli</i>	<ul style="list-style-type: none"> – infrastruktura; – lov i ribolov; – nepropisno odlaganje otpada; – antropogeno uvjetovane promjene u hidrauličkom režimu. 	<i>Myotis bechsteinii</i> (velikouhi šišmiš)	+	
			<i>Myotis bechsteinii</i> (velikouhi šišmiš)		
			91F0 Poplavne miješane šume <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> ili <i>Fraxinus angustifolia</i>		

Status područja	Područje	Površina (ha)	Mogući razlozi ugroženosti	Ciljevi očuvanja	Detaljno obrađeno
Područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove - POVS (pSCI)	HR2001011 Istarske Toplice	35,12	– rekreacija.	<i>Moehringia tommasinii</i> (Tomasinijeva merinka) 8210 Karbonatne stijene s hazmofitskom vegetacijom	/
	HR2001274 Mlaka	204.60	– izostanak/napuštanje košnje i ispaše; – sukcesija; – antropogeno uvjetovane promjene u hidrauličkom režimu.	<i>Rana latastei</i> (lombardijska smeđa žaba)	+
				6510 Nizinske košarice (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	
	HR2001483 Istra - Oprtalj	5,01	– košnja; – napuštanje / izostanak ispaše; – kultivacija, uključujući povećanje poljoprivrednih površina; – pošumljavanje.	<i>Himantoglossum adriaticum</i> (jadranska kozonoška)	/



U nastavku su prikazane značajke ciljeva očuvanja i područja ekološke mreže HR2000619 Mirna i šire područje Butonige, HR2000637 Motovunska šuma i HR2001274 Mlaka.

HR2000637 Motovunska šuma							
Kvaliteta i važnost područja:		<ul style="list-style-type: none"> - smatra se najznačajnijim područjem za očuvanje vrste <i>Rana latastei</i> u Hrvatskoj, a kako se nalazi na jugoistočnoj granici područja rasprostranjenosti vrste, važno je za zaštitu cjelokupnog areala - važno područje za vrstu <i>Emys orbicularis</i> - važno područje za vrstu <i>Bombina variegata</i> - važno područje za vrstu <i>Vertigo angustior</i> - važno područje za stanište 9160, <i>As Carpino betuli-Quercetum roboris</i> - važno područje za stanište 91F0, <i>As Carici pendulae-Fraxinetum angustifoliae</i> - reliktna šuma prisutna samo u dolini Mirne - važno područje hranjenja i prebivališta za vrstu <i>Myotis bechsteinii</i> 					
Ciljna vrsta	Tip (prisutnost) populacije	Veličina populacije/ Brojnost populacije	Kvaliteta podataka	Populacija	Očuvanost	Izoliranost	Globalno
<i>Bombina variegata</i> (žuti mukač)	stalna	- / rijetka	podaci nedovoljni	C (2% ≥ p > 0%)	B (dobra)	C (populacija nije izolirana unutar šireg područja raširenosti)	A (izvanredna vrijednost)
<i>Emys orbicularis</i> (barska kornjača)	stalna	- / česta	podaci nedovoljni	C (2% ≥ p > 0%)	C (prosječna/smanjena)	C (populacija nije izolirana unutar šireg područja raširenosti)	B (dobra vrijednost)
<i>Myotis bechsteinii</i> (velikouhi šišmiš)	stalna	- / rijetka	podaci nedovoljni	C (2% ≥ p > 0%)	B (dobra)	C (populacija nije izolirana unutar šireg područja raširenosti)	B (dobra vrijednost)
<i>Rana latastei</i> (lombardijska smeđa žaba)	stalna	10.000 -12.000 jed. / -	srednja	A (100% ≥ p > 15%)	B (dobra)	C (populacija nije izolirana unutar šireg područja raširenosti)	A (izvanredna vrijednost)
Ciljna vrsta	Tip (prisutnost) populacije	Veličina populacije/ Brojnost populacije	Kvaliteta podataka	Populacija	Očuvanost	Izoliranost	Globalno



<i>Vertigo angustior</i> (uskoušćani zvrčić)	stalna	- / vrlo rijetka	podaci nedovoljni	B (15% ≥ p > 2%)	C (prosječna/smanjena)	A (populacija (skoro) izolirana)	B (dobra vrijednost)
Ciljno stanište		Pokrivenost (ha)	Zastupljenost	Kvaliteta podataka	Relativna površina	Očuvanost	Globalno
91F0 Poplavne miješane šume <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> ili <i>Fraxinus angustifolia</i>		224	B (dobra)	dobra	C (2% ≥ p > 0%)	B (dobra)	B (dobra vrijednost)
9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume <i>Carpinion betuli</i>		454	B (dobra)	dobra	C (2% ≥ p > 0%)	B (dobra)	B (dobra vrijednost)

HR2000619 Mirna i šire područje Butonige

Kvaliteta i važnost područja:

- jedno od 6 Natura 2000 područja važnih za vrstu *Coenonympha oedippus* - unutar područja nalaze se 2 od samo 8 poznatih lokaliteta na kojima je vrsta zabilježena
- područje predstavlja jedno od samo dva lokaliteta vrste *Lycaena dispar* u mediteranskoj biogeografskoj regiji Hrvatske
- unutar područja zabilježene su dvije vrste roda *Vertigo* - za vrstu *V. moulinsiana* predstavlja jedno od rijetkih područja u Hrvatskoj gdje je vrsta recentno zabilježena (vrsta je mala, rijetka i teško uočljiva na terenu)
- s obzirom da su populacije u Istri većinom pod antropogenim utjecajem, ovo područje, s velikom populacijom vrste *A.pallipes*, smatra se važnim za očuvanje istarske populacije navedene vrste
- područje se nalazi na jugoistočnoj granici područja rasprostranjenosti vrste *Rana latastei* te je stoga važno za očuvanje cjelokupnog areala i jedno od najvažnijih područja u Hrvatskoj za navedenu vrstu
- važno područje za vrstu *Emys orbicularis*
- važno područje za vrstu *Bombina variegata*
- važno područje za stanište 9160, *As Carpinio betuli-Quercetum roboris*
- jedno od tri važna područja za vrstu *Alburnus arborella* (syn. *A. albidus*) u Hrvatskoj
- važno područje za vrstu *Barbus plebejus*, jedno od tri područja s najvećom populacijom navedene vrste u Hrvatskoj

Ciljna vrsta	Tip (prisutnost) populacije	Veličina populacije/ Brojnost populacije	Kvaliteta podataka	Populacija	Očuvanost	Izoliranost	Globalno
<i>Alburnus arborella</i> (primorska uklija)	stalna	- / rijetka	podaci nedovoljni	A (100% ≥ p > 15%)	C (prosječna/smanjena)	A (populacija (skoro) izolirana)	B (dobra vrijednost)
<i>Austropotamobius pallipes</i> (bjelonogi rak)	stalna	- / česta	podaci nedovoljni	C (2% ≥ p > 0%)	B (dobra)	A (populacija (skoro) izolirana)	A (izvanredna vrijednost)
<i>Barbus plebejus</i> (mren)	stalna	- / česta	podaci nedovoljni	A (100% ≥ p > 15%)	C (prosječna/smanjena)	A (populacija (skoro) izolirana)	B (dobra vrijednost)
<i>Bombina variegata</i> (žuti mukač)	stalna	- / rijetka	podaci nedovoljni	C (2% ≥ p > 0%)	B (dobra)	C (populacija nije izolirana unutar šireg područja raširenosti)	A (izvanredna vrijednost)
<i>Coenonympha oedippus</i> (močvarni okaš)	stalna	oko 160 jedinki / -	dobra	A (100% ≥ p > 15%)	B (dobra)	A (populacija (skoro) izolirana)	A (izvanredna vrijednost)
<i>Emys orbicularis</i> (barska kornjača)	stalna	- / česta	podaci nedovoljni	C (2% ≥ p > 0%)	C (prosječna/smanjena)	C (populacija nije izolirana unutar šireg područja raširenosti)	B (dobra vrijednost)
<i>Lycaena dispar</i> (kiseličin vatreni plavac)	stalna	- / prisutna	podaci nedovoljni	C (2% ≥ p > 0%)	C (prosječna/smanjena)	A (populacija (skoro) izolirana)	B (dobra vrijednost)
<i>Rana latastei</i> (lombardijska smeđa žaba)	stalna	3.500 - 5.000 jed. / -	srednja	A (100% ≥ p > 15%)	B (dobra)	C (populacija nije izolirana unutar šireg područja raširenosti)	A (izvanredna vrijednost)



Ciljna vrsta	Tip (prisutnost) populacije	Veličina populacije/ Brojnost populacije	Kvaliteta podataka	Populacija	Očuvanost	Izoliranost	Globalno
<i>Vertigo angustior</i> (uskoušćani zvrčić)	stalna	- / rijetka	podaci nedovoljni	B (15% ≥ p > 2%)	C (prosječna/smanjena)	A (populacija (skoro) izolirana)	B (dobra vrijednost)
<i>Vertigo moulinsiana</i> (trbušasti zvrčić)	stalna	- / vrlo rijetka	podaci nedovoljni	B (15% ≥ p > 2%)	C (prosječna/smanjena)	A (populacija (skoro) izolirana)	A (izvanredna vrijednost)
Ciljno stanište		Pokrivenost (ha)	Zastupljenost	Kvaliteta podataka	Relativna površina	Očuvanost	Globalno
6510 Nizinske košanice (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)		50	B (dobra)	loša	C (2% ≥ p > 0%)	B (dobra)	B (dobra vrijednost)
9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume <i>Carpinion betuli</i>		295	B (dobra)	dobra	C (2% ≥ p > 0%)	B (dobra)	B (dobra vrijednost)

HR2001274 Mlaka

Kvaliteta i važnost područja:		- smatra se da područje podržava značajan broj jedinki vrste <i>Rana latastei</i> ; jedno je od 7 poznatih nalazišta ove vrste u Hrvatskoj					
Ciljna vrsta	Tip (prisutnost) populacije	Veličina populacije/ Brojnost populacije	Kvaliteta podataka	Populacija	Očuvanost	Izoliranost	Globalno
<i>Rana latastei</i> (lombardijska smeđa žaba)	stalna	300 - 1.000 jedinki	srednja	B (15% ≥ p > 2%)	B (dobra)	C (populacija nije izolirana unutar šireg područja raširenosti)	B (dobra vrijednost)
Ciljno stanište		Pokrivenost (ha)	Zastupljenost	Kvaliteta podataka	Relativna površina	Očuvanost	Globalno
6510 Nizinske košanice (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)		4	B (dobra)	loša	C (2% ≥ p > 0%)	B (dobra)	B (dobra vrijednost)

4.2.2.1 Trenutno stanje populacija i povezanost sa staništem

CILJNE VRSTE EKOLOŠKE MREŽE NATURA 2000 - Trenutno stanje populacija

Cilj očuvanja	Područje N2K	Rasprostranjenost	Gustoća populacija	Razlozi ugroženosti
<i>Alburnus arborella</i> (primorska uklija)	HR2000619	Istra i rijeka Zrmanja	Na državnom nivou - vrlo rijetka vrsta (V). Rijeka Mirna - rijetka vrsta (V), 15-30% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou. Jezero Butoniga - vrlo rijetka vrsta (R), >2% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou.	Mirna - populacija ugrožena uslijed kanaliziranja, pretjeranog korištenja vode i sve većeg onečišćenja. Butoniga - populacija snažno ugrožena zbog prisutnosti predatorskih vrsta iz dunavskog sliva i izoliranosti.
<i>Austropotamobius pallipes</i> (bjelonogi rak)	HR2000619	U Hrvatskoj dolazi samo u rijekama jadranskog sliva.	Populacija na području Mirne i šireg područja Butonige (HR 2000619) iznosi < 2% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou.	Ponajprije regulacija vodenih tokova (uređivanje obala, kanaliziranje, obzidavanje obala), velikim količinama otpadnih tvari u vodenim ekosustavima i prekomjernim nekontroliranim izlovom. Osim toga ugrožavaju je i invazivne alohtone vrste rakova, vektori širenja račje kuge.
<i>Barbus plebejus</i> (mren)	HR2000619	Jadranski sliv, rijeke Mirna, Dragonja, Fojba i Raša.	Na državnoj razini - rijetka vrsta (R). Mirna - česta vrsta (C), 15-30% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou.	Malen areal, nestanak staništa, organsko i anorgansko onečišćenje voda, pretjeran izlov. Na području Mirne, populacija jako ugrožena zbog uređenja i kanaliziranja vodotoka te sve intenzivnijeg onečišćenja.

Cilj očuvanja	Područje N2K	Rasprostranjenost	Gustoća populacija	Razlozi ugroženosti
<i>Bombina variegata</i> (žuti mukač)	HR2000619, HR2000637	Naseljava gotovo cijelo područje Hrvatske, s izuzetkom otoka i krajnjeg sjeveroistočnog dijela koji obuhvaća Podravinu i Baranju.	Populacija Motovunske šume (HR2000637), kao i populacija Mirne i šireg područja Butonige (HR 2000619), iznosi < 2% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou.	Glavni razlog ugroženosti predstavlja nestanak pogodnih vodenih tijela za razmnožavanje zbog: <ul style="list-style-type: none"> - promjene vodnog režima i isušivanje odnosno odvođenje vode (ovakve promjene onemogućile bi punjenje sezonskih lokvi te održavanje vlažnima mjesta za hibernaciju i estivaciju); - neodržavane lokve prirodno zarastaju zbog sukcesije, intenziviranjem poljoprivrede dio lokvi se namjerno uništava zatrpavanjem; - korištenje pesticida i gnojiva u blizini mrijestilišta; - sječa šuma (utječe na promjenu mikroklima lokvi).
<i>Coenonympha oedippus</i> (močvarni okaš)	HR2000619	U Hrvatskoj je nađena samo na vlažnim livadama na šest lokaliteta u sjevernoj Istri - uz Buzet, uz potok Bračanu te sjevernije uz Marušiće, Jugovce, Čepić i Šorge.	Populacija Mirne i šireg područja Butonige (HR 2000619) broji oko 160 jedinki, odnosno iznosi 15 - 100% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou.	Promjene u načinu korištenja zemljišta - napuštanje košnje i ispaše, relativno ograničen areal.
<i>Emys orbicularis</i> (barska kornjača)	HR2000619, HR2000637	U kontinentalnom dijelu Hrvatske (Panonska nizina) rasprostranjena je hibridna populacija <i>E. orbicularis x hellenica</i> , a u primorju <i>E. orbicularis hellenica</i> koju nalazimo i na otocima Cresu, Krku, Plavniku, Rabu, Pagu, Kornatu i Mljetu.	Populacija Motovunske šume (HR2000637) kao i populacija Mirne i šireg područja Butonige (HR 2000619), iznosi < 2% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou.	Ugrožavaju je onečišćenje voda, melioracija i drugi oblici promjene močvarnih staništa, zarastanje bara i lokvi, kanaliziranje tokova rijeka i druge promjene prirodnog i doprirodnog stanja vodotoka.
<i>Lycaena dispar</i> (kiseličin vatreni plavac)	HR2000619	Kontinentalni dio, između Save i Drave, iako postoje podaci i o nalazima na području Banovine, Korduna, Gorskog kotara, Istre.	Populacija Mirne i šireg područja Butonige (HR 2000619) iznosi < 2% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou.	Devastacija i nestanak prirodnih staništa uzrokovan graditeljskim i melioracijskim zahvatima, gnojidbom travnjaka i intenzivnim poljodjelskim zahvatima.

Cilj očuvanja	Područje N2K	Rasprostranjenost	Gustoća populacija	Razlozi ugroženosti
<i>Myotis bechsteinii</i> (velikouhi šišmiš)	HR2000637	Postoje nalazi iz svih regija dok ne postoje nalazi s otoka. Broj poznatih porodiljnih kolonija: 5; broj poznatih zimovališta: 4.	Nije moguće procijeniti veličinu populacije ove vrste u Hrvatskoj.	Nestanak starih listopadnih šuma, prometnice - slobodno prelazi otvorene prostore leteći nisko što ga čini osobito izloženim opasnostima.
<i>Rana latastei</i> (lombardijska smeđa žaba)	HR2000619, HR2000637, HR2001274	U Hrvatskoj ovu vrstu nalazimo samo na području središnje i sjeverne Istre, a najveći dio te populacije naseljava Motovunsku šumu i doline rijeke Mirne i njenih desnih pritoka (Čepić, Zrin, Sluznica).	Populacija Motovunske šume (HR2000637) broji 10.000 - 12.000 jedinki, populacija Mirne i šireg područja Butonige (HR 2000619) broji 3.500 - 5.000 jedinki, a populacija na području Mlake (HR2001274) broji 300 - 1.000 jedinki. Oko 60 - 80% jedinki pripada populacijama na području Motovunskih šuma (doline rijeka Mirne i Butonige), dok 2-15% pripada populaciji na području Mlake.	Nestanak, fragmentacija i degradacija staništa - krčenje šuma za poljoprivredne površine, urbanizaciju (razvoj naselja, infrastrukture - ceste, dalekovodi i sl.) i ostale namjene, regulacija i kanaliziranje vodenih tokova, čišćenje i sječa vegetacije na rubovima vodenih tokova, upotreba kemikalija u poljoprivredi te otpadne vode domaćinstava i industrije.
<i>Vertigo angustior</i> (uskoušćani zvrčić)	HR2000619, HR2000637	Na temelju dostupnih podataka ne može se procijeniti rasprostranjenost vrste na području Hrvatske. Dosad je zabilježena na području Istre i Kvarnera te na nekoliko izoliranih lokaliteta u dolini Zrmanje, u Pokuplju te na otoku Cresu.	Populacija Motovunske šume (HR2000637). kao populacija Mirne i šireg područja Butonige (HR 2000619), iznosi 2 - 15% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou.	„Uređivanje“ vodotoka i njihovih obala (betoniranje i popločavanje obala, regulacija tokova), izgradnja prometnica, uništavanje prirodnih travnjaka sijanjem kupovnih smjesa neautohtonih sjemena trava i „engleskih“ travnjaka na mjestu prirodnih livada; zapuštanje košnje i tradicionalnog stočarstva što dovodi do zaraštavanja travnjaka; primjena pesticida.
<i>Vertigo moulinsiana</i> (trbušasti zvrčić)	HR2000619	Na temelju dostupnih podataka ne može se procijeniti rasprostranjenost vrste na području Hrvatske. Dosad je zabilježena na području Istre. Sva dosad poznata nalazišta nalaze se u Istri, od kojih se najviše izdvaja ono na području Budave.	Prema sadašnjim spoznajama nemoguće je znati veličinu populacije na državnom nivou, a niti veličinu populacije na odabranim područjima. Populacija Mirne i šireg područja Butonige (HR 2000619) procijenjena je na 2 - 15% u odnosu na veličinu populacije na državnom nivou.	„Uređivanje“ vodotoka i njihovih obala (betoniranje i popločavanje obala, regulacija tokova), izgradnja prometnica, uništavanje prirodnih travnjaka sijanjem kupovnih smjesa neautohtonih sjemena trava i „engleskih“ travnjaka na mjestu prirodnih livada; zapuštanje košnje i tradicionalnog stočarstva što dovodi do zaraštavanja travnjaka; primjena pesticida.

CILJNE VRSTE EKOLOŠKE MREŽE NATURA 2000 - Životni uvjeti i povezanost sa staništem

Cilj očuvanja	Područje N2K	Stanište	Optimalni ekološki uvjeti	Ekstremni ekološki uvjeti	Prehrana	Uvjeti razmnožavanja	Povezanost s ostalim vrstama
<i>Alburnus arborella</i> , syn. <i>Alburnus albidus</i> (primorska uklija)	HR2000619	Slatkovodna vrsta, boravi u stajacim i sporo tekućim vodama, potocima, rijekama i jezerima Najčešće se zadržava u površinskom sloju, tvoreći veća jata.	Temperatura vode 12-28°C, pH 6,8 - 7,8.		Mlađ se hrani zooplanktonom. Odrasle jedinke hrane se različitim manjim beskralješnjacima, ličinkama kukaca i odraslim kukcima, koje pronalaze na površini vode.	Mrijeste se od početka lipnja do kolovoza, u plitkoj vodi s pjeskovitim ili šljunkovitim dnom. Jaja odlažu na vodenu vegetaciju.	
<i>Austropotamobius pallipes</i> (bjelonogi rak)	HR2000619	Žive u jezerima i rijekama na pjeskovitom i kamenom dnu, uzduž obale gdje je struja vode sporija i gdje je razvijena vodena vegetacija.	Preporučena pufer zona vegetacije uz vodotok bi bila oko 2 m.	Ova je vrsta relativno otporna na lošiju fizikalno-kemijsku kvalitetu vode i dobro podnosi veće oscilacije kisika i temperature, uz uvjet da je tvrdoća vode visoka, da ne postoje veća onečišćenja vode i da dno nije muljevito.	Hrane se vodenom i poluvodenom vegetacijom, beskralješnjacima bentosa i detritusom, odnosno svejedi su.	Sezona parenja je u listopadu. Juvenilni rakovi se izliježu od kasnog ožujka do kraja svibnja.	
<i>Barbus plebejus</i> (mren)	HR2000619	Nastanjuje brže tekuće vode i nizinske zone rijeka, bogate kisikom.			Svežder, premda se pretežno hrani beskralješnjacima, najviše račićima, ličinkama kukaca, maločetinašima te ličinkama riba.	Mrijeste se od svibnja do lipnja, u velikim jatima. Skupljaju se na srednje dubokim šljunkovitim ili pješčanim dnima, gdje ženke odlažu 6 000-7 000 žućkastih jajašaca koja se prilijepe na kamenje.	

Cilj očuvanja	Područje N2K	Stanište	Optimalni ekološki uvjeti	Ekstremni ekološki uvjeti	Prehrana	Uvjeti razmnožavanja	Povezanost s ostalim vrstama
<i>Bombina variegata</i> (žuti mukač)	HR2000619, HR2000637	Vrstu nalazimo u visinskom pojasu između 100 - 2100 m, u crnogoričnim šumama na višim te u listopadnim i mješovitim šumama na nižim nadmorskim visinama. Osim šumskih staništa, vrsta naseljava poplavne ravnice i travnjake.		Mogu podnijeti manja onečišćenja.	Ličinke su biljojedi koji se hrane algama i vodenim biljem. Mlade i odrasle jedinke se prehranjuju puževima, stonogama, ličinkama kukaca i kukcima.	Tipična staništa za razmnožavanje su razni tipovi vodenih staništa u blizini šuma, poput močvara, potoka te osunčanih plitkih lokvi, bez vegetacije koje s vremena na vrijeme mogu presušiti. Ženka može položiti oko 100 jaja, najčešće među vodenu vegetaciju, ali i slobodno na dno.	Koža odraslih luči otrovne tvari pa nisu jestivi drugim vrstama.
<i>Coenonympha oedippus</i> (močvarni okaš)	HR2000619	Važne livade modre beskoljenke (<i>Molinietum</i>) .	Zajednice beskoljenke koje su karakteristično stanište močvarnog okaša u Istri zahtijevaju povišenu razinu podzemne vode.		Gusjenice se hrane <i>Molinia caerulea</i> , <i>Carex fl avas. lat. x hostiana</i> , <i>C. hostiana</i> , <i>C. panicea</i> , i <i>C. davalliana</i>	U srpnju ženka pojedinačno polaže zelenkasta jajašca na različite vrste trava roda <i>Molinia</i> , <i>Poa</i> , <i>Lolium</i> , šaševe roda <i>Carex</i> i <i>Schoenus</i> i dr. Močvarni okaš ima jednu generaciju godišnje čija se imaga ovisno o sezoni pojavljuju krajem svibnja ili početkom lipnja.	Vrsta je vezana uz ovipozicijske biljke - šaševe (<i>Carex</i>) i trave iz rodova <i>Molinia</i> , <i>Lolium</i> i <i>Poa</i> .

Cilj očuvanja	Područje NŽK	Stanište	Optimalni ekološki uvjeti	Ekstremni ekološki uvjeti	Prehrana	Uvjeti razmnožavanja	Povezanost s ostalim vrstama
<i>Emys orbicularis</i> (barska kornjača)	HR2000619, HR2000637	Naseljava vodena staništa s dovoljno dostupne hrane i gustom vegetacijom (npr. sunčane lokve, jezera, mrtvaje, bare, tresetišta, močvare, močvarne i poplavne šume, bočate vode, nizinske tekućice, potoke, jarke i kanale.	Idealno stanište za barsku kornjaču treba biti premreženo nizom vodenih staništa različite veličine, dubine i strukture koji omogućuju jedinkama migraciju među različitim lokvama/ kanalima/ jarcima.		Vrsta je omnivorna, mlade jedinke se uglavnom hrane glistama i ličinkama kukaca te rjeđe vodenim biljem.	Gnijezde se tijekom lipnja i srpnja, a jaja polažu na kopnu, zakopavajući ih uglavnom u blizini vode.	
<i>Lycaena dispar</i> (kiseličin vatreni plavac)	HR2000619	C.2.; nizinske vlažne livade i močvarni rubovi rijeka, potoka i jezera, kao i niži dijelovi gorskih dolina; rasprostranjen je od 0-1.000 m nadmorske visine.	Prezimlje u stadiju gusjenice u drugom razvojnom stadiju u bazi listova biljke hraniteljica.		biljke hraniteljice su vrste iz roda kiselica <i>Rumex</i> spp. (<i>R. hydrolapathum</i> , <i>R. crispus</i> , <i>R. aquaticus</i>);	Ovopozicijske biljke su vrste iz roda kiselica <i>Rumex</i> spp. (<i>R. hydrolapathum</i> , <i>R. crispus</i> , <i>R. aquaticus</i>);	Biljke hraniteljice i ovopozicijske biljke su vrste iz roda kiselica <i>Rumex</i> spp. (<i>R. hydrolapathum</i> , <i>R. crispus</i> , <i>R. aquaticus</i>); Postoji određena povezanost mravima iz roda <i>Lasius</i> i <i>Myrmica</i> .
<i>Myotis bechsteinii</i> (velikouhi šišmiš)	HR2000637	Listopadne šume bukve i hrasta s velikim udjelom starih stabala; povremeno antropogena staništa (npr. voćnjaci) te pojedinačni nalazi u hrastovim i bukovim šumama mediteranske i kontinentalne regije . Porodiljna skloništa u dupljama drveća, povremeno tavanima kuća i crkava, a zimska skloništa u podzemnim objektima te moguće u dupljama drveća.	Preferiraju stare šume s hrastom s velikim brojem napuštenih duplji djetlića koje koriste kao prebivalište u proljeće i ljeto.		Uz noćne leptire i druge leteće šumske vrste kukaca, u prehrani važan udio imaju kukci koji ne lete.	Na parenje u pozdemnim objektima dolaze jedinke iz različitih populacija te se na taj način povećava protok gena.	

Cilj očuvanja	Područje N2K	Stanište	Optimalni ekološki uvjeti	Ekstremni ekološki uvjeti	Prehrana	Uvjeti razmnožavanja	Povezanost s ostalim vrstama
<i>Rana latastei</i> (lombardijska smeđa žaba)	HR2000619, HR2000637, HR2001274	Vlažne listopadne šume s bogatom vegetacijom i visokim nivoom podzemnih voda (poplavne nizine rijeka). Odrasle preferiraju sjenovita šumska područja s dobro razvijenim pridnenim slojem vegetacije i konstantno vlažnim uvjetima. Tijekom zime povlače se u podzemlje i miruju (zimski san) ispod debelog sloja lišća i zemlje.	Preferira bistre vode, rijetko nastanjuje područja iznad 300 m n.m.		Hrani se uglavnom manjim kukcima, ali i ostalim beskralješnjacima poput puževa, stonoga, grinja, pauka itd.	Za mrjestilište biraju Sporo protočna ili gotovo mirna vodena tijela te sporije dijelove meandrirajućih potoka i rječica. Za polaganje jaja, bira zasjenjenija mjesta kao mrjestilišta. Parenje započinje već krajem veljače a može potrajati i do kraja ožujka.	
<i>Vertigo angustior</i> (uskouščani zvrčić)	HR2000619, HR2000637	Vlažna područja, bilo livade, bilo šikare ili poplavne šume, a dolazi i na suhim livadama.	Pojavljuje se na mjestima prijelaza slatke vode u slanuše.		Najvjerojatnije se hrani mikro gljivama prisutnim na uginulim i raspadajućim biljkama.	Razmnožavaju se u kasno ljeto.	
<i>Vertigo moulinsiana</i> (trbušasti zvrčić)	HR2000619	Prema literaturnim podacima vrsta je vezana za vlažna područja vapnenačkih podloga, te su time obuhvaćene močvare, ušća i obale potoka, rijeka i jezera . U Hrvatskoj je dosad nađena na području Istre (iz naplavina Mirne kod Motovuna, a što ukazuje da obitava negdje uzvodnije)	Razina vode > +0,25 m. Promjena razine vode od 0 do +0,6 m. Razina vode vrlo je rijetko ispod razine tla.	Min. razina vode ljeti - 0,5 m i zimi -0,4 m. Razina vode < 0 m. Promjena razine vode od -0,4 do +0 m. Površinsko plavljenje je rijetko.	Prema dostupnoj literaturi, hrani se gljivicama, sitnim algama i vjerojatno bakterijama s raspadajućih vaskularnih biljaka.		Obitava na velikom broju biljnih vrsta, no najčešće se može naći na visokim jednosupnicama poput vrsta <i>Glyceria maxima</i> , <i>Carex riparia</i> , <i>C. acutiformis</i> , <i>C. paniculata</i> , <i>C. elata</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>T. angustifolia</i> , <i>Sparganium erectum</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> te <i>Juncus</i> sp.

4.2.2.2 Lombardijska žaba (*Rana latastei*)

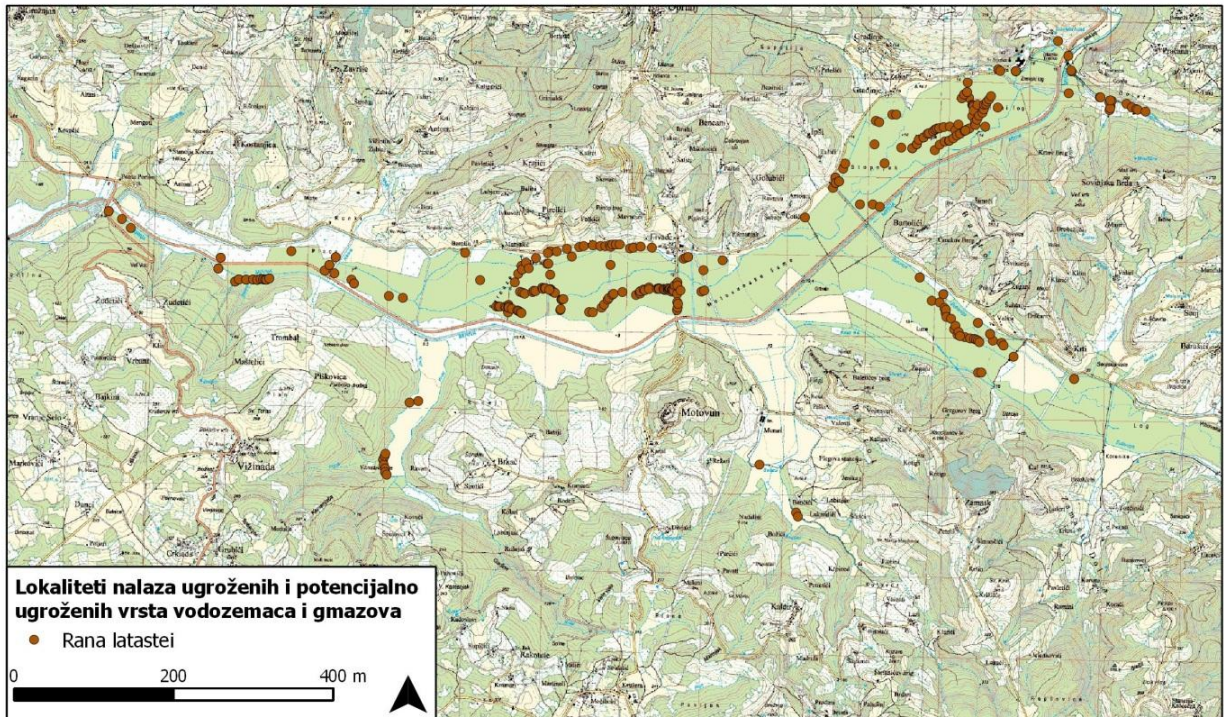
Mnogi autori smatraju da je lombardijska žaba (*R. latastei*) danas jedna od najugroženijih vrsta vodozemaca u Europi (Corbett 1989, Gasc i sur. 1997) te je zbog važnosti lokaliteta Motovunske šume za očuvanje ove europski ugrožene vrste analiza stanišnih uvjeta ove vrste posebno izdvojena. Iako se granice areala nisu značajno promijenile, zbog negativnog ljudskog utjecaja nestala je većina staništa ove vrste, dok je preostali dio izoliran i većinom vrlo fragmentiran. Rasprostranjenost vrste *Rane latastei* u Hrvatskoj ograničena je na središnju i sjevernu Istru. Ovi lokaliteti se nalaze na rubnom dijelu areala te u skupini populacija s većom genetskom raznolikošću, što naglašava iznimnu globalnu vrijednost hrvatskih populacija lombardijske žabe u očuvanju biološke raznolikosti na području areala. Zbog toga u nastavku prenosimo sažetak rezultata istraživanja i monitoringa stanja populacije Lombardijske žabe (*Rana latastei*) (Kuljerić 2009):

Područja dolina rijeka Mirne, Butonige i Bračane (potencijalna rasprostranjenost) te njihovih pritoka tvore prirodnu cjelinu za koju je tipično stanište šuma. Izgradnjom nove ceste prema Buzetu i kanala Mirna stanište je podijeljeno na dva dijela:

- 1. središnja dolina Mirne (Motovunska šuma) sa sjevernim pritocima i obroncima,*
- 2. manji južni pritoci Mirne, Butoniga i pritoci (sa pripadajućim dolinama i okolnim brdima).*

Na njih se nastavlja tok Mirne prema Buzetu - sjeverna strana je vjerojatno spojena s prvim dijelom, dok se južna strana nastavlja na drugi dio. Ta dva dijela dodatno sufragmentirana prometnicama, nepovoljnim staništima (poljoprivredne površine, urbane površine, akumulacija Butoniga i dr.) te kanalima.

*Procjenjuje se da populacija na području Hrvatske broji minimalno 24.000 jedinki, koje su podjeljene u 6 - 9 populacija te čak oko 80% jedinki pripada subpopulacijama na području Motovunskih šuma (doline rijeka Mirne i Butonige). Područje Motovunske šume, osim što je najveće stanište ove vrste u Hrvatskoj, ujedno je i najpovoljnije stanište za vrstu *R. latastei* na području Hrvatske.*



Slika 228. Zabilježeni nalazi za lombardijsku žabu (*Rana latastei*)

U dolini Mirne (šire područje Motovunske šume) zabilježeno je 80 aktivnih mrijestilišta s ukupno 4.308 mrijestova. Od ukupnog broja poznatih mrijestilišta njih najmanje 30 nije bilo aktivno, većinom zbog premale količine ili potpunog nedostatka vode.

Prema odnosu količine padalina u doba mriještenja te broju dostupnih/aktivnih mrijestilišta procijenjeno je da je na području istraživanja poremećen vodni režim (Kuljerić 2009.). Primjetno je da su mnoga mrijestilišta bez vode ili pak, s druge strane, da je prevelika bujica vode u doba polaganja jaja. Iz tog razloga količina i kvaliteta dostupnih mrijestilišta pojedine godine zna prilično varirati.

Prema Kuljerić (2009.) do degradacije kvalitete mrijestilišta i kopnenog staništa dolazi zbog poremećenog vodnog režima, koji k tome uzrokuje mijenjanje mikroklimne staništa, a što može imati utjecaj na aktivnost i prehranu jedinki. K tome, kao jedan od faktora ugroženosti populacije navode se ceste (fragmentacija staništa i stradavanje), čišćenje i siječa u puferskom pojasu vodotoka i utjecaj kemikalija.

Procijenjeno je da su pojedini dijelovi vlažih staništa odlično očuvani, međutim da je šuma kao cjelina u degradiranom stanju, prvenstveno zbog promjene vodnog režima te zbog fragmentacije (vodenih) staništa. K tome, prema Kuljerić (2009.) potrebno je što prije reagirati jer je vrlo realna opasnost odumiranja šume, odnosno daljnje degradacije staništa, čime bi se također smanjila ocjena očuvanosti. Promijenjeni vodni režim na području Motovunske šume je u sklopu analize pogodnosti staništa za lombardijsku žabu ocjenjen kao visok i negativan utjecaj na ovo područje. Pritom Kuljerić (2009.) pretpostavlja da je promjenom hidrografske mreže i količine vode koja protječe u obje doline došlo do sušenja tla u nizinskom području lokaliteta. U takvim uvjetima dolazi i do isušivanja šumskog pokrova te postepenog propadanja



šume. Time se mijenjaju i mikroklimatski uvjeti u prizemnom sloju vegetacije koji su izuzetno bitni za odvijanje životnog ciklusa vrste *R. latastei* te opada broj i kvaliteta mrijestilišta.

4.2.2.3 Analiza dostatnosti podataka o rijetkim i ugroženim vrstama na području Motovunske šume

Na širem području Mirne i Motovunske šume do sada su provedena sustavna istraživanja za potrebe proglašenja Natura 2000 područja (od 2006. do 2012. godine). Navedenim istraživanjima obuhvaćeni su vodozemci i gmazovi na samom području Motovunske šume te okolnim staništima pogodnim za ciljne vrste - lombardijsku žabu (*Rana latastei*) i žutog mukača (*Bombina variegata*) (Butoniga, Mlaka, Vižinadska val i Murari). Nadalje, na širem području Motovunske šume istraživani su leptiri - močvarni okaš (*Coenonympha oedippus*) i kiseličin vatreni plavac (*Lycaena dispar*) te kopneni puževi - uskoušćani zvrčić (*Vertigo angustior*) i trbušasti vrčić (*V. moulinsiana*). Također u sklopu priprema za proglašenje Natura 2000 područja istraživane su ribe na području rijeke Mirne, kao i bjelonogi riječni rak (*Austropotamobius pallipes*). K tome, bjelonogi riječni rak je detaljno istražen i na području vodotoka Bračana. U sklopu redovne terenske nastave koju obavlja Prirodoslovni fakultet u Zagrebu redovito su se prikupljali podaci na manjem području Istarskih toplica o flori i fauni kralješnjaka. Dio podataka o zabilježenoj flori je zabilježen u Flora Croatica Database, dok podaci o fauni uglavnom nisu bili objavljeni kao skupna izvješća nađenih vrsta. Također, kako se radi o terenskoj nastavi područje nije sustavno istraživano i ne pokriva cijelo područje Motovunske šume.

Tijekom 2014. godine, u sklopu NIP-fauna projekta, na području Motovunske šume su prikupljeni podaci o pticama gnjezdavicama. Istraživanje je obuhvatilo područje 1. kazete, dok područje 3. kazete nije istraživano. Zbog starosti šume u ovom području bi se mogle očekivati sove i čukovi te bi trebalo potvrditi važnost ove šume i ostavljanja sušaca za njihovo gnježđenje.

Za mnoge ugrožene i potencijalno ugrožene vrste, pogotovo za skupinu beskralješnjaka, ne postoji dovoljno podataka o njihovoj rasprostranjenosti na području Motovunske šume, kao specifičnog staništa na ovom području. Prvenstveno bi istraživanja trebala koncentrirati na vrste koje su vezane uz slatkovodna staništa, tj. na rijetke i ugrožene vrste vretenaca i rakova te na istraživanje vrsta vezanih za stare šume (npr. noćni leptiri i kornjaši).

Za područja ekološke mreže HR2000637 Motovunska šuma, HR2000619 Mirna i šire područje Butonige i HR201274 Mlaka je navedeno da je kvaliteta podataka na temelju kojih su definirani ciljevi očuvanja ocjenjena kao „nedovoljna“ za sljedeće ciljne vrste: žuti mukač, barska kornjača, kiseličin vatreni plavac, uskoušćani zvrčić, trbušasti zvrčić, velikouhi šišmiš, primorska uklija i mrena te ciljno stanište 6510 Nizinske košanice. S obzirom na rasprostranjenost ovih vrsta i dosadašnja istraživanja, svakako bi trebalo buduća istraživanja za potrebe revitalizacije starog toka Mirne prioritzirati na velikouhog šišmiša, žutog mukača, barsku kornjaču i uskoušćanog zvrčića. U sklopu istraživanja velikouhog šišmiša predlaže se obuhvatiti istraživanjem i druge vrste šišmiša koje koriste područje Motovunske šume. S



obzirom na globalnu važnost Motovunske šume kao staništa lombardijske žabe potrebno je i dalje voditi monitoring ove vrste kako bi se utvrdilo stanje populacije.

Također je potrebno istražiti i eventualnu prisutnost populacija bjelonogog raka na području Motovunske šume.

Premda je u bazi podataka o područjima ekološke mreže Natura 2000 navedena dobra kvaliteta podataka za stanišne tipove 91F0 Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia* i stanišnom tipu 9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume *Carpinion betuli* potrebno je revidirati ove podatke jer rezultati istraživanja tijekom ovog projekta upućuju na postojanje samo stanišnog tipa 91F0 Poplavne miješane šume *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ili *Fraxinus angustifolia*.

4.2.2.4 Definiranje optimalnog stanja Natura 2000 vrsta i stanišnih tipova

Definiranje optimalnog stanja šumskih stanišnih tipova

Detaljna analiza optimalnih uvjeta šumskih stanišnih tipova na području Motovunske šume prikazana je u poglavlju 4.1.6.1 Motovunska šuma kao Natura 2000 stanišni tip.

Definiranje optimalnog stanja vrsta koje su većim dijelom vezane za šumski ekosustav

Kao što je prije naglašeno, vegetacijski sastav Motovunske šume treba usmjeriti na način da se osiguraju povoljni stanišni uvjeti za rijetke i ugrožene vrste koje ovise o ovom ekosustavu, a prvenstveno za ciljne vrste područja ekološke mreže HR2000637 Motovunska šuma koje su većim dijelom svog životnog ciklusa vezane za šumski ekosustav: lombardijsku žabu (*Rana latastei*), žutog mukača (*Bombina variegata*), velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*) i uskoušćanog zvrčića (*Vertigo angustior*).

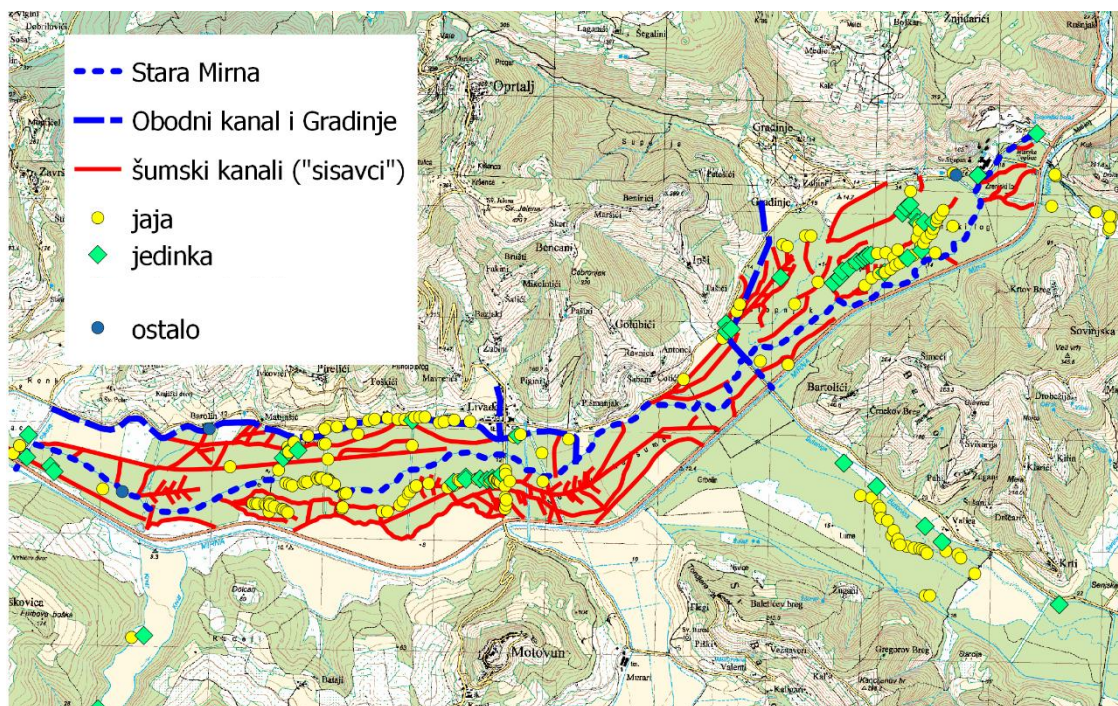
Vlažne i poplavne šume predstavljaju vrlo pogodno hranilište i prebivalište za velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*), ali i druge rijetke i ugrožene vrste šišmiša. Za očuvanje velikouhog šišmiša potrebno je stoga očuvati šume s velikim udjelom starih stabala te osigurati dovoljno suhih stabala s dupljama u drveću u kojima velikouhi šišmiš tvori porodiljne kolonije. Premda je stvaranje povoljnih stanišnih uvjeta za velikouhog šišmiša više vezano za primjenu prikladnih šumarskih radova, osiguravanjem povoljne količine vode za najstarije šumske sastojine ispunjavaju se istovremeno preduvjeti za očuvanje optimalnog staništa ove vrste.

Nadalje, područje Motovunske šume je značajno za očuvanje populacija vodozemaca, koji vodena staništa koriste za razmnožavanje i hranjenje. Globalna vrijednost Motovunske šume kao najpogodnijeg staništa lombardijske žabe (*Rana latastei*) postavlja osiguranje povoljnih stanišnih uvjeta za navedenu vrstu kao jedan od prioriteta. Kao jedan od glavnih razloga ugroženosti ove vrste ističu se promjena vodnog režima na području Motovunske šume te isušivanje i melioracija tj. odvodnja vode. Za očuvanje povoljnih stanišnih uvjeta potrebno je:

- a) osigurati odraslim jedinkama sjenovita šumska područja s dobro razvijenim pridnenim slojem vegetacije i konstantno vlažnim uvjetima, dok je
- b) za mriještenje potrebno osigurati zasjenjena, sporo protočna ili gotovo mirna vodena tijela te sporije dijelove meandrirajućih potoka i rječica, kao što su trenutno šumski kanali „sisavci“, Obodni kanal i stari tok Mirne u 1. kazeti (Slika 229.).

Kako bi se osigurala prisutnost dobro razvijenog pridnenog sloja vegetacije poplavnih šuma, potrebno je povećati vlažnost šumskog vegetacijskog tipa. No pri tome je potrebno osigurati uvjete u kojima ne dolazi do zamočvarenja, s obzirom da se time često smanjuje raznolikost prizemne vegetacije. S obzirom da lombardijska žaba koristi postojeću mrežu kanala u šumi i rubnom području, potrebno ih je i dalje održavati (pri čemu održavanje treba provoditi izvan sezone mriješta). Sezonsko plavljenje ovog područja također bi pogodovalo razvoju većeg broja vodenih staništa pogodnih za mriješt lombardijske žabe.

Kao jedan od razloga ugroženosti lombardijske žabe ističe se fragmentacija staništa povoljnih za ovu vrstu. Do fragmentacije staništa Motovunske šume i Butonige došlo je gradnjom novog, kanaliziranog toka Mirne i okolnih prometnica (npr. ceste Buzet-Portonski most), na kojima ove vrste stradavaju, a razdvajanje Motovunske šume u kazete također ima negativan utjecaj na povezanost staništa ove vrste. Uspostava starog toka Mirne rezultirala bi boljom povezanošću populacije lombardijske žabe između kazeta, ali i boljom vezom s većinom nizvodnih i uzvodnih populacija.



Slika 229. Nalazi lombardijske žabe na području Motovunske šume uglavnom su vezani za šumske kanale „sisavce“, Obodni kanal i stari tok Mirne u 1. kazeti

Stanišni uvjeti povoljni za **žitog mukača** (*Bombina variegata*), ali i ostale vodozemce, uključuju povremeno plavljenje šume te prisutnost stajaće ili sporo tekuće vode unutar šumskih staništa kao rezultat povremenog plavljenja šume, zadržavanja oborina i održavanja postojećeg kanalskog sustava.

Definiranje optimalnog stanja vrsta koje su većim dijelom vezane za vlažna staništa i rubne dijelove šumskog ekosustava

Za razliku od lombardijske žabe, koja treba zasjenjenije dijelove šume, stanišni zahtjevi nekih vrsta, poput ciljnih vrsta **žutog mukača** (*Bombina variegata*) i **barsku kornjaču** (*Emys orbicularis*), podrazumijevaju nešto osunčanije (svjetlije) dijelove poplavnih područja. Tako barska kornjača naseljava raznolika vodena staništa s dovoljno dostupne hrane i gustom prizemnom vegetacijom, a najčešće je zabilježena u rubnom području (kanalima) Motovunske šume (koja ujedno predstavlja pogodno stanište i za vodozemce).

S obzirom na zasjenjenost starog toka Mirne, može se pretpostaviti da se uspostavljanjem toka kroz stari tok rijeke Mirne ne bi stvorila (značajna) dodatna pogodna staništa za ovu vrstu. S druge strane, s obzirom na široku rasprostranjenost vrste u kanalima rubnog područja, uspostavljanjem toka kroz stari tok Mirne ne bi nastali ni nepovoljni uvjeti.

Optimalna staništa puža **uskoušćanog zvrčića** (*Vertigo angustior*) predstavljaju vlažna staništa, vlažne livade uz vodotoke i jezera te poplavne šume. S obzirom da regulacija vodotoka može imati negativan utjecaj na ovu vrstu, potrebno je spriječiti uređivanje vodotoka, a naročito betoniranje i popločavanje njihovih obala. . Prema navedenom, uspostavom protočnosti starog toka Mirne i očuvanjem postojećih prirodnih obala, što bi za posljedicu imalo povećanje vlažnosti područja Motovunske šume, postigli bi se optimalni stanišni uvjeti za uskoušćanog zvrčića.

Definiranje optimalnog stanja slatkovodnih vrsta

Osim uspostavljanja povoljnih stanišnih uvjeta za vrste koje su znatnije vezane uz (starije) poplavne šume, potrebno je također ostvariti i povoljne uvjete za slatkovodne vrste, ciljne vrste područja ekološke mreže HR2000619 Mirna i šire područje Butonige, ali i dobro stanje voda sukladno Direktivi o vodama.

Revitalizacijom poplavne šume kroz uspostavljanje protoka starim tokom Mirne stvorila bi se brojna mikrostaništa s različitom brzinom strujanja, što bi poboljšalo stanišne uvjete za ciljne vrste - **mrena** (*Barbus plebejus*), **bjelonogog raka** (*Austropotamobius pallipes*), **primorsku ukliju** (*Alburnus arborellal*) i **uskoušćanog zvrčića** (*Vertigo antustior*), ali i rijetke i ugrožene vrste riba poput koljuške (*Gasterosteus aculeatus*) i slatkovodnog glavočića (*Padogobius bonelli*). K tome, poboljšanjem stanišnih uvjeta na području starog toka Mirne, stvorili bi se preduvjeti za postizanje dobrog stanja vodnog tijela rijeke Mirne (koji bi u tom slučaju tekao starim tokom).



4.2.3 Životni uvjeti i valorizacija staništa velikog bijelog tartufa (*Tuber magnatum*) u Motovunskoj šumi

4.2.3.1 Trenutno stanje (rasprostranjenost i gustoća populacija, razlozi ugroženosti) - analiza postojećih podataka

Uvod

Pod imenom „tartufi“ u užem smislu podrazumijevamo sve vrste gljiva iz roda *Tuber* (por. *Tuberaceae*, red *Pezizales*, odjeljak *Ascomycota*). Plodišta svih vrsta tartufa razvijaju se podzemno i tek povremeno zbog određenih uvjeta (kopanje divljih životinja, naknadno spiranje tla, razgolićenje listinca na vjetrometinama i dr.) u staništu mogu izvirivati na površinu tla. U literaturi se susreće i pojam „lažni tartufi“, koji obuhvaća ostale rodove gljiva s razvojem podzemnih plodišta (organa za razmnožavanje) iz različitih skupina unutar carstva gljiva (*Fungi*) i to iz odjeljaka *Ascomycota*, *Basidiomycota* i *Glomeromycota*. Vrste iz roda *Tuber* često se dijele na „bijele“ i „crne“ tartufe. Riječ je o tehničkoj podjeli na temelju boje površine peridije (vanjski sloj plodišta), a ne taksonomskoj ili filogenetskoj. Ovakva podjela ne samo da ne odražava filogenetsko grupiranje vrsta u rodu *Tuber* već pod tzv. bijele tartufe uključuje i brojne vrste s crvenom i/ili smeđom bojom peridije, a ne samo one bijelih do okerasto-krem boja. U skupinu tzv. crnih tartufa ulaze sve vrste s tamno smeđom i/ili crnom peridijom te uobičajeno grubo bradavičavom površinom (peridijom).

Sve vrste tartufa žive u obligatnoj mutualističkoj vezi - mikorizi (ektomikorizi) s drvenastim vaskularnim biljakama (posebno iz porodica *Fagaceae*, *Pinaceae* i *Salicaceae*) ali i nekim odrvenjelim zeljastim vaskularnim biljkama (npr. *Cistaceae*). Svojem biljnom partneru gljiva kroz mikorizni sustav osigurava neusporedivo višu razinu opskrbe mineralnim tvarima i vodom nego što bi to biljka sama mogla dobiti bez pomoći mikorizne gljive. Pored toga, mikorizna gljiva aktivno štiti biljnog partnera od patogena korijenja, proizvodi za njega dodatne količine hormona rasta, dok micelijskom mrežom skup mikorizne mikocenoze gradi složeni mrežni sustav u šumskoj rizosferi i time povezuje različite biljne jedinice iste, ali i različitih vrsta. Na taj način mikorizna mikocenoza stabilizira čitav šumski ekosustav i doprinosi zdravlju šume. Biljni partner zauzvrat opskrbljuje svoju gljivu - partnera viškovima ugljikohidrata proizvedenih fotosintezom, prijeko potrebnih za proizvodnju plodišta i razmnožavanje. Dokazano je kako mikorizirane biljke rastu brže i bolje od jedinki iste vrste koje nisu mikorizirane te da imaju znatno povećanu lisnu površinu. To je posebno izraženo kada se radi o tlima s niskom hranjivošću, kakva je i većina šumskih tala. Mikorizirane biljke znatno bolje podnose stres (suša, pregrijavanje tla, promjena pH vrijednosti tla, salinitet, kisele kiše, život u graničnim uvjetima, presađivanje itd.).

Tijekom svoje evolucije, postupnim prelaskom na podzemni način života, tartufi i druge podzemne gljive su svoja plodišta (a ne samo micelije) počeli razvijati pod zemljom. Kako se pod zemljom spore ne mogu aktivno rasprostirati, uslijed prilagodbe na podzemni način života počeli su razvijati mirisne tvari koje će privlačiti životinje. Svaka vrsta tartufa ima svoju specifičnu aromu koja se intenzivira za vrijeme proizvodnje spora i na taj način privlači određene životinje koje se njima i hrane. Kada životinja pojede tartuf, plodno tijelo biva u cijelosti probavljeno, osim spora koje neoštećene putem izmeta izlaze iz tijela životinje i



dospijevaju na tlo gdje mogu započeti novi životni ciklus ako su im vanjski uvjeti zadovoljavajući.

Prema Montecchi i Sarasini (2000.) u Europi živi 30-ak vrsta tartufa, dok Ceruti i sur. (2003.) spominju 52 vrste s varijetetima. U svijetu je do danas opisano 180 vrsta iz ovoga roda (Bonito i sur. 2013.), a budući da se i u najnovije vrijeme diljem svijeta otkrivaju za znanost nove vrste tartufa (Alvarado i sur. 2012, Bonito i sur. 2010, Guevara i sur. 2013., Su i sur. 2014. i mnogi drugi), jasno je vidljiva razina slabe globalne istraženosti čak i u ovom, za čovjeka iznimno važnom rodu gljiva. Iako se komercijalno sakupljaju već preko osam desetljeća, u Hrvatskoj do danas nisu provedena sustavna istraživanja tartufa i ostalih podzemnih gljiva. Prema znanstvenim radovima objavljenima do danas, u Hrvatskoj je pouzdano utvrđena pojava samo pet vrsta iz roda *Tuber* (Sella, 1932.; Zgrablić i sur., 2014.), dok je u bazi Hrvatskog nacionalnog fungarija (CNF) koju vodi Hrvatsko mikološko društvo zabilježeno 14 vrsta u Hrvatskoj (nepublicirani podaci). Nalazi pohranjeni u CNF-u su uglavnom sporadični te nedostatni da bi se mogla procjenjivati veličina populacije za svaku pojedinu vrstu tartufa pa tako i za veliki bijeli tartuf.

Veliki bijeli tartuf (*Tuber magnatum* Picco)

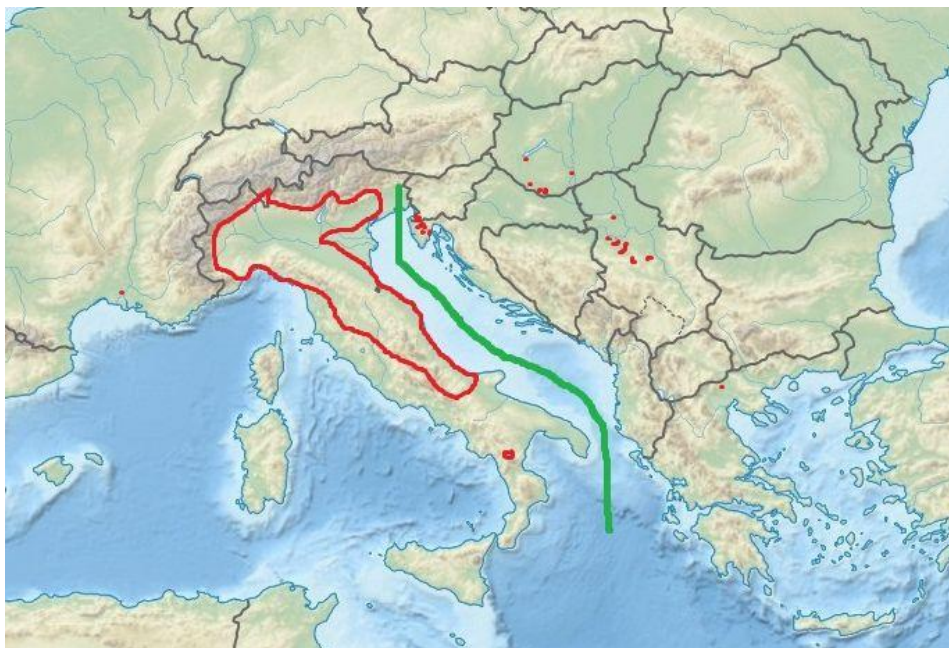
Plodišta velikog bijelog tartufa razvijaju se podzemno, na dubini od svega nekoliko pa do 30 cm, nepravilnog su oblika, gomoljasta, ponekad spljoštena, s brazdama, uvijena, grbava, 2-6(-20) cm dužine po duljoj osi, mase 200-300 g, ponekad čak i kilogram ili rijetko više. Površina plodišta (peridije) je najčešće fino granulirana do sitno bradavičava, rijetko glatka, blijedo oker ili blijedo slamnato žute boje, ponekad s primjesom zelenkaste boje. U presjeku je peridija pseudoparenhimatske građe. Unutarnji dio plodišta (gleba) je čvrst i pun, isprva bjelkast, zrenjem postaje blijedo žute, oker smeđe do crvenkasto smeđe boje, često s mesnato ružičastim tonovima i mramoriran s brojnim tankim, bjelkastim, meandrirajućim i na mnogim mjestima spojenim sterilnim venama između kojih se nalaze askusi (sporangiji) sa sporama. Miris zrelih plodišta je snažan, kompleksan, poput mješavine fermentiranog sira, češnjaka i bakterijski razložene kožne nečistoće.

Veliki bijeli tartuf živi u pješčano glinovitim tlima s određenom količinom vapnenca, u poplavnim riparijskim šumama u vlažnim dolinama ili na blagim padinama. Šume moraju biti zatvorenog sklopa kako temperatura tla ne bi previše fluktuirala što se može negativno odraziti na vitalnost mikorize. Vrsta živi u mikorizi s topolama, vrbama, lijeskama, hrastovima te grabom i lipom. Plodišta postižu zrelost od rujna do prosinca, čemu prethode ljetni pljuskovi tijekom srpnja i kolovoza.

Zbog specifičnih ekoloških zahtjeva, vrsta je lokalnog rasprostranjenja. Poznata rasprostranjenost ove vrste (Slika 230.) generalno uključuje područje od sjeverozapadne Italije (Pijemont) do sjeverozapadne Srbije (porječje Kolubare, Gruže i Lepenice), međutim, veliki dio tog područja zapravo je rascjepkan na brojne teritorijalno izolirane, površinom manje disjunkcije (prostorno odvojena područja). Najveće područje areala zaprema dijelove središnje (uglavnom apeninsko područje) te sjeverne Italije (Padanija), usp. Hall i sur. (1998), Ceruti i sur. (2003) te Rubini i sur. (2005). Izolirane populacije utvrđene su južno od Umbrije (npr. Basilicata, Pomarico i sur. 2007), zaključno s mezomediterranskim lokalitetom Serrapotamo na jugu Italije (Figliuolo i sur. 2013). Osim u Italiji, veliki bijeli tartuf rasprostranjen je još u sljedećim pouzdano utvrđenim disjunkcijama: u kantonu Ticino u

Švicarskoj te jugoistočnoj Francuskoj (Zambonelli i Di Munno 1992, Lawrynovicz 1993), duž aluvijalnih zona potoka i rječica Istre u Hrvatskoj (Sella, 1932; Zgrablić i sur. 2014b) i Sloveniji (Jurc i sur. 2005, Rubini i sur. 2005, Mello i sur 2005, Piltaver i Ratoša 2006), u jugozapadnoj Mađarskoj (Bratek i sur. 2004) te sjeverozapadnoj Srbiji (Glamočlija i sur. 1997, Milenković i Marjanović 2000, Marjanović i sur. 2009) te Grčkoj (Christopoulos i sur. 2013). Podaci koji govore o nalazištima ove vrste diljem nizinskog kontinentalnog područja Hrvatske, sjeverne Bosne i Hercegovine te Rumunjske nisu još znanstveno dokumentirani i provjereni te objavljeni.

Osim u Hrvatskoj, plodišta velikog bijelog tartufa komercijalno se sakupljaju u Italiji, Sloveniji i Srbiji. Zbog velike makroskopske sličnosti, veliki bijeli tartuf može se zamijeniti s vijugavo-mesnatom mirisnicom (*Choiromyces meandriiformis*), također pripadnikom porodice gomoljača (*Tuberaceae*).



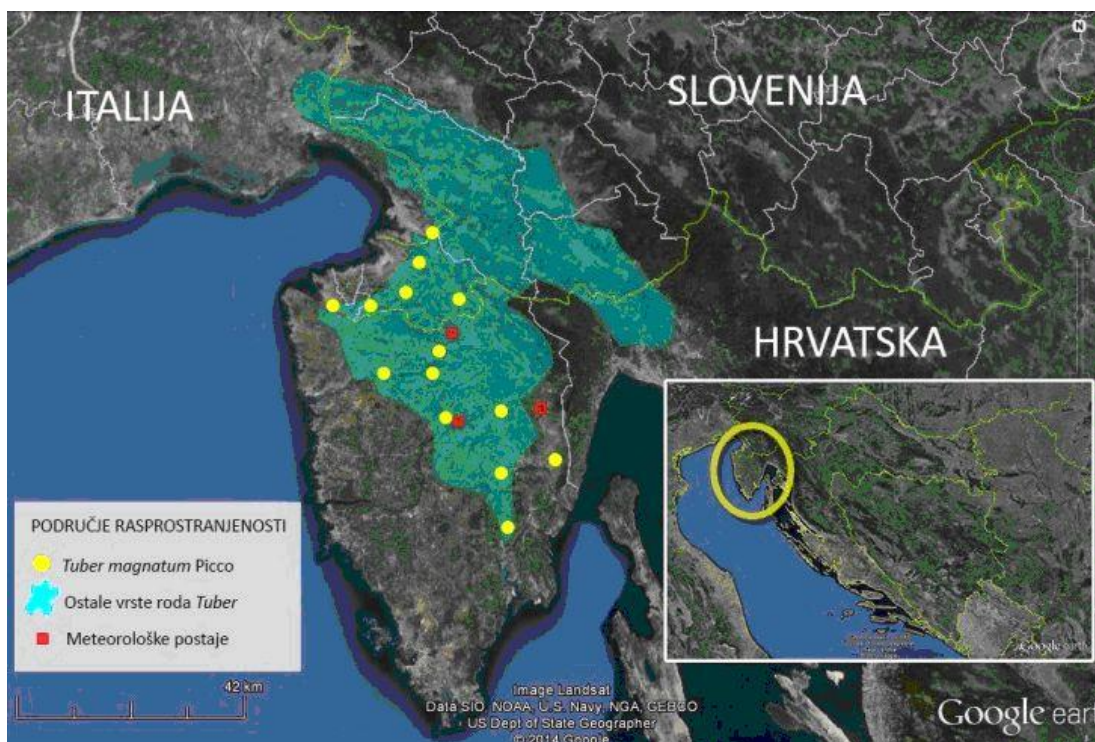
Slika 230. Poznata rasprostranjenost vrste *Tuber magnatum*. Crvena linija zaokružuje veliki broj poznatih nalazišta u Italiji i jedno u Švicarskoj. Crvenim točkama označene su poznate disjunktne populacije u Francuskoj, Hrvatskoj, Sloveniji, Mađarskoj, Srbiji i Grčkoj. Zelena linija odvaja zapadne i istočne populacije s različitim ekološkim modalitetima. Pripremio: N. Matočec.

4.2.3.1.1 Povijesni pregled i trenutno stanje produktivnosti tartufa

Do danas je objavljeno vrlo malo publikacija o tartufima i drugim podzemnim askomicetima u Hrvatskoj. Iako je veliki bijeli tartuf odnosno „veliki smrdljivi gomolj“ kako su ga nazivali istarski seljaci, već otprije bio poznat lokalnom stanovništvu jer su na njega nailazili tijekom krčenja rubnih dijelova šume te oranja i njime hranili svinje, Sella (1932) je prvi autor koji znanstveno publicira izvorne podatke o tartufima u Istri. U svojem radu „Il tartufo bianco in Istria“ opisuje prva istražna kopanja 1929. s psima u Šijanskoj šumi kod Pule i Ližnjanu te kod Pazinskih Novaka (dolina Pazinčice) gdje po prvi puta pronalaze veliki bijeli tartuf (*Tuber*

magnatum) i rani tartuf (*T. borchii*) na području Istre. Tim istražnim kopanjima, zabilježene su još dvije vrste tartufa: zimski tartuf (*T. brumale*) i riđi tartuf (*T. rufum*). Kasnije, 1931. god., veliki bijeli tartuf potvrđen je i u dolini rijeke Mirne (prvo u gornjem toku Mirne i Rečine, a zatim na području između Buzeta i Istarskih Toplica te u Motovunskoj šumi, a nastavljena su i istražna kopanja u dolini Pazinčice (između Pazina i Boruta). Plodišta su pronađena ispod topola i vrba te soliternih hrastova na livadnim rubovima doline (Sella 1932). Kako bi dobio znanstvenu potvrdu o vrstama tartufa koji su bili skupljeni u Istri, Sella šalje uzorke mikologu Oresteu Mattirolu, poznatom specijalistu za podzemne gljive iz Torina, koji izražava čuđenje zbog njemu neočekivano visoke kvalitete plodišta velikog bijelog tartufa iz tako udaljenih nalazišta u odnosu na poznata bogata nalazišta na sjeveru Italije. Talijanska staništa na sjeveru bila su znatno različita u odnosu na ona u dolini Mirne. Od ovih prvih objavljenih podataka, pa sve do danas, nisu provedena sustavna istraživanja kako bi se utvrdila biološka raznolikost i rasprostranjenost tartufa u Hrvatskoj, a kamoli produktivnost i stanje populacije.

Od 1950-ih pojavljuje se nekoliko stručnih radova koji uglavnom obrađuju problematiku vezanu za komercijalno sakupljanje (Frančišković 1950, Hrka 1984, Čaleta 1990, 2001) ili govore o mogućnosti uzgoja velikog bijelog tartufa (Paškvan, 1956) i rasprostranjenosti crnih i bijelih tartufa (Zgrablić i sur. 2014b). Radovi Bragata i suradnika (Bragato i sur. 2004, 2010, Bragato 2013) o karakteristikama tla u kojima živi veliki bijeli tartuf, prvi su koji govore o pedoekološkim zahtjevima ove vrste na području Istre (Motovunske šume i Čepić polja).



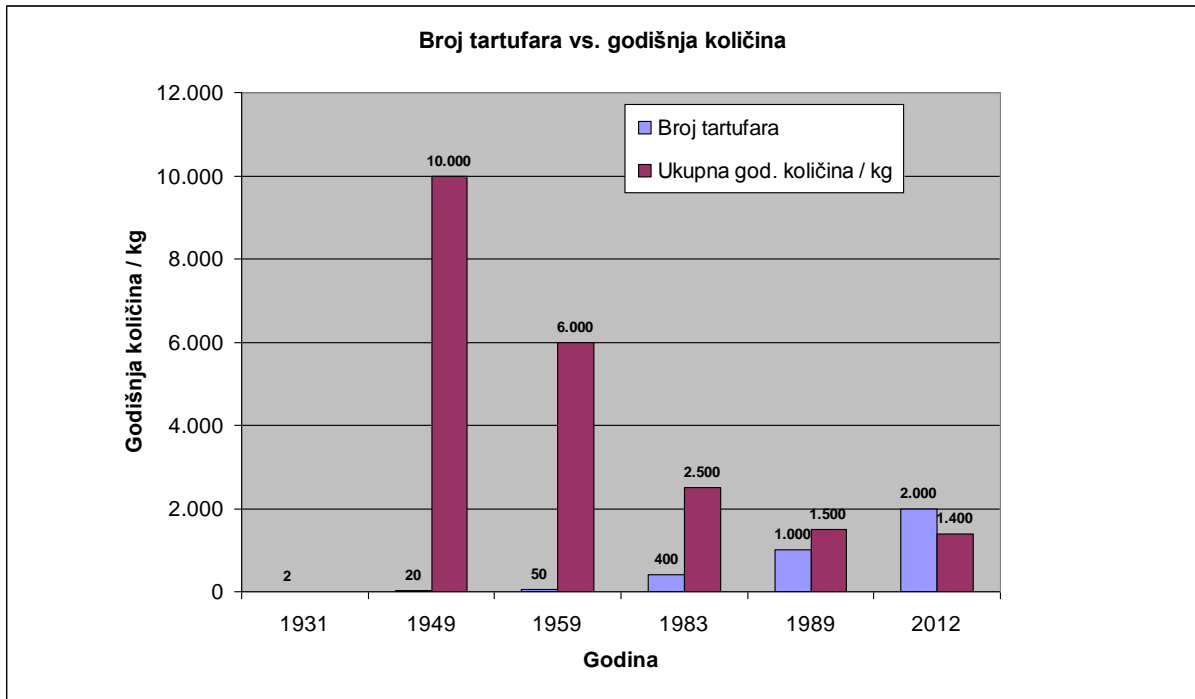
Slika 231. Rasprostranjenost velikog bijelog tartufa (žute točke) i ostalih vrsta tartufa (zeleno) na području Istre i dijela Slovenije. Preuzeto iz Zgrablić i sur. 2014a

Iz radova Selle (1932), Frančiškovića (1950), Hrke (1984, 1988), Čaleta (1990, 2001) te recentnih podataka (do 2012. godine) o sakupljenim količinama koje vodi Ministarstvo zaštite

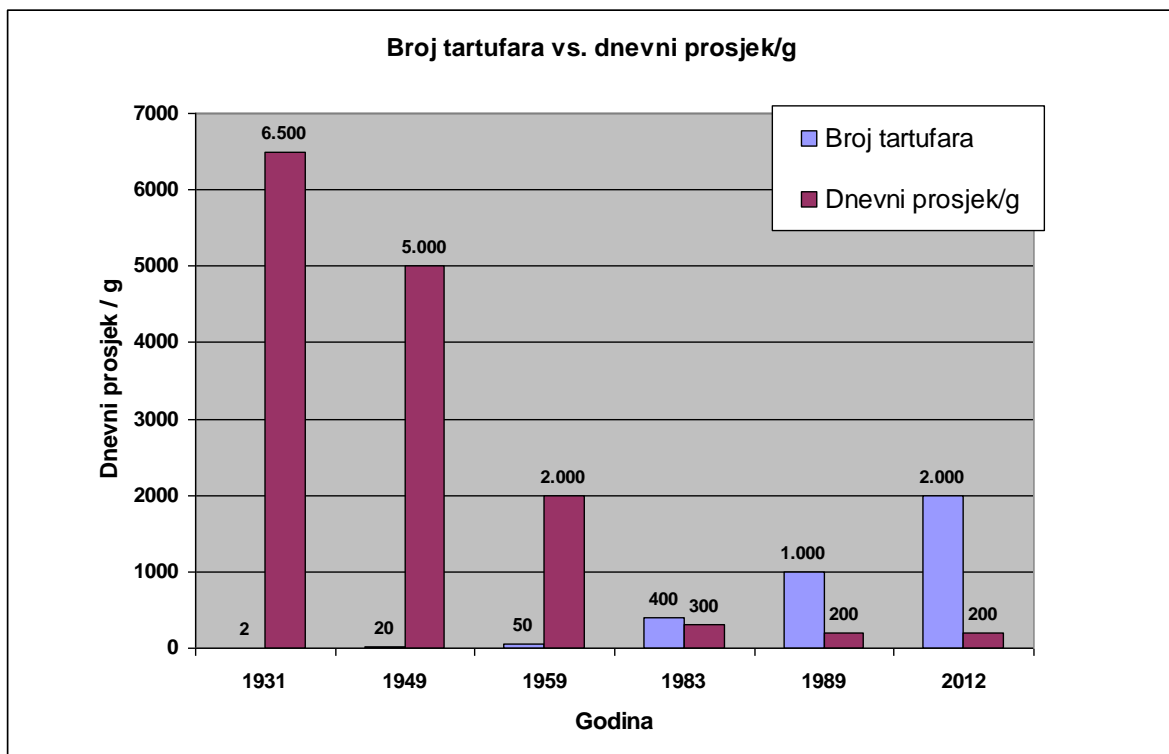


okoliša i prirode (Čupić 2014), iz donjih dijagrama je vidljivo kako je kroz povijest sakupljanja tartufa u Istri broj tartufara rastao od 20 (koliko ih je djelovalo 40-ih godina prošlog stoljeća) do današnjih 1000-2000 (Zgrablić i sur. 2014a). S druge strane, ukupna godišnja količina sakupljenih plodišta od 10.000 kg iz 1949. g. (Franščiković 1950; procjena je temeljena na autorovim opažanjima, elaboratima te gljivarskim i mikološkim referencama) danas je gotovo 10 puta manja pa je tako 2012. (službeno) sakupljeno tek 1.400 kg bijelih tartufa (Slika 232.). Tomić (2004) navodi kako se u Istri godišnje sakupi 8.000-12.000 kg velikog bijelog tartufa (o.a. nije jasan izvor podataka za ovu procjenu), što višestruko premašuje prosječne realizirane godišnje količine u razdoblju između 2003 i 2013. za koje postoje službeni podaci (Čupić 2014) dok Fast (1992) govori da se krajem 80-ih i na početku 90-ih sakuplja od 10.000-13.000 kg. Osim ukupnih godišnjih količina, u razdoblju od 1930-ih godina pa do danas, dnevni prosjek koji je tartufar mogao sakupiti spustio se s nevjerojatnih 6.5 kg na svega 100-200 g (Slika 233.).

Podaci za analizu procjene ukupnih godišnjih i dnevnih količina sakupljenih tartufa prikupljeni su iz nekoliko stručnih članaka, a koji se temelje na različitoj točnosti podataka. Zbog toga prikazane godišnje količine sakupljenih tartufa ne treba gledati kao definitivnu kvantifikaciju, već kao prikaz koji pokazuje trendove s obzirom da se radi o razlikama u procjenama koje iznose red veličine -a što je iznimno veliki pomak (Slika 232. i Slika 233.). S obzirom na ovako velike razlike procjenjeno je da postoji trend opadanja produktivnosti, dok je antropogeni pritisak (sakupljači) u porastu. Klimatske prilike i drugi antropogeni utjecaji također ukazuju na ove prepoznate trendove.



Slika 232. Prikaz trenda godišnjih količina sakupljenih bijelih tartufa s brojem tartufara - usporedba je napravljena na temelju izvora različite točnosti te podatke nije moguće gledati kao apsolutne brojeke već kao indicaciju postojanja trenda



Slika 233. Prikaz trenda dnevnih količina sakupljenih bijelih tartufa s brojem tartufara - usporedba je napravljena na temelju izvora različite točnosti te podatke nije moguće gledati kao apsolutne brojeke već kao indicaciju postojanja trenda

Svi relevantni izvori nedvojbeno ukazuju na smanjivanje produktivnosti što je bio i zaključak Prvog savjetovanja o bijelom tartufu u Istri (Čaleta, 2001). Porast interesa i organiziranje sakupljanja velikog bijelog tartufa koincidirao je u dolini Mirne i području Motovunske šume s meliorativnim zahvatima u području od Ponte Portona do Istarskih Toplica (1965.-1975., izvor. Istarska enciklopedija) koji su bili već u početnoj fazi u vrijeme prvih dokumentiranih probnih traganja za tartufima (Sella 1932). Osim meliorativnih zahvata, nakon 1960. počinje nagli rast broja tartufara te ilegalne trgovine (Čaleta 1990). U istom razdoblju izgrađena je i asfaltna cesta kroz dolinu Mirne te akumulacija na pritoci Butonigi koja je imala vrlo velik negativan utjecaj na korijenov sustav šumskog drveća i produktivnost velikog bijelog tartufa, barem na području nizvodno od njenog ušća u rijeku Mirnu (Čaleta 1990). Osim masivnih hidrotehničkih zahvata, 1967. g. dodatno je iskrčeno 220 ha motovunske šume, najvažnijeg staništa za veliki bijeli tartuf u Istri. Može se s velikom sigurnošću reći da su nekadašnje velike površine pod šumom u dolini Mirne predstavljale stabilni „gene-pool“ odnosno „rasadnik“ za vrstu *Tuber magnatum* koju su divlje životinje slobodno rasprostirale na nova područja i time osiguravale miješanje gena i stabilnost populacije. Smanjenjem površina pod šumom i mijenjanjem ostalih važnih ekoloških čimbenika, stabilnost populacije vjerojatno je znatno ugrožena, a time i sama produktivnost plodišta.

Mnoga istraživanja bioraznolikosti nedvojbeno pokazuju da hidrotehnički zahvati kao što su ukopavanje obala, gradnja obaloutvrda i kanaliziranje prirodnih vodotokova te prokopavanje odvodnih kanala uvelike negativno utječu na mnoge gljivlje vrste specijalizirane za močvarna staništa i prirodne obalne zone tekućica (Tkalčec i sur. 2008). Ovakvim zahvatima bitno se mijenja vodni režim u stupcu šumskog tla u kojem žive gljive, od kojih su mnoge, poput velikog bijelog tartufa, osjetljive na znatnija kolebanja razine podzemnih voda.

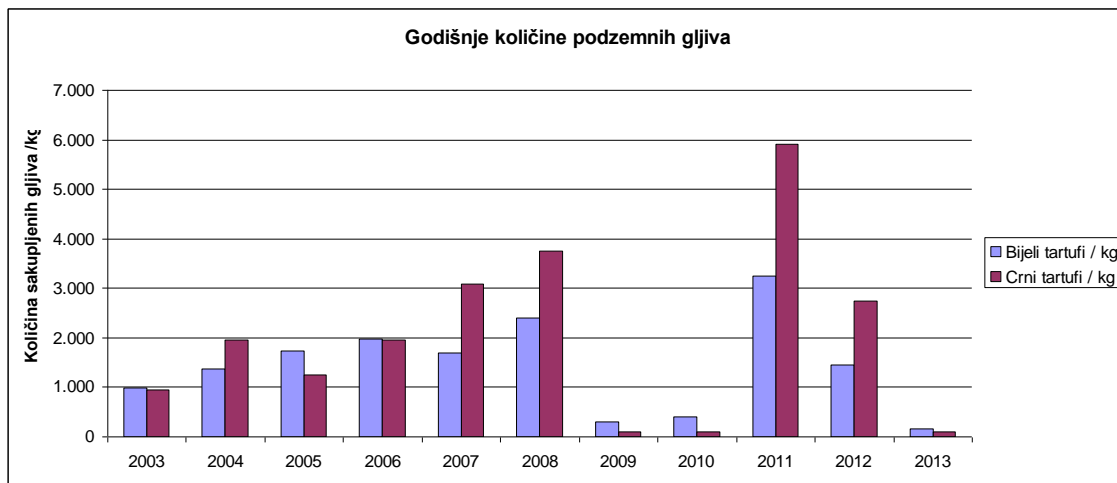
Prema podacima Ministarstva zaštite okoliša i prirode iz veljače 2014. g. u Istarskoj županiji je registrirano 648 sakupljača nadzemnih i podzemnih gljiva, najviše u Hrvatskoj. S velikom sigurnošću može se pretpostaviti da su većina registriranih sakupljača iz Istre upravo tartufari. Međutim, realna brojka sakupljača podzemnih gljiva kreće se u Istri između 1000 i 2000 tartufara (Zgrablić i sur. 2014a), s time da ih na području Motovunske šume, prema rezultatu ankete, djeluje oko 500 (vidi sljedeće poglavlje). U godišnjim izvješćima nositelja dozvola za otkup samoniklih jestivih gljiva, u posljednjih deset godina (od 2003.-2013.) službeno je sakupljena ukupna količina od 15.731,37 kg bijelih tartufa i 21.943,44 kg crnih tartufa (Čupić 2014). Iz ovih službenih podataka nije jasno koliko je koja vrsta zastupljena u prijavljenim količinama već se podzemne gljive grupiraju samo na „bijele“ i „crne tartufe“. Pravilnik o zaštiti gljiva (NN 34/02) propisuje sakupljanje nadzemnih i podzemnih samoniklih jestivih gljiva u komercijalne svrhe (Tablica 75.)

Tablica 75. Vrste tartufa koje je dozvoljeno sakupljati prema Pravilniku o zaštiti gljiva (NN 34/02) koji propisuje sakupljanje nadzemnih i podzemnih samoniklih jestivih gljiva u komercijalne svrhe

Bijeli tartufi	Crni tartufi
veliki bijeli tartuf (<i>Tuber magnatum</i>)	ljetni tartuf (<i>Tuber aestivum</i>)
rani tartuf (<i>T. borchii</i>)	tamni ljetni tartuf [<i>T. aestivum</i> var. <i>uncinatum</i> (= <i>T. uncinatum</i>)]
pjegavi tartuf (<i>T. maculatum</i>)	zimski tartuf (<i>T. brumale</i>)
bušinov tartuf (<i>T. asa</i>)	crni tartuf (<i>T. melanosporum</i>)
	udubljeni tartuf (<i>T. mesentericum</i>)

velikosporni tartuf (<i>T. macrosporum</i>) <i>T. hiemalbum</i> (nije zabilježen u Hrvatskoj) <i>T. malenconii</i> (nije zabilježen u Hrvatskoj)
--

Podaci o sakupljenim količinama vrijede za područje cijele Hrvatske, no za pretpostaviti je kako se tartufi najviše komercijalno sakupljaju na području Istarske županije, a bijeli tartufi (pogotovo *T. magnatum*) najviše na područjima slivova Mirne, Raše i Pazinčice. Od svih navedenih područja, Motovunska šuma se smatra najvažnijim lokalitetom za proizvodnju i sakupljanje velikog bijelog tartufa u Istri (Zgrablić i sur. 2014b).



Slika 234. Realizirane godišnje količine podzemnih gljiva kroz vremenski period sakupljanja od 2003. do 2013. g. temeljene na godišnjim izvješćima nositelja za otkup samoniklih gljiva (Čupić, 2014).

Pretpostavlja se da je broj službeno prijavljenih sakupljača komercijalnih vrsta gljiva na području Istre i do tri puta manji od neslužbenog broja kojima raspolažu sami tartufari (Zgrablić i sur. 2014a) te da se realizirane godišnje količine službeno zabilježene pri Ministarstvu zaštite okoliša i prirode smatraju „okvirnim“. Zbog neuređenosti tržišta tartufima u Hrvatskoj postoji ilegalna trgovina ovim skupocjenim gljivama (Zgrablić i sur. 2014a) te su zbog toga stvarno sakupljene količine vjerojatno veće od službenih i nije ih moguće procijeniti jer se neprijavljeni tartufari vjerojatno ne pridržavaju odredbi i ograničenja na temelju kojih bi se mogle pretpostaviti proporcionalne projekcije stvarno sakupljenih količina. Iznimno male količine sakupljene su u 2009. i 2010. (Slika 234.) što prema kazivanju samih tartufara ne može odgovarati stvarnoj situaciji jer te godine pamte kao vrlo izdašne tartufima. Tomić (2004) navodi da je Istra (iza Italije) druga po proizvodnji bijelog tartufa u svijetu, a da godišnje sakupljene količine iznose između 8 i 12 tona. Za usporedbu, službena količina bijelih tartufa sakupljena u 2003. iznosi oko 1 tone, što je daleko manje od količina koje spominje Tomić (2004). Zgrablić i sur. (2014b) smatraju da količine velikog bijelog tartufa prijavljene Ministarstvu predstavljaju čak samo 10-20% od ukupno iskopanih količina. Procjena godišnje svjetske produkcije ove vrste iznosi 50-200 tona, a vrijednost tržišta veća je od 150 mil. \$ (Hall i sur. 1998).



4.2.3.2 Anketiranje tartufara koji sakupljaju tartufe na području Motovunske šume

Na radnom sastanku u Oprtlju, 14. lipnja 2014., provedena je anonimna anketa u kojoj je sudjelovalo 15 tartufara, članova novoosnovane Udruge tartufara „Istra“. Anketa je organizirana kako bismo zabilježili neposredna zapažanja iskusnih sakupljača tartufa u Motovunskoj šumi i općenito pokušali povećati objektivnost informacija s terena. Svi sudionici ankete potvrdili su da sakupljaju bijele tartufe na području Motovunske šume već dugi niz godina: 27% 10-20 god., 53% 20-30 g., a 20% ispitanika čak 30-40 godina. Broj pasa s kojima istovremeno traže tartufe je dva do četiri, a najčešće tri (60 %). Provjera prepoznavanja relevantnih vrsta tartufa provedena je putem fotografija različitih vrsta tartufa, ali i nekih drugih podzemnih gljiva. Na fotografijama je bilo prikazano 10 vrsta podzemnih gljiva, a 74 % ispitanika prepoznalo je vrstu *Tuber magnatum* (dva ispitanika uopće nisu odgovorila na ovo pitanje). Ovdje je važno napomenuti da je podzemne gljive osjetno teže prepoznati samo na temelju fotografija (pogotovo ako je ponuđeno puno sličnih), nego ako ih imate u ruci te ih možete pomirisati i percipirati u stvarnosti. Visoki uspjeh u prepoznavanju velikog bijelog tartufa nam donekle garantira pouzdanost većine informacija dobivenih ovom anketom.

Ovom anketom htjeli smo doznati i koliko tartufara sakuplja bijele tartufe u Motovunskoj šumi. S obzirom da se radi o individualnim procjenama i spoznajama, broj jako varira, od 100-1000 tartufara, a prosjek je oko 500. Dvije trećine anketiranih počinje sa sezonskim traženjem tartufa 1. rujna, a jedna trećina 15. rujna. Kraj njihove sezone sakupljanja je u razdoblju od kraja prosinca pa do kraja siječnja. Za vrijeme sezone, svi ispitanici su potvrdili da sakupljaju više bijelih nego crnih tartufa (i to 3-10 puta više), ili pak samo bijele, a od vrsta iz grupe bijelih tartufa gotovo isključivo samo veliki bijeli tartuf (*Tuber magnatum*), rijetko rani tartuf (*Tuber borchii*). Crnih tartufa ispitanici pronalaze u Motovunskoj šumi rijetko i malo. Samo jedan ispitanik naveo je da ponekad pronađe i ljetni tartuf (*T. aestivum*). Na pitanje o okvirnim godišnjim količinama velikog bijelog i crnih tartufa koji se sakupe, samo je mali broj tartufara dao odgovor. Dok su dvojica naveli količine od 1000 i 5000 kg (misleći vjerojatno na ukupne godišnje količine iznesene iz šume), trojica su dali sljedeće količine: 3 kg, 4-7 kg i 33 kg misleći vjerojatno na osobni „ulov“. Troje ispitanika također je odgovorilo da sakupe 0 kg, 1 kg i 10-15 kg crnih tartufa.

Dvije trećine anketiranih reklo je da sakupljanje velikog bijelog tartufa provodi u svim dijelovima Motovunske šume, a ostali imaju omiljene dijelove šume. Na pitanje ispod kojih vrsta drveća najčešće pronalaze veliki bijeli tartuf, dobili smo odgovorima sljedeći poredak (od najčešćeg do najrjeđeg ili nikad): hrast, topola, vrba, brijest, lijeska, jasen, grab, bor, javor. Na ovom pitanju također se pokazala pouzdanost ispitanika jer javor (kao ni jasen) uopće nije mikorizna vrsta pa ne čudi što je na zadnjem mjestu, a kao najčešće simbiotske partnere *in situ* literatura navodi upravo hrast, topole i vrbe. Dodatne informacije koje smo dobili jesu da su glog, crni trn i drijen također bitne biljne vrste ispod kojih se pronalazi veliki bijeli tartuf (riječ je o grmovitim drvenastim vrstama, čiju važnost i ulogu spominju neki autori (npr. Trappe i sur. 2009).

Na pitanje kako bi ocijenili starost šume u području u kojem nalaze najviše velikog bijelog tartufa, odgovori su bili sljedeći (od najčešćeg slučaja prema rjeđem): pretežno šuma srednje starosti, pretežno mlada šuma, najviše uz pojedina stara stabla, mjesta gdje preteže ponik.



Što se tiče udaljenosti od ruba šume na kojoj nalaze plodišta velikog bijelog tartufa ta udaljenost iznosi od 1-50 m, a od ruba obale vodotoka najčešće od 0-50 m, ali i 100-200 m. Veliki rasponi u odgovorima na ovo dva pitanja upućuju na veliku vrijednost mozaičnosti (višedobnosti) šumske sastojine kao i tipova staništa (Zampieri i sur 2010, usp. razradu optimalnih ekoloških uvjeta dolje u tekstu).

Što se tiče sezonske produktivnosti s obzirom na poplave, otprilike isti broj ispitanika kaže da su najproduktivnije sezone kojima je prethodio veći broj poplava i one sezone kojima je prethodila jedna poplava. Samo je jedan anketirani tartufar rekao da su najbolje ravnomjerne kiše tijekom cijele godine, a niti jedan nije rekao da su najproduktivnije sezone kada nije bilo poplava. S obzirom na ljetnu sušu, produktivnost je najveća kada glavnoj sezoni nije prethodila suša već je bilo umjereno vlažno ljeto (65%), najproduktivnije su sezone kojima su prethodila izrazito kišna ljeta (21%) te najproduktivnije su sezone kojima je prethodila dugotrajna ljetna suša (14%). Niti jedan ispitanik nije odgovorio da su najproduktivnije sezone kojima je prethodila dugotrajna ljetna suša. Što se tiče vlage tla, najviše velikog bijelog tartufa tartufari pronalaze kada je šumsko tlo slabo do jako vlažno, a vrlo rijetko kada je tlo posve suho, a nikada kada je natopljeno toliko da se zadržavaju lokve na površini tla. Odgovori na ova tri pitanja u potpunosti se slažu s istraživanjima koja ukazuju na specifičnost i produktivnost lokalnih populacija velikog bijelog tartufa u odnosu na populacije u glavnom arealu u Italiji (usp. Bragato 2004, Bratek 2004 i Marjanović i sur. 2010, vidi razradu optimalnih ekoloških uvjeta dolje u tekstu).

I na kraju, zanimljivo je bilo opažanje iskusnih tartufara na pitanje jesu li primijetili smanjivanje sakupljenih količina otkako se bave tartufarenjem. Samo je jedan ispitanik rekao da većinu godina sakuplja podjednako, a 10 ispitanika (2/3) odgovorilo je da nije primijetilo pad već da sakuplja podjednako tijekom godina, da količina sakupljenih tartufa jest različita tijekom godina, ali to ovisi o tome je li bila suha ili vlažna godina. Tri ispitanika odgovorila su da dolazi do pada u količinama svih vrsta tartufa, i to u zadnjih 3, 5 i 20 godina. Kao razlog navode klimatske promjene, vodu, zimu i nekontroliranu sječū. Dva ispitanika rekla su da dolazi do pada u sakupljanju velikog bijelog tartufa u zadnjih 10 godina, a kao razloge navode sječū šume i ulazak traktora za vuču trupaca u šumu te promjenu klime.

4.2.3.3 Životni uvjeti i povezanost sa staništem (ekološki uvjeti - optimalni i ekstremni) - sinteza postojećih podataka.

Klimatski zahtjevi

Tartufi općenito žive u srednjoeuropskoj, ali i mediteranskoj klimi između 40° i 50° stupnja sjeverne geografske širine. U tom, globalno gledano, razmjerno uskom životnom prostoru vrlo je važna mikroklima krajolika pokraj ostalih optimalnih čimbenika. Za visoku produktivnost tartufa presudna je temperatura i količina vlage u tlu u razdoblju početka vegetacije (travanj-svibanj) kada tartufi počinju s formiranjem i razvojem plodišta. Povremena kiša povoljno djeluje na razvoj plodišta tartufa u toku duljeg sušnog perioda (Hrka 1984).

Većina autora navodi kako je za visoku produktivnost tartufa potrebno 300-500 mm kiše godišnje. U vrijeme proljetnih mjeseci, kada se plodišta najčešće tek počinju formirati, poželjno je oko 100 mm oborina na mjesec, dok je za vrijeme ljetnih mjeseci poželjno barem

50 mm kiše mjesečno (Colinas i sur. 2007.) za vrstu *Tuber melanosporum*. Kada je riječ o lokalnim populacijama velikog bijelog tartufa (kao i nekolicine drugih vrsta koje se mogu javiti u aluvijalnim područjima) koje se prema ekološkim karakteristikama bitno razlikuju od dobro proučenih populacija u Italiji, kao jedan od bitnih klimatskih čimbenika posebno se ističu obilne oborine tijekom zime i proljeća koje uzrokuju periodične kratkotrajne poplave (usp. Bratek 2004, Marjanović i sur. 2010) te 700-800 mm oborina godišnje.

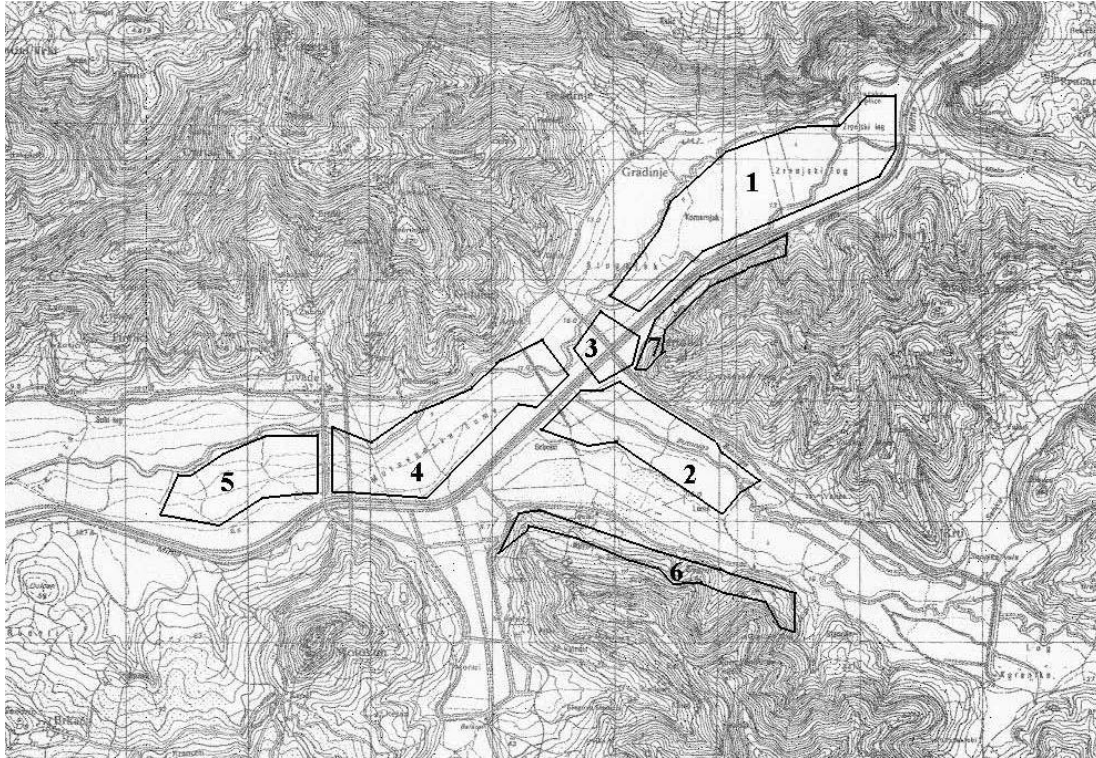
Pedološki zahtjevi lokalnih populacija velikog bijelog tartufa

Sva tla u nizinskom dijelu doline su debela i slabo razvijena zahvaljujući stalnom spuštanju finog sedimenta s padina, ali su samo neproduktivna područja karakterizirana vodenim zasićenjem u nekim periodima u godini. Usporedba tala dokazala je potrebu bijelog tartufa za vlažnim, dobro dreniranim i lužnatim tlom, uz specifične zahtjeve za dobrim prozračivanjem i rahlošću. Tlo pogodno za razvoj velikog bijelog tartufa ne smije biti previše suho, ni previše vlažno. Prema Bragato i sur. (2004) smatra se da je u Motovunskoj šumi došlo do pada proizvodnje bijelog tartufa zbog niza javnih radova koji su promijenili vodni režim područja uzrokujući sušenje šumskog tla.

Biotički zahtjevi (stanište) lokalne populacije velikog bijelog tartufa

Na području Motovunske šume dominira miješana šuma hrasta lužnjaka, dok se uz korita samih vodotokova javljaju i sastojine vrba i topola. Motovunska šuma je jedno od najznačajnijih područja za sakupljanje velikog bijelog tartufa (*Tuber magnatum*) u Istri. Šumsko područje Motovunska šuma pokriva površinu od oko 900 ha u dolini rijeke Mirne koja utječe u Jadransko more prolazeći kroz brežuljkasti pejzaž stvoren sedimentacijskim procesima na trijas-eocenskoj vapnenačkoj podlozi i eocen-oligocenskim flišnim procesima. Plodišta velikog bijelog tartufa se ne pronalaze podjednako u cijelom riječnom području, pa je zato Motovunska šuma podijeljena u produktivna, neproduktivna i povremeno produktivna područja (Bragato i sur 2004). Produktivna područja nalaze se u donjem dijelu šume, dok su neproduktivna područja na padinama (Slika 235.).

Lokalne populacije velikog bijelog tartufa (*T. magnatum*) na području Istre (u Hrvatskoj i Sloveniji), kao i velikospornog tartufa (*T. macrosporum*) (vrsta koja često prati veliki bijeli tartuf - prema istraživanjima u Srbiji (Marjanović i sur. 2010) i Mađarskoj (Gógán Csorbainé 2011)), racjepkane su na nekoliko manjih prostorno odvojenih područja (Slika 230.) koji su određeni skupom ekoloških, prvenstveno abiotičkih uvjeta. Ekološki uvjeti na području Istre za veliki bijeli tartuf znatno odstupaju u odnosu na prilike koje vladaju nad mnogo bolje proučenim populacijama u Italiji. Upravo zbog tih razlika u ekološkim prilikama između većine talijanskih i istarskih populacija, prvi tragači za ovim tartufima na području Istre nisu uspjeli isprva pronaći njihova nalazišta (Sella 1932). Isti autor upravo izražava čuđenje kako veliki bijeli tartuf, čija su glavna nalazišta u Istri otkrili nakon početnih neuspjeha, tako obilno fruktificira na izrazito poplavnim terenima (npr. u Motovunskoj šumi).



Slika 235. Područje Motovunske šume sa sedam istraživanih područja prema Bragato i sur. (2004). U dnu doline, područja 1, 2 i 4 predstavljaju produktivna područja, 5 povremeno produktivno, a 3 neproduktivno područje. Dvije pokusne plohe postavljene na padine (6 i 7) također predstavljaju neproduktivna područja.

Specifični tipovi staništa u kojima u Istri živi veliki bijeli tartuf, a koja se bitno razlikuju od onih u Italiji, u velikoj mjeri odgovaraju onima u kojima je ova vrsta pronađena u jugozapadnoj Mađarskoj (Bratek 2004) i sjeverozapadnoj Srbiji (Marjanović i sur. 2010), pa i Grčkoj (Christopoulos i sur. 2013). Tako bismo mogli zaključiti kako veliki bijeli tartuf živi u dva ekološki posve različita modaliteta koja su k tome i biogeografski raščlanjena (Slika 230.). Veliki bijeli tartuf u svojim zapadnim dijelovima areala (Italija, južna Švicarska te jugoistočna Francuska) živi na ocjeditim terasastim staništima koja su u potpunosti izvan dosega bilo kakvih poplava, pa čak i izvan dosega podzemne vode u stupcu tla. Nasuprot tome, u svojim istočnim dijelovima areala (hrvatski i slovenski dio Istre, jugozapadna Mađarska te sjeveroistočna Srbija) ova vrsta živi u aluvijalnom tlu uz potoke, rječice, pa i neke veće rijeke s periodičkim porastom podzemnih voda u čitavom stupcu tla, pa i periodički plavljenim terenima, ali izvan domašaja zamočvarenja.

Prve molekularne analize (Mello i sur. 2005, Rubini i sur. 2005) pokazale su da se analizirane istarske i talijanske populacije razlikuju u maloj mjeri te da male razlike postoje samo kod populacija na krajnjem jugu areala u Italiji te onih na krajnjem sjeverozapadu u odnosu na glavninu areala (uključujući i Istru). Marjanović i sur. (2010) utvrđuju male razlike prisutne kod populacija na sjeverozapadu Srbije, dok je ostatak analiziranih populacija (iz Istre i Italije) genetički vrlo homogen. Zabilježene male genetičke razlike ne predstavljaju razdvajanje na razini vrste. Da je ovdje riječ o ekološkim modalitetima iste vrste u zadnje vrijeme potvrđuju i eksperimenti koji su provedeni na pokusnim ploham u sjevernoj Italiji (Gregori 2013). Kako bi pokušali povećati produktivnost nalazišta ove vrste, autor je na

pojedininim plohama tijekom pet godina monitoringa promatrao produktivnost plodišta na pojedinim plohama koje je podvrgavao prorjedama, uklanjanju grmlja i prizemne vegetacije te navodnjavanju i malčiranju. Dok prorjede nisu dale nikakav značajan učinak, uklanjanje grmlja i prizemne vegetacije samo prvotno povećanje, a zatim naglo smanjenje produktivnosti. S druge strane, navodnjavanje i malčiranje dali su trajno povećanu produktivnost plodišta. Na temelju ovoga mogli bismo pretpostaviti da upravo aluvijalna područja uz potoke i rječice izvan dosega zamočvarenja predstavljaju ujedno i ekološki optimum za ovu vrstu, što je u skladu i s pedoekološkim podacima i zaključcima koje daju Bragato i sur. (2004) i Bratek (2004). S obzirom na današnje poznavanje životnog ciklusa velikog bijelog tartufa (Lotti i sur. 2012) ne začuđuju nalazi eksperimenta koje je prezentirao Gregori (2013) u vezi s praćenjem produktivnosti plodišta na plohama podvrgnutim prorjedama šume te uklanjanju grmlja i prizemnog raslinja. Nove mikorize koje stvaraju mladi miceliji, prvenstveno nastaju na mladim mikoriznim biljkama (ponik i mladice) temelj su održanju mikorizne cenoze, a time i same vrste na određenom području. Nalazi Selle (1932) ukazuju i na veliku važnost soliternih stabala oko kojih se mogu pronaći velike količine plodišta.

Ekološki optimum životnih uvjeta lokalnih populacija velikog bijelog tartufa, nalazi se u tipu staništa s riparijskom, spontanom šumskom vegetacijom te vegetacijom rubova šuma gdje dominiraju topole, vrbe i hrast lužnjak. U navedenim stanišnim tipovima veliki bijeli tartuf dolazi samo na aluvijalnim mekim (nekompatiranim) tlima s procesima aktivnog obnavljanja pretaloživanjem u kojima su više manje ravnomjerno zastupljene faze humusa i alkalnih čestica s visokim porozitetom i aeriranošću (Bragato i sur. 2004) ali koje su izvan domašaja zamočvarenja. Za razliku od drugih ektomikoriznih gljiva (Harvey i sur. 1976), micelij velikog bijelog tartufa nije koncentriran unutar ili odmah ispod organskih slojeva tla već se razvija u površinskom mineralnom sloju tla. Na području Motovunske šume, prema istraživanju Bragata i sur. (2004) veliki bijeli tartuf pronalazi se isključivo u AG-HG tlima (klasifikacija prema Vidaček (1978)) tj. s 80% hidromelioriranog eugleja (amfiglej i hipoglej) te 20% hidromelioriranog aluvijalnog semigleja. Optimalna kiselost tla za lokalne populacije velikog bijelog tartufa iznosi $\text{pH} = 7.69-7.83$ dok optimalna vrijednost udjela karbonata u tlu iznosi 29.2-33.4% (Bragato 2004). Takvi tereni u pravilu uključuju kratkotrajnu pojavu podzemnih voda u čitavom stupcu tla ali i oni koji su periodički izloženi kratkotrajnim poplavama (koje traju i do nekoliko dana), no bez dugotrajnijeg zadržavanja površinske vode, zamočvarivanja i kompaktiranja stupca tla. Zbog svega toga, lokalne populacije velikog bijelog tartufa ne mogu naseljavati presuhe terene kakve nalazimo na padinama oko korita rijeke Mirne i njenih pritoka. Bragato (2004) navodi klimatološke podatke iz obližnje meteorološke postaje u Pazinu za razdoblje 1961.-1990. kada je prosječna godišnja temperatura bila 11.1 °C dok je prosječna godišnja količina oborina iznosila 1168 mm. Porast prosječne godišnje temperature i pad oborina vidljiv je iz rezultata mjerenja za razdoblje 1981.-2012. (Zgrablić i sur. 2014a) kada je prosječna godišnja temperatura iznosila 11.6 °C, a prosječne godišnje oborine 1034 mm. Iz ovoga je vidljivo da se prema priloženim klimatološkim elementima ekološka situacija za vrstu *Tuber magnatum* vjerojatno pogoršala.

U skladu s mjerama za održivo gospodarenje šumama (uključujući i zaštitu tartufa) koje donosi Trappe i sur. (2009) te rezultatima istraživanja Masera i sur. (1978), Masera i Masera (1988) i Masera i sur. (2008) definicija ekološkog optimuma ove vrste trebala bi svakako uključivati i stanišni mozaik u kojem bi barem neki dijelovi šumske vegetacije trebali biti u fazi starih šuma, pa i djelomično prašuma u kojima bi se moralo dopustiti određenom broju

stabala da prirodno umre i sruši se, kako bi neke površine imale stojeće i ležeće mrtve trupce s dupljama. Na taj način osigurao bi se ne samo dendrodiverzitet nego i dobni diverzitet stabala čime se maksimalno stabiliziraju čitave mikorizne mikocenoze. Pored ovih mjera za održavanje produktivnosti tartufa u prirodnim staništima, kao iznimno važna stavka navodi se funkcija različitih sisavaca i sova kao ključnih vektora za rasprostiranje tartufa (Maser i sur. 1978, 1988, 2008; Trappe i sur. 2009), koja također postiže svoju maksimalnu razinu u starim šumama s krupnim drvnim ostacima. Zbog toga bi na području ekološkog optimuma velikog bijelog tartufa trebalo trajno isključiti uznemiravanje šumskih sisavaca i sova, uključujući i lov.

Ovakav mozaik trebao bi obavezno uključivati dugačke i nepravilne linije rubnih šumskih zona, kao i uklopine neintenzivno gospodarenih niskoproduktivnih travnjaka sa soliternim stablima topola, vrba i hrastova lužnjaka te drvoredima topola i vrba (usp. Sella 1932) uz restaurirane hidrološki funkcionalne meandre toka rijeke Mirne i pritoka, što predlaže i Bragato i sur. (2004). Neka novija istraživanja životnog ciklusa velikog bijelog tartufa (usp. Zampieri i sur. 2010) ukazuju na važnost ovakvih stanišnih elemenata u životu te vrste. DNK velikog bijelog tartufa utvrđen je i do 100 m udaljenosti od najbliže jedinice ektomikorizne drvenaste vrste odnosno mjesta na kojima su iskopana plodišta ove vrste. Ovo ukazuje na prisustvo micelija koji može zapremiti vrlo velika područja (u stupcu tla) te da u određenim fazama micelij može naglim rastom prevaliti vrlo udaljena područja (od mjesta nastanka mikorize) do mjesta na kojemu nastaju plodišta. Na primjer Bertini i sur. (2006) na visokoproduktivnim nalazištima plodišta, pronalaze iznimno nizak udio ektomikorize ove vrste (oko 4%), a Lotti i sur. (2012) čak definiraju fruktifikacijsku fazu u životnom ciklusu ovog tartufa kao saprotrofnu.

Smjernice za integriranu zaštitu velikog bijelog tartufa prilikom gospodarenja ekosustavima

1. Očuvati raznolikost staništa na krajobraznoj razini
2. Očuvati raznolikost mikrostaništa unutar šumskih sastojina
3. Očuvati i/ili obnoviti raznolikost drvenastih biljaka (mikoriznih partnera)
4. Integrirati zaštitu tartufa s principima upravljanja divljim životinjama (regulirati lov)
5. Omogućiti slobodno kretanje populacija divljih životinja
6. Ostavljati krupne drvene ostatke na šumskom tlu
7. Očuvati zdravlje tla i spriječiti njegovo onečišćenje
8. Iz produktivnih područja izuzeti sječu i očuvati mlado drveće i grmlje
9. Zaštititi poznate lokalitete s rijetkim vrstama tartufa ili njihove vruće točke
10. Vršiti monitoring populacija tartufa
11. Razviti i njegovati partnerstvo među mikolozima, stručnjacima koji gospodare prirodnim resursima i javnosti
12. U što je moguće većoj mjeri, uspostaviti prirodni vodni režim i hidrološku funkciju starog korita Mirne

Slika 236. Smjernice za zaštitu velikog bijelog tartufa na području Motovunske šume. Ove se smjernice uvelike oslanjaju na one koje su utemeljili Trappe i sur. (2009).

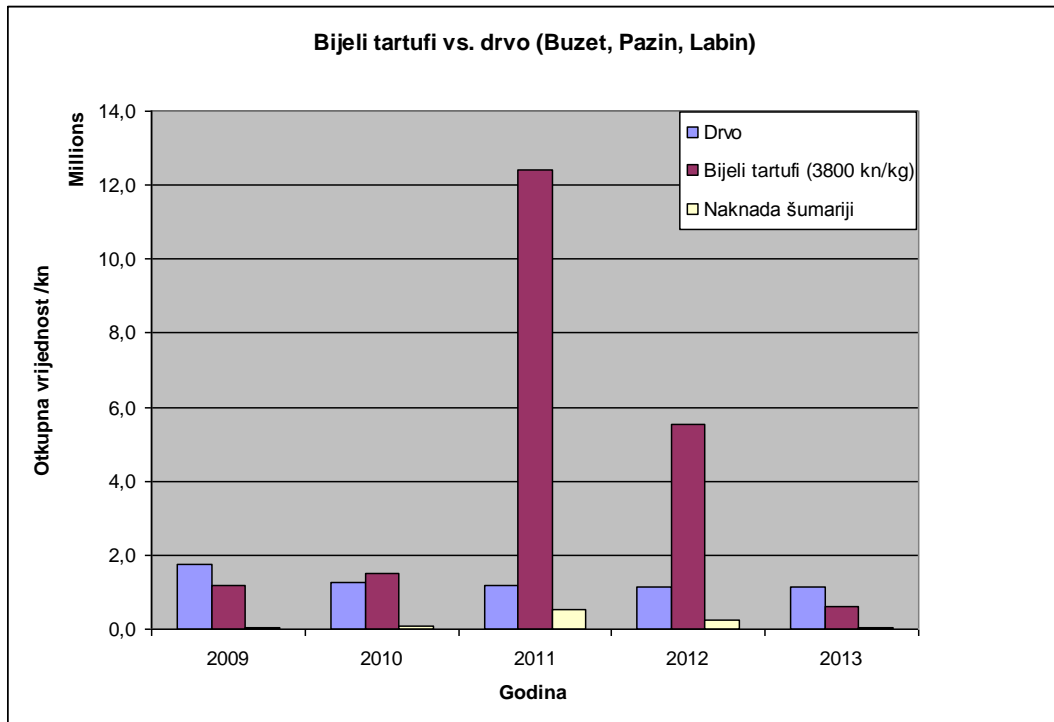
Kako je broj tartufara obrnuto proporcionalan s godišnjom količinom realiziranih plodišta (produktivnost) (Slika 233), možemo zaključiti kako bi za ekološki optimum velikog bijelog

tartufa trebalo ograničiti broj tartufara na onu mjeru koja ne bi smanjivala produktivnost ove vrste (vjerojatno bi prava mjera mogla predstavljati broj tartufara na području Motovunske šume kakav je bio do šezdesetih godina prošloga stoljeća). Na određenim manjim plohama, vjerojatno bi bilo dobro u potpunosti izuzeti tartufarenje čime bi se postigle „rasadničke“ točke s kojih bi se ova vrsta mogla kontinuirano obnavljati u okolnom širem prostoru koji bi mogao podnositi komercijalno opterećenje.

Kao potencijalne bioindikatore produktivnih mikrostaništa za veliki bijeli tartuf koji bi mogli ukazivati na njegov ekološki optimum mogli bismo navesti anecične gujavice kao prozračivače tla u pretvorbi trule drvene biomase u humusnu fazu tla, kao i određene člankonošce koji ih mogu ekološki djelomično zamijeniti (usp. Bragato i sur. 2004). U neproduktivnim zonama ove gujavice nedostaju zbog anaerobnih uvjeta tla koji nastaju uslijed predugog zadržavanja vode na stupcu tla. Ektomikorizne gljive općenito su aerobni stanovnici tla koji zahtjevaju vrlo dobru aeraciju tla jer imaju visoke potrebe za kisikom kako bi mogle funkcionirati (Trappe i sur. 2009). Na tornjastim strukturama tla koje te gujavice formiraju, utvrđena je i vrlo rijetka, strogo zaštićena gljivlja vrsta - *Scutellinia tuberculata*, prvi put opisana prije desetak godina (Matočec 2000) koja je do danas utvrđena samo na dva lokaliteta u Hrvatskoj te je uvrštena u Crvenu knjigu gljiva Hrvatske (Tkalčec i sur. 2008). Ta je gljiva član istog reda (*Pezizales*) kao i tartufi, ali stvara nadzemna pločasta plodišta. Tijekom nekoliko istraživanja prvog autora u Motovunskoj šumi u razdoblju fruktificiranja vrste *S. tuberculata*, ta je vrsta pronađena na dvije međusobno udaljene lokacije, obje sa starijom šumskom sastojinom hrasta lužnjaka. Moguću bioindikatorsku vrijednost ovih vrsta bilo bi potrebno istražiti u posebno planiranim istraživanjima.

Jedna od mjera očuvanja i dugoročnog povećanja vrijednosti Motovunske šume bila bi promjena smjera trenutnog načina gospodarenja odnosno skretanje pažnje s ekonomske vrijednosti koju predstavljaju potencijali drvene biomase na ekonomsku vrijednost koju daju plodišta podzemnih gljiva, primarno plodišta velikog bijelog tartufa. U skladu s time trebalo bi gospodariti Motovunskom šumom na način da se, koliko je god moguće, stimulira proizvodnja plodišta tartufa, uz poštivanje i provedbu više mjera koje to imaju za cilj (usp. Trappe i sur. 2009; Slika 236.). Lokaliteti koji su poznati kao visokoproduktivna staništa potrebno je zaštititi te na njima očuvati spontan sastav biljnih vrsta. Također je potrebno predvidjeti zahvate koji će omogućiti obnavljanje ishodišnih micelija od kojih su se razvile propagule i iz njih plodišta jer se pokazuje da plodišta u fazi sazrijevanja žive u saprobiontskoj fazi i uglavnom nisu više u mikorizi s matičnim stablom (Iotti i sur. 2012).

Usporedba otkupne vrijednosti velikog bijelog tartufa kao nedravnog šumskog proizvoda (u prosjeku 500-2000 €) te naknade koja se treba ubrati za sakupljene količine bijelih tartufa (160 kn/kg + PDV) s vrijednostima drvene mase koje su planirale ostvariti Hrvatske šume d.o.o. na područjima Šumarija Buzet, Pazin i Labin (Slika 237.), govori u prilog tartufa čije poticanje proizvodnje u prirodnim staništima može postati strateški prioritet regije (Zgrablić i sur. 2014a).



Slika 237. Usporedba otkupne vrijednosti drvene mase na područjima Šumarija Buzet, Pazin i Labin u odnosu na minimalnu otkupnu vrijednost velikog bijelog tartufa (3800 kn/kg) i naknadu koju šumarije mogu naplatiti po kg sakupljenih plodišta

Pod ekstremnim ekološkim uvjetima ili onima bliskim ekstremu, možemo razumijevati upravo uvjete kakve danas vidimo, općenito kako na području Istre, tako i konkretno na prostoru Motovunske šume. Populacija velikog bijelog tartufa, kako je gore elaborirano, prilagođena je na poplavni režim rijeke Mirne, a vrsta posve izostaje na okolnim ocjeditim terenima, kao i onim zamočvarenim nizvodno od područja Farnaze. Iz ovoga zaključujemo, kako su istarske populacije velikog bijelog tartufa ograničene samo na uski aluvijalni pojas oko potoka i rječica. Kako se on ne može širiti izvan ovoga prostora, brojni negativni utjecaji od kojih je većina na snazi već mnoga desetljeća polagano približavaju ovu populaciju prema riziku od lokalnog izumiranja. To su prije svega zahvati kanaliziranja prirodnog toka Mirne, neadekvatna gradnja cesta, sječa, prorjede u šumi, lov te prekomjerno (katkada i neprimjeren) sakupljanje plodišta. Najkritičniji prirodni (jake ljetne suše), ali najviše navedeni oni antropogeni utjecaji (Bragato i sur. 2004) uzrokuju povećanje suhoće tla zbog nedovoljnog vlaženja tijekom ljetnih mjeseci. Pad produktivnosti lokalnih populacija velikog bijelog tartufa prvenstveno se može dovesti u vezu s modifikacijom hidrauličkog ekvilibrija dna korita Mirne i Butonige 1960.-ih (i 1970-tih) godina, a u manjoj mjeri i s onovremenim porastom broja tartufara.

Prema Shaw i sur. (1996) pad produktivnosti ektomikoriznih gljiva (gdje spada i veliki bijeli tartuf) može se dodatno pripisati i onečišćenju tla dušičnim gnojivima. Poblizim istraživanjem populacija velikog bijelog tartufa na širem području njegove rasprostranjenosti ukazala su na stalni pad njegove produktivnosti na mnogim lokalitetima u posljednjih 40 godina, najviše zbog intenzivnog i neodrživog načina gospodarenja prostorom u kojem se uklanjaju glavne simbiotske drvenaste vrste ovoga tartufa te zbog antropogenog onečišćenja stupca tla i

širenja urbanog prostora (Hall i sur. 2003). Kod velikog bijelog tartufa utvrđeno je kako ne samo da ne postoji samooplodnja (homotaličnost), već nove rekombinirane jedinice mogu stvarati samo roditeljski organizmi koji nemaju međusobnu visoku srodnost (Paolocci i sur. 2006). Upravo zbog toga možemo očekivati velike probleme u očuvanju lokalnih malih i međusobno izoliranih populacija u Istri u uvjetima daljnjeg smanjenja njihove produktivnosti zbog navedenih različitih negativnih utjecaja.

Očuvanjem lokalne populacije ove ekonomski prvorazredno značajne gljivlje vrste te poboljšanjem njenih sadašnjih ekoloških uvjeta koji se mogu procijeniti kao ekstremni ili bliskima ekstremu, sasvim je izgledno da će se očuvati i populacije drugih interesnih vrsta gljiva (ali i vrsta iz drugih skupina živoga svijeta) koji prate veliki bijeli tartufa u njegovom staništu. To su prije svega gljive *Tuber macrosporum* (velikosporni tartuf), također komercijalna vrsta iz grupe tzv. „crnih tartufa“ te strogo zaštićena vrsta sitna trepavičarka (*Scutellinia tuberculata*) koja očigledno dijeli sudbinu s velikim bijelim tartufom, velikospornim tartufom i anecičnim gujavicama kroz njihovu zajedničku usku ekološku povezanost.

Prema istraživanjima i spoznajama Nevena Matočeca i Ivane Kušan (pers. com.), ali i nekih drugih istraživanja (Marjanović i sur. 2010, Gógán Csorbainé 2011) *Tuber magnatum* i *T. macrosporum* su dominantne i obilno zastupljene vrste tartufa u prirodnim nizinskim i miješanim šumama spontanog sastava s bijelom i crnom topolom, hrastom lužnjakom i jasenima (usp. i Bragato 2010). Doduše, vrsta *T. macrosporum* prema mnogim literaturnim izvorima može živjeti i na sušim, ocjeditijim, brežuljkastim terenima sa šumskim sastojinama hrastova cera, sladuna i dr. s običnim grabom, gdje veliki bijeli tartuf nikada nije zabilježen.

Poboljšanje ekoloških uvjeta za veliki bijeli tartuf može pozitivno utjecati i na još jednu vrstu iz skupine crnih tartufa - *Tuber brumale* (zimski tartuf) koji također može naseljavati poplavna područja, iako mu većina populacija leži na područjima izvan dohvata poplava. Većina drugih komercijalnih vrsta tartufa (*Tuber aestivum*, uključujući i njegov varijetet *T. aestivum* var. *uncinatum*, *T. borchii*, *T. maculatum*, *T. melanosporum* i *T. mesentericum*) široko su rasprostranjene vrste na području Istre, kao i Hrvatske te ostatka Europe i/ili preferiraju ocjedite i terasaste terene a neki čak i ekstrema skeletna tla, izvan aluvijalnih područja te ne mogu biti ugrožene mjerama poboljšanja životnih uvjeta velikog bijelog tartufa. Nekolicina vrsta tartufa (također naseljavaju terene izvan aluvijalnih područja) koje su također definirane kao komercijalne vrste (*T. asa*, *T. hiemalbum* i *T. malenconii*), nisu do danas utvrđene na području Istre, kao ni u Hrvatskoj.

LITERATURA

- Alvarado, P., Moreno, G., Manjón, J.L. (2012): Comparison between *Tuber gennadii* and *T. oligospermum* lineages reveals the existence of the new species *T. cistophilum* (Tuberaceae, Pezizales). *Mycologia* 104(4): 894-910.
- Bertini, L., Rossi, I., Zambonelli, A., Amicucci, A., Sacchi, A., Cecchini, M., Gregori, G., Stocchi, V. (2006): Molecular identification of *Tuber magnatum* ectomycorrhizae in the field. *Microbiological Research* 161(1): 59-64.
- Bonito, G., Smith, M.E., Nowak, M., Healy, R.A., Guevara, G., Cázares, E., Kinoshita, A., Nouhra, E.R., Domínguez, L.S., Tedersoo, L., Murat, C., Wang, Y., Arroyo Moreno, B., Pfister, D.H., Nara, K., Zambonelli, A., Trappe, J.M., Vilgalys, R. (2013) Historical

- Biogeography and Diversification of Truffles in the *Tuberaceae* and Their Newly Identified Southern Hemisphere Sister Lineage. PLoS ONE 8(1): e52765. DOI: 10.1371/journal.pone.0052765
- Bonito, G., Trappe, J.M., Rawlinson, P., Vilgalys, R. (2010): Improved resolution of major clades within *Tuber* and taxonomy of species within the *Tuber gibbosum* complex. Mycologia 102(5): 1042-1057.
 - Bragato, G. (2013): I suoli del tartufo bianco in Istria. CRA-RPS, Gorizia. (http://www.azrri.hr/uploads/media/Istria_2013_03.pdf)
 - Bragato, G., Sladonja, B., Peršurić, Đ. (2004): The soil environment for *Tuber magnatum* growth in Motovun forest, Istria. Natura Croatica 13(2): 171-185.
 - Bragato, G., Vignozzi, N., Pellegrini, S., Sladonja, B. (2010): Physical characteristics of the soil environment suitable for *Tuber magnatum* production in fluvial landscapes. Plant and Soil 329(1-2): 51-63.
 - Bratek, Z., Gógán, A., Halász, K., Bagi, I., Erdei, V., Bujáki, G. (2004): The northernmost habitats of *Tuber magnatum* known from Hungary. Le premier symposium sur les champignons hypogés du bassin méditerranéen, 6-8 Avril, Rabat. <http://www.kert.szie.hu/resources/217.pdf>
 - Ceruti, A., Fontana, A., Nosenzo, C. (2003): Le specie europee del genere *Tuber*. Una revisione storica. Monografie no. 37. Regione Piemonte, Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino.
 - Christopoulos, V., Psoma, P., Diamandis, S. (2013): Site characteristics of *Tuber magnatum* in Greece. Acta Mycologica 48(1): 27-32.
 - Colinas, C., Capdevila, J.M., Oliach, D., Fischer, C.R., Bonet, J.A. (2007): Mapa de aptitud para el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) en Catalunya, Centre Tecnologic Forestal de Catalunya.
 - Čupić, D. (2014): Pristup informacijama o broju registriranih komercijalnih sakupljača jestivih samoniklih gljiva i realiziranim godišnjim količinama samoniklih nadzemnih i podzemnih gljiva u Hrvatskoj. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Republika Hrvatska.
 - Čaleta, M. (1990): Tartufi. Zbornik republičkega seminarja 26. in 27. septembra, Ljubljana, Izkoriščanje in varstvo gozdne mikoflore: 107-113.
 - Čaleta, M. (2001): Kako sačuvati tartufe i uvesti red među tartufare. Hrvatske šume 60: 16-17.
 - Fast, M. (1992): Il tartufo in Istria. Ed. Italo Svevo, Trieste.
 - Figliuolo, G., Trupo, G., Mang, S. (2013): A realized *Tuber magnatum* niche in the upper Sinni area (South Italy). Open Journal of Genetics 3: 102-110.
 - Frančičković, S. (1950): Naši tartufi. Šumarski list 1-2: 23-38.
 - Glamočlija, J., Vujičić, R., Vukojević, J. (1997): Evidence of truffles in Serbia. Mycotaxon 65: 211-222.
 - Gógán Csorbainé, A. (2011): Studies on cultivation possibilities of summer truffle (*Tuber aestivum* Vittad.) and smooth black truffle (*Tuber macrosporum* Vittad.) in Hungary. PhD Thesis. Szent István University, Gödöllő.
 - Gregori, G. (2013) Tartufaie naturali di *Tuber magnatum*: prove di miglioramento. (http://www.azrri.hr/uploads/media/Buzet_miglioramento_tartufaie__bianco_2013__Na%C4%8Din_kompatibilnosti__04.pdf)

- Guevara, G., Bonito, G., Trappe, J.M., Cázares, E., Williams, G., Healy, R.A., Schadt, C., Vilgalys, R. (2013): New North American truffle species (*Tuber*, Pezizales) and their ectomycorrhizal associations. *Mycologia* 105(1): 194-209.
- Hall, I.R., Yun, W., Amicucci, A. (2003): Cultivation of edible ectomycorrhizal mushrooms. *Trends in Biotechnology* 21(10): 433-438.
- Hall, I.R., Zambonelli, A., Primavera, F. (1998): Ectomycorrhizal fungi with edible fruiting bodies 3. *Tuber magnatum*, Tuberaceae. *Economic Botany* 52(2): 192-200.
- Harvey, A.E., Larsen, M.J. & Jurgensen, M. (1976): Distribution of ectomycorrhizae in a mature Douglas fir/larch forest system in Western Montana. *Forest Science* 22: 393-398.
- Hrka, J. (1984): Općenito o tartufima, njihovim prirodnim nalazištima i uzgoju na umjetni način. *Šumarski list* 108: 523-535.
- Iotti, M., Leonardi, M., Oddis, M., Salerni, E., Baraldi, E., Zambonelli, A. (2012): Development and validation of a real-time PCR assay for detection and quantification of *Tuber magnatum* in soil. *BMC Microbiology* 12:93.
- Jurc, D., Piltaver, A., Ogris, N. (2005): Glive Slovenije, Vrste in razširjenost. *Studia Forestalia Slovenica, Strokovna in znanstvena dela* 124, Silva Slovenica.
- Lawrynowicz, M. (1993) Distributional limits of truffles in northern Europe. *Micologia e Vegetazione Mediterranea* 7(1): 31-38.
- Marjanović, Ž., Grebenc, T., Marković, M., Glišić, A., Milenković, M. (2010): Ecological specificities and molecular diversity of truffles (genus *Tuber*) originating from mid-west of the Balkan Peninsula. *Sydowia* 62 (1): 67-87.
- Maser, C., Claridge, A.W., Trappe, J.M. (2008): *Trees, truffles and beasts: how forests function*. Piscataway, NJ: Rutgers University Press.
- Maser, C., Maser, Z. (1988): Interactions among squirrels, mycorrhizal fungi, and coniferous forests in Oregon. *Great Basin Naturalist* 48: 358-369.
- Maser, C.M., Trappe, J.M., Nussbaum, R.A. (1978): Fungal-small mammal interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forests. *Ecology* 59: 799-809.
- Matočec, N. (2000) The genus *Scutellinia* (Pezizales) in Croatia III. A new species - *Scutellinia tuberculata*. *Mycotaxon* 76: 481-488.
- Mello, A., Murat, C., Vizzini, A., Gavazza, A., Bonfante, P. (2005): *Tuber magnatum* Pico, a species of limited geographical distribution: its genetic diversity inside and outside a truffle ground. *Environmental Microbiology* 7(1): 55-65.
- Milenković, M., Marjanović, Ž. (2000): Current results on *Tuber* spp. research in Yugoslavia. The Vth International Congress on the Science and Cultivation of *Tuber* and other edible hypogeous mushrooms Proceedings, Section Ecology: 4218 -4225.
- Montecchi, A., Sarasini, M. (2000): *Funghi ipogei d'Europa*. Associazione Micologica Bresadola, Trento.
- Paolocci, F., Rubini, A., Riccioni, C., Arcioni, S. (2006): Reevaluation of the Life Cycle of *Tuber magnatum*. *Applied and Environmental Microbiology* 72(4): 2390-2393.
- Paškvan, R. (1956): O uzgoju tartufa općenito, s osvrtom na uzgoj bijelog tartufa u Istri. *Agronomski glasnik* 1: 23-31.
- Pomarico, M., Figliuolo, G., Rana, G.L. (2007): *Tuber* spp. biodiversity in one of the southernmost European distribution areas. *Biodiversity and Conservation* 16: 3447-3461.

- Piltaver A., Ratoša I. 2006. A contribution to better knowledge of hypogeous fungi in Slovenia. *Gozdarski vestnik* 64 (7/8): 303-312, 329-330.
- Rubini, A., Paolocci, F., Riccioni, C., Vendramin, G.G., Arcioni, S. (2005): Genetic and Phylogeographic structures of the Symbiotic Fungus *Tuber magnatum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(11): 6584-6589.
- Sella, M. (1932): Il Tartufo Bianco in Istria. *Nuovo giornale botanico Italiano* 39(2): 155-164.
- Shaw, P.J.A., Lankey, K., Jourdan, A. (1996): Factors affecting the yield of *Tuber melanosporum* in a *Quercus ilex* plantation in southern France is the decline on *Cantharellus cibarius* in the Netherlands due to air pollution? *Mycological Research* 100: 1176-1178.
- Su, K.M., Xiong, W.P., Wang, Y., Li, S.H., Xie, R., Baima, D. (2014): *Tuber bomiense*, a new truffle species from Tibet, China. *Mycotaxon* 126: 127-132.
- Tkalčec, Z., Mešić, A., Matočec, N., Kušan, I. (2008): *Crvena knjiga gljiva Hrvatske*. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Republika Hrvatska.
- Tomić, I. (2004): Istarska nalazišta tartufa jedinstvena u svijetu. *Hrvatske šume* 87: 23-25.
- Trappe, J. M., Molina, R., Luoma, D. L., Cázares, E., Pilz, D., Smith, J. E., Castellano, M. A., Miller, S. L., Trappe, M. J. (2009): *Diversity, Ecology and Conservation of Truffle fungi in Forests of the Pacific Northwest*, United States Department of Agriculture.
- Vidaček, Ž., Perković, J., Pavlić, V. (1978): *Osnovna pedološka karta Hrvatske*. Tla sekcije Pazin 1.
- Zambonelli, A., Di Munno, R. (1992): *Indagine sulla possibilità di diffusione dei rimboschimenti con specie tartufigene: aspetti tecnico-culturali ed economici*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Rome.
- Zgrablić, Ž., Brenko, A., Matočec, N., Kušan, I., Fornažar, A., Čulinović, J., Prekalj, G., (2014a): *Strategija održivog tartufarstva u Istarskoj županiji 2014.-2020*. Istarska županija, Upravni odjel za poljoprivredu, šumarstvo, lovstvo, ribarstvo i vodoprivredu, Pazin (u tisku).
- Zgrablić, Ž., Milotić, M., Grebenc, T. (2014b): *Truffles in Istria: an overview of their importance for people and ecology*. Conference proceeding. 2eme symposium sur les champignons hypogees du bassin mediterraneen. Rabat.



5 DEFINIRANJE OPTIMALNOG STANJA EKOSUSTAVA MOTOVUNSKE ŠUME

U sagledavanju optimalnog stanja ekosustava Motovunske šume dva su elementa koji se isprepliću - ekosustav poplavne šume sa specifičnim živim svijetom (u odnosu na okolno submediteransko područje) te slatkovodni ekosustav rijeke Mirne i pripadajućih vodotoka i kanala. Velika raznolikost vodozemaca i važnost ovog područja za lombardijsku žabu najbolje pokazuje nužnost postizanja optimalnih uvjeta u oba ekosustava. Tako globalna vrijednost Motovunske šume kao najpogodnijeg staništa lombardijske žabe (*Rana latastei*) stavlja osiguranje povoljnih stanišnih uvjeta za ovu vrstu kao jedan od prioriteta.

Prema Vodiču za izradu i planova revitalizacije vodotoka (MEANDAR projekt 2013), analiza željenog stanja prilikom revitalizacije pojedinog vodotoka temelji se na više razina i funkcija.

Optimalno stanje ekosustava Motovunske šume je definirano za vodna tijela koja su obuhvaćena istraživanim područjem prema slijedećim funkcijama:

- Hidrologija, količina vode i ekološki prihvatljiv protok (ekološki prihvatljiv protok će možda trebati prilagoditi ovisno o načinu revitalizacije starog korita Mirne, zbog mogućih promjena u hidrološkom režimu rijeke Mirne i načinu korištenja vodnih tijela u drugim dijelovima sliva),
- Natura 2000, flora i fauna (optimalni ekološki uvjeti koje treba zadovoljiti kako bi se postigla ili očuvala cjelovitost područja ekološke mreže Natura 2000, ali i ostalih rijetkih i ugroženih biljnih i životinjskih vrsta),
- Bijeli tartuf (optimalno stanje ekoloških uvjeta za gospodarski važnu vrstu veliki bijeli tartuf (*Tuber magnatum*),
- Kakvoća vode,
- Hidromorfologija.

5.1 Hidrologija, količina vode i ekološki prihvatljiv protok

Pojedini tip tekućice čini skupina tekućica koje se mogu razlikovati od ostalih skupina na temelju njihovih fizičkih, kemijskih i bioloških karakteristika. Glavna svrha i ciljevi određivanja tipova površinskih voda je omogućavanje definiranja referentnih uvjeta specifičnih za određene tipove površinskih voda. S obzirom da referentni uvjeti predstavljaju uvjete koji odražavaju potpuno nenarušeno stanje ili stanje s vrlo malim ljudskim utjecajem, upravo se njih pokušava restauracijom postići.

Sukladno utvrđenom tipu vodenog tijela na području starog toka Mirne, potrebno je uspostaviti stanišne uvjete koji odgovaraju Ekotipu 18 - Nizinske srednje velike tekućice Istre (Mihaljević i sur., 2011b; Prilog 15.), a na temelju kojih su u nastavku definirane vrijednosti ekološki prihvatljivog protoka (između ostalog i prema potrebnoj dubini vode).

Ekološki prihvatljiv protok je detaljno obrađen u stručnim studijama:

1. „Definiranje ekološki prihvatljivog protoka rijeke Mirne“ (Oikon, 2013) - za vodomjerne postaje na rijeci Mirni
2. Procjena hidroloških elemenata ekološki prihvatljivog protoka sv. Ivan, Bulaž i Gradole - hidrološka ekspertiza (Rubinić 2013; Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci)

Time su definirani osnovni zahtjevi za sadašnje hidrološko stanje na području sliva rijeke Mirne. Prema odabranom rješenju revitalizacije će vjerojatno trebati prilagoditi ekološki prihvatljiv protok na postajama nizvodno od starog toka Mirne. Također moguće su promjene u hidrološkom režimu tj. načinu korištenja voda u drugim dijelovima sliva, te će sukladno tome biti potrebno prilagoditi trenutno definirani ekološki prihvatljiv protok.

Ekološki prihvatljiv protok definiran temeljem hidroloških metoda (Oikon 2013)

R. broj	Metoda proračuna EPP-a	Mirna Buzet		Mirna Motovun		Mirna Portonski most	
		EPP [m ³ /s]		EPP [m ³ /s]		EPP [m ³ /s]	
9.	Metoda Steinbach	0.098		0.31		0.41	
19.	Zakonski propis u Sloveniji	5 - 9 mj.	10 - 4 mj.	5 - 9 mj.	10 - 4 mj.	5 - 9 mj.	10 - 4 mj.
		0,24	0,084	0,68	0,238	0,9	0,315

Ekološki prihvatljiv protok definiran temeljem ekoloških metoda (Oikon 2013)

Postaja	Mirna Buzet			Mirna Motovun			M3-Mirna Portonski most		
	Dubina (cm)	Vodostaj (cm)	Protok	Vodostaj (cm)	Protok	Protok	Vodostaj (cm)	Protok	Protok
H1	H=H1	Formula	Q=a*(H) ^b Q (m ³ /s)	H=H1	Formula	Q (m ³ /s)	H=H1-B; B=67	Formula	Q (m ³ /s)
21	21	180,86H ^{4,31}	0,217	21	15,07H ^{2,53}	0,291	-46	5,05(H+B) ^{2,89}	0,056
25	25	180,86H ^{4,31}	0,460	25	15,07H ^{2,53}	0,452	-42	5,05(H+B) ^{2,89}	0,092

Za uspostavljanje optimalnih ekoloških uvjeta u starom toku Mirne mogu se preuzeti vrijednosti ekološki prihvatljivog protoka definirane za postaje Buzet, Portonski most, Mirna-Kamenita vrata te Botonega - Šćulci prema EPP definiranom u studiji Oikon-a (2013).

Postaju Mirna-Motovun se može razmatrati kao referentnu za definiranje potrebnog minimalnog ekološki prihvatljivog protoka u starom toku Mirne na lokaciji na kraju 2. kazete (mjesto gdje cesta Livade-Motovun presjeca stari tok Mirne). U slučaju korištenja točke Mirna - Motovun kao referentne za stari tok rijeke Mirne potrebno je uzeti u obzir sljedeće:

- da je ova vrijednost minimalnog ekološkog protoka dobivena uzimajući u obzir da se u vode Mirne uljevaju vode iz vodnih tijela: Botonega - Šćulci, Gradinje i izvor Bulaž (kao i ostala uzvodna vodna tijela i izvori na rijeci Mirni i pritokama) prema vrijednostima u studiji Oikon 2013
- da ovaj protok predstavlja okvirnu vrijednost prema profilu i hidrološkom režimu na vodomjernoj postaji Mirna - Motovun te da će ga vjerojatno trebati prilagoditi profilu na starom toku rijeke Mirne na kraju 2. kazete na način da se ostvari minimalni vodostaj od 25 cm.

Procjenjene vrijednosti EPP/biološkog minimuma za izvore u slivu rijeke Mirne (Rubinić 2013):

Izvor	Matthey-eva formula za strme obale s $Q_{sr} < 5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$			Matthey-eva formula za strme obale s $Q_{sr} > 5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$		Matthey-eva formula za umjereno strme obale	BiH preporuke za nedostatak kompleksnije definirani vrijednost EPP	Alarmanta granična vrijednost
	(l/s)			(l/s)		(l/s)	(l/s)	(l/s)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(4b)	(5)	(6)	(7)
Sv.Ivan	158	108	71	126	167	177	140	73
Bulaž	123	86	49	110	138	132	85	50
Gradole	269	194	175	200	275	497	377	160



5.2 Natura 2000, flora i fauna

5.2.1 Natura 2000 vrste i staništa

U ovom dijelu analize naglasak je stavljen na definiranje optimalnog stanja, odnosno optimalnih stanišnih uvjeta koje je potrebno zadovoljiti u proglašenim Natura 2000 područjima.

Detaljniji opis optimalnih ekoloških uvjeta prikazan je u poglavljima 4.1.6.1. Motovunska šuma kao Natura 2000 stanišni tip i 4.2.2.4. Definiranje optimalnog stanja Natura 2000 vrsta i stanišnih tipova.

Sažeti pregled stanišnih uvjeta nužnih za očuvanje ciljnih vrsta i staništa područja ekološke mreže (pEM) HR2000619 Mirna i šire područje Butonige, HR2000637 Motovunska šuma te HR2001274 Mlaka:

Vrsta / Stanišni tip	pEM	Optimalni stanišni uvjeti	Aktivnosti nužne za osiguranje optimalnih uvjeta na području ekološke mreže
<i>Vertigo angustior</i> (uskoušćani zvrčić)	HR2000619 HR2000637	Vlažna područja, bilo livade, bilo šikare ili poplavne šume, a dolazi i na suhim livadama	Osigurati područja s prirodnim obalama vodotoka. Osigurati vlažna područja i područja koja povremeno plave.
<i>Vertigo moulinsiana</i> (trbušasti zvrčić)	HR2000619	Prema literaturnim podacima vrsta je vezana za vlažna područja vapnenačkih podloga, te su time obuhvaćene močvare, ušća i obale potoka, rijeka i jezera	Osigurati područja sa sljedećim karakteristikama: Razina vode > +0,25 m. Promjena razine vode od 0 do +0,6 m. Razina vode vrlo je rijetko ispod razine tla. Napomena: Parametri se nemoraju odnositi na tok rijeke Mirne
<i>Lycaena dispar</i> (kiseličin vatreni plavac)	HR2000619	C.2.; nizinske vlažne livade i močvarni rubovi rijeka, potoka i jezera, kao i niži dijelovi gorskih dolina; Biljke hraniteljice su vrste iz roda kiselica <i>Rumex</i> spp. (<i>R. hydrolapathum</i> , <i>R. crispus</i> , <i>R. aquaticus</i>);	Osigurati povoljne uvjete za razvoj vrsta <i>Rumex</i> spp. (Kratkotrajno plavljenje (1 ili više puta godišnje područja uz rubove rijeke ili kanala) Područja uz vodotoke kositi u periodu nakon izljetanja 1. generacije (druga polovica svibnja do sredine lipnja)
<i>Coenonympha oedippus</i> (močvarni okaš)	HR2000619	Zajednice beskoljenke koje su karakteristično stanište močvarnog okaša u Istri zahtijevaju povišenu razinu podzemne vode. Povremeno (više puta godišnje) plavljenje uz kraće zadržavanje vode pogoduje očuvanju staništa. Gusjenice se hrane <i>Molinia caerulea</i> , <i>Carex fl. avas. lat. x hostiana</i> , <i>C. hostiana</i> , <i>C. panicea</i> , i <i>C. davalliana</i>	Osigurati područja travnjaka s visokom razinom podzemne vode i koja povremeno (više puta godišnje) plave uz kraće zadržavanje vode.

Vrsta / Stanišni tip	pEM	Optimalni stanišni uvjeti	Aktivnosti nužne za osiguranje optimalnih uvjeta na području ekološke mreže
<i>Austropotamobius pallipes</i> (bjelonogi rak)	HR2000619	Preporučena zaštitna (bufer zona) vegetacije uz vodotok je oko 2 m. Rijeka s pjeskovitim ili kamenim dnom koja zbog meandriranja ima područja sa sporijom strujom vode i gdje se razvija vodena vegetacija. Vrsta je relativno otporna na lošiju fiziklano-kemijsku kvalitetu vode i dobro podnosi veće oscilacije kisika i temperature, uz uvjet da je tvrdoća vode visoka, da ne postoje veća onečišćenja vode i da dno nije muljevito.	S obzirom da stari tok Mirne meandrira moguće je optimalne uvjete stvoriti uspostavom toka kroz stari tok Mirne. Na taj način će se stvoriti područja sa sporijom strujom vode gdje se razvija vodena vegetacija. Optimalna količina vode je ona koja će omogućiti brzinu toka kod koje će se stvoriti raznolika struktura nanosa (s raznolikijom granulometrijskom strukturom dna) s većim udjelom pjeskovitog ili kamenitog dna.
<i>Alburnus arborella</i> (primorska uklija)	HR2000619	Temperatura vode 12-28 °C, pH 6,8 - 7,8.	Na području rijeke Mirne u barem jednom dijelu perioda mriješćenja (od svibnja do kolovoza) osigurati temperaturi vode iznad 15 °C. Za mriješćenje osigurati plitku vodu na pjeskovitom ili šljunkovitom dnu, ili vodenu vegetaciju.
<i>Barbus plebejus</i> (mren)	HR2000619	Nastanjuje brže tekuće vode i nizinske zone rijeka, bogate kisikom. Minimalna srednja dubina vode u ljetnom razdoblju je 21 cm. Minimalna srednja dubina vode u ostalom dijelu godine je 25 cm.	Minimalna srednja dubina vode u Mirni u ljetnom razdoblju je 21 cm. Minimalna srednja dubina vode u Mirni u ostalom dijelu godine je 25 cm. Prema Studiji ekološki prihvatljivog protoka (Oikon 2013) potrebno je ostvariti minimalno ove vrijednosti za zadovoljavanje dovoljne dubine vodotoka: Mirna Izvorište Rečica : a) Ljeti: 0,217 m ³ /s b) Ostali dio godine: 0,460 m ³ /s Mirna Kamenita vrata: a) Ljeti: 0,291 m ³ /s b) Ostali dio godine: 0,0,452 m ³ /s Mirna Portonski most: a) Ljeti: 0.056 m ³ /s b) Ostali dio godine: 0,092 m ³ /s

Vrsta / Stanišni tip	pEM	Optimalni stanišni uvjeti	Aktivnosti nužne za osiguranje optimalnih uvjeta na području ekološke mreže
<i>Bombina variegata</i> (žuti mukač)	HR2000619 HR2000637	<p>Tipična staništa za razmnožavanje su razni tipovi vodenih staništa u blizini šuma, poput močvara, potoka te osunčanih plitkih lokvi, bez vegetacije koje s vremena na vrijeme mogu presušiti.</p> <p>Povremeno plavljenje šume te postojanje stajaće ili sporo tekuće vode unutar šumskih staništa kao rezultat povremenog plavljenja šume, zadržavanja oborina i održavanja postojećeg kanalskog sustava.</p>	<p>Osigurati dovoljnu površinu staništa s vodom stajaćicom (lokve, kanali, močvare, potoci) sa slabo obraslom vegetacijom i to primjenom kombinacije sljedećih metoda:</p> <ol style="list-style-type: none"> Lokve u kolotrazima u šumi s dovoljnim osunčanjem (Svjetla) močvarna staništa s barem nekoko cm vode tijekom cijelog proljetnog razdoblja mrijesta Kanali u i oko šume s nekoko cm vode tijekom cijelog proljetnog ili ljetnog razdoblja mrijesta Potok (vodotok) s dovoljno obalne vegetacije i vodenim makrofitima Lokve u šumskim staništima zaostale nakon poplava <p>Osigurati dovoljno vode u periodu parenja od travnja do kolovoza.</p> <p>Splet kanala održava dovoljno vode i vlažnosti (Posebno dobre sastojine se nalaze s desne (zapadne) strane rijeke Butonige).</p>
<i>Rana latastei</i> (lombardijska smeđa žaba)	HR2000619 HR2001274 HR2000637	<p>Vlažne listopadne šume s bogatom vegetacijom i visokim nivoom podzemnih voda (poplavne nizine rijeka). Odrasle preferiraju sjenovita šumska područja s dobro razvijenim pridnenim slojem vegetacije i konstantno vlažnim uvjetima.</p> <p>Za mrjestilište biraju sporo protočna ili gotovo mirna vodena tijela te sporije dijelove meandrirajućih potoka i rječica.</p>	<p>Osiguranje lokacija za mrijest unutar šume poplavljanjem (u proljeće).</p> <p>Očuvati vodu u kanalima (u i oko šume) u doba mrijesta i rasta punoglavaca (veljača do kraja travnja)</p> <p>Održavanje kanala treba provoditi izvan sezone mrijesta (veljača do kraja travnja).</p> <p>Očuvati uvjete koji pogoduju razvoju prizemne vegetacije u šumi - viša razina podzemne vode pogoduje uspostavi vlažnijih uvjeta, ali spriječiti zamočvarivanje. Ovakve uvjete je moguće ostvariti povremenim poplavljanjem.</p> <p>Uspostaviti bolju povezanost staništa stvaranjem kontinuiranog toka u Starom toku Mirne.</p>
<i>Emys orbicularis</i> (barska kornjača)	HR2000619 HR2000637	<p>Vodena staništa s obalnom vegetacijom, ali i s osunčanim dijelovima.</p> <p>Idealno stanište za barsku kornjaču treba biti premreženo nizom vodenih staništa različite veličine, dubine i strukture koji omogućuju jedinkama migraciju među različitim lokvama/ kanalima/ jarcima.</p>	<p>Osigurati vodu u kanalima u rubnim dijelovima šume (kanali i jarci).</p> <p>Osigurati raznolika vodena staništa umrežena nizom vodenih staništa (bare, lokve, mrtvi rukavci, rijeke, potoci i kanali) različite veličine, dubine i strukture.</p> <p>Povezivanjem starog toka Mirne uspostavila bi se bolja povezanost vodenih staništa.</p>
<i>Myotis bechsteinii</i> (velikouhi šišmiš)	HR2000637	<p>Preferiraju stare šume s hrastom s velikim brojem napuštenih duplji djetlića koje koriste kao prebivalište u proljeće i ljeto</p>	<p>Osigurati dovoljno suhih stabala s dupljama u drveću.</p>

Vrsta / Stanišni tip	pEM	Optimalni stanišni uvjeti	Aktivnosti nužne za osiguranje optimalnih uvjeta na području ekološke mreže
6510 Nizinske košarice (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	HR2000619 HR2001274	Vlažniji uvjeti i kratkotrajno plavljenje Kratkotrajno plavljenje (1 ili više puta godišnje). Za niskog vodostaja izvan poplavne vode, a za visokog više-manje poplavljeno.	Na području travnjaka osigurati visoku razinu podzemne vode i povremeno (više puta godišnje) plavljenje uz kraće zadržavanje vode.
9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume <i>Carpinion betuli</i>	HR2000619 HR2000637	Izvan područja plavljenja - tolerira povremeno kratko plavljenje . Dubina do podzemne vode (u kontinentalnim dijelovima s hrastovo grabovim šumama): više od 2 m , a na području Motovunske šume treba odrediti povoljnu dubinu do podzemne vode.	<u>Potrebno je razjasniti pretpostavljenu rasprostranjenost cilja očuvanja s institucijama za zaštitu prirode.</u> Potrebno je definirati potrebne razine podzemne vode.
91F0 Poplavne miješane šume <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> ili <i>Fraxinus angustifolia</i>	HR2000637	Dubina do podzemne vode (u kontinentalnim dijelovima RH s hrastovo grabovim šumama): više od 1-3 m <i>Na području Motovunske šume treba odrediti povoljnu dubinu do podzemne vode.</i> Povremeno plavljenje. Prisutnost sporo otjecajuće vode u stupcu tla.	<u>Potrebno je razjasniti pretpostavljenu rasprostranjenost cilja očuvanja s institucijama za zaštitu prirode.</u> Potrebno je definirati potrebne razine podzemne vode. Osigurati funkcionalnost kanala sisavaca. Odrediti optimalno trajanje i pojavu poplava.

5.2.2 Ostale rijetke i ugrožene vrste

Na području Motovunske šuma uočene su brojne jedinke alohtone vrste barske nutrije (*Myocastor coypus*). S obzirom da se radi o invazivnoj vrsti koja može utjecati na smanjenje povoljnih staništa zavičajnih vrsta, od kojih su neke rijetke i ugrožene, trebalo bi uvesti mjere kontrole populacije barske nutrije ili, čak poželjnije, mjere istrebljenja. Jedan od mogućih načina smanjivanja populacije barske nutrije predstavlja reintrodukcija vidre (*Lutra lutra*), rijetkog i ugroženog sisavca s nedovoljno poznatim statusom ugroženosti za područje rijeke Mirne. Premda je do 1985. godine vidra naseljavala područje rijeke Mirne, danas se smatra lokalno izumrlom vrstom.

Uspostava protočnosti starog toka rijeke Mirne omogućila bi uspostavu povoljnih stanišnih uvjeta za reintrodukciju vidre - kvalitetnije stanište za hranjenje te stanište s manjom razinom uznemiravanja (s obzirom na otvorenost trenutnog toka Mirne i smještaj istog u neposrednoj blizini prometnice).

K tome, na području starog toka Mirne (MŠ1) nađena je invazivna vrsta novozelandski glibnjak (*Potamopyrgus antipodarum*; skupina Gastropoda) za koju trenutno ne postoji učinkovita metoda istrebljenja. Može se pretpostaviti da vrsta živi i u okolnim vodotocima (rijeka Mirna,



Gradinje i Obuhvatni kanal), što bi trebalo dodatno istražiti te na temelju dobivenih rezultata predložiti (i provesti) mjere za sprječavanje daljnjeg širenja ove invazivne vrste.

5.3 Definiranje optimalnog stanja za veliki bijeli tartuf (*Tuber magnatum*)

Ekonomski vrlo bitna vrsta na području Motovunske šume je veliki bijeli tartuf (*Tuber magnatum*). Ekološki optimum životnih uvjeta lokalne populacije velikog bijelog tartufa nalazi se u riparijskoj, prirodnoj šumskoj vegetaciji te vegetaciji rubova šuma gdje dominiraju topole, vrbe i hrast lužnjak. Istarske populacije velikog bijelog tartufa ograničene su na uski aluvijalni pojas oko potoka i rječica. Kako se veliki bijeli tartuf ne može širiti izvan ovog prostora, brojni negativni utjecaji, od kojih je većina na snazi već više desetljeća, približavaju ovu populaciju polagano prema riziku od lokalnog izumiranja. To su prije svega zahvati kanaliziranja prirodnog toka Mirne, neadekvatna gradnja cesta, prorjede u šumi (zbog vjetroatvara), lov te prekomjerno (katkada i neprimjereno) sakupljanje plodišta. Najkritičniji prirodni faktor koji utječe na brojnost plodišta su jake ljetne suše, no antropogeni faktori također doprinose povećanju suhoće tla. Upravo podizanje razine podzemnih voda revitalizacijom starog toka Mirne moglo bi doprinijeti osiguranju dovoljne vlažnosti tla tijekom cijele godine. S obzirom na postojeće edafske uvjete, za očuvanje velikog bijelog tartufa potrebno je osigurati kratkotrajnu prisutnost podzemne vode u čitavom stupcu tla, pa čak i periodičke kratkotrajne poplave. Optimalno bi poplave trajale i do nekoliko dana, no treba spriječiti dugotrajnije zadržavanje površinske vode, tj. spriječiti zamočvarivanje i kompaktiranje stupca tla održavanjem šumarskih kanala „sisavaca“. K tome, potrebno je osigurati dio u kojem bi pojedini dijelovi šumske vegetacije trebali biti u fazi starih šuma, pa i djelomično prašuma te u kojima bi se moralo dopustiti određenom broju stabala da prirodno umre i sruši se, kako bi neke površine imale stojeće i ležeće mrtve trupce s dupljama. Na taj način osigurao bi se ne samo dendrodiverzitet nego i dobni diverzitet stabala, čime se maksimalno stabiliziraju čitave mikorizne mikocenoze.

Pored navedenih mjera za održavanje produktivnosti tartufa u prirodnim staništima, kao iznimno važna stavka navodi se funkcija različitih sisavaca i sova, kao ključnih vektora za rasprostiranje tartufa, za koje su stare šume s krupnim drvnim ostacima također optimalni ekološki uvjeti. Zbog toga bi trebalo osigurati povoljne stanišne uvjete za ove vrste te trajno isključiti uznemiravanje šumskih sisavaca i sova, uključujući i lov. Navedeni mozaik staništa trebao bi obavezno uključivati dugačke i nepravilne linije rubnih šumskih zona, kao i uklopine ekstenzivno gospodarenih niskoproduktivnih travnjaka sa soliternim stablima topola, vrba i hrasta lužnjaka te drvoredima topola i vrba uz restaurirane, hidrološki funkcionalne meandre toka rijeke Mirne i pritoka.

Kao potencijalni bioindikator produktivnih mikrostaništa povoljnih za veliki bijeli tartuf, koji bi mogli ukazivati na njegov ekološki optimum, ističu se anecične gujavice (kao prozračivači tla u pretvorbi trule drvene biomase u humusnu fazu tla), ali i određeni člankonošci koji ih mogu ekološki djelomično zamijeniti. Očuvanjem lokalne populacije ove ekonomski prvorazredno značajne vrste gljiva te poboljšanjem njenih sadašnjih ekoloških uvjeta, koji se mogu procijeniti kao ekstremni ili bliskima ekstremu, sasvim je izgledno da će se očuvati i populacije drugih interesnih vrsta gljiva (ali i vrsta iz drugih skupina živoga svijeta) koji prate veliki bijeli tartuf u njegovom staništu. Kako imaju visoke potrebe za kisikom, ektomikorizne gljive općenito zahtjevaju vrlo dobru aeraciju tla. U skladu s time, trebalo bi gospodariti Motovunskom šumom na način da se, koliko god je moguće, stimulira proizvodnja plodišta tartufa, uz poštivanje i provedbu većeg broja mjera koje to imaju za cilj. Primjenom ovih mjera pogodovat će se i očuvanju populacija vrste *Tuber macrosporum* (velikosporni tartuf),



komercijalne vrste iz grupe tzv. „crnih tartufa“, ali i strogo zaštićenih vrsta *Scutellinia tuberculata* (sitna trepavičarka) te *Tuber brumale* (zimski tartuf).

U većem dijelu 1. kazete dominantniji razvoj jasenovih šuma usljed zabilježenog zamočvarivanja nakon pomlađivanja šume. K tome, u zapadnom dijelu 1. kazete (najzapadnije) zabilježeno je da povratne (poplavne) vode iz Mirne povremeno zamočvaruju ovo tlo što također utječe na dominantni razvoj jasenovih šuma u ovom dijelu kazete, a što negativno utječe na razvoj staništa velikog bijelog tartufa u ovom dijelu kazete. Stoga je potrebno izvršiti radove kojima bi se u ovoj kazeti uspostavili povoljniji uvjeti za hrast lužnjak te tako stvorila bolja staništa za velikog bijelog tartufa. Uspostavljanje toka kroz stari riječni tok Mirne jedan je od mogućih zahvata kojim bi se spriječilo zamočvarivanje najzapadnijeg dijela kazete te bi se tako stvorili preduvjeti za uspješniji razvoj šumskih sastojina s hrastom lužnjakom.

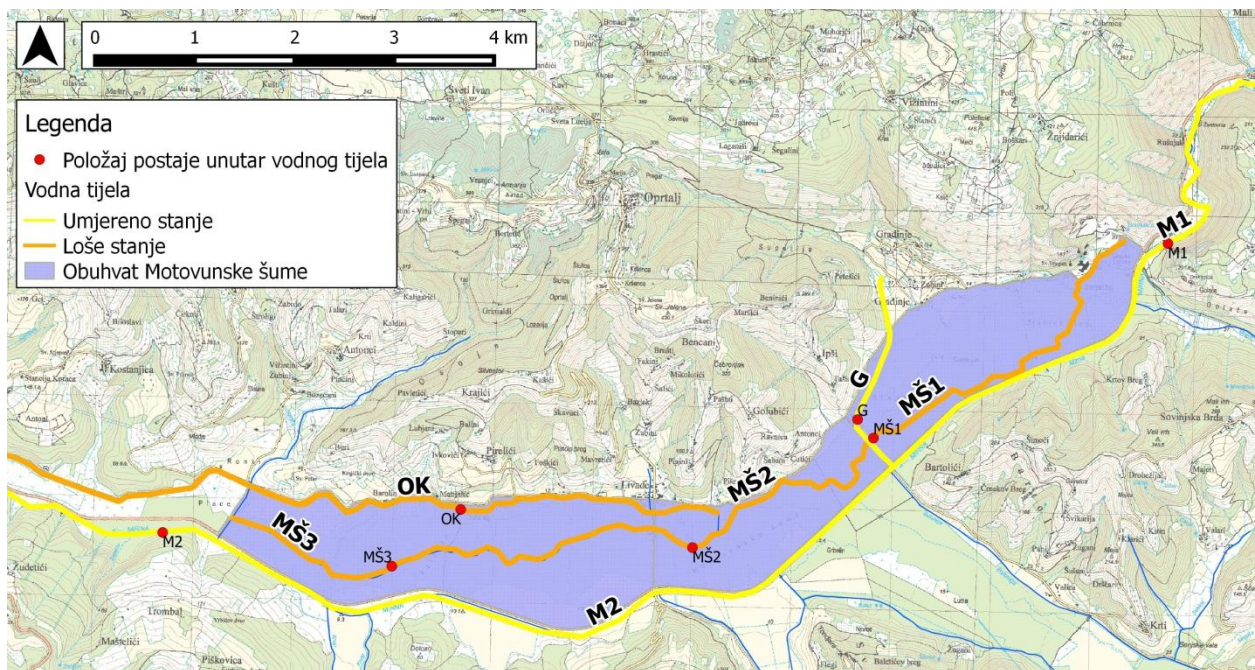
Sažeti pregled stanišnih uvjeta nužnih za očuvanje velikog bjelog tartufa (*Tuber magnatum*):

Prepoznati pritisci	Optimalni stanišni uvjeti	Aktivnosti nužne za osiguranje optimalnih uvjeta
<ul style="list-style-type: none"> - kanaliziranje prirodnog toka Mirne, - neadekvatna gradnja cesta, - sječa i prorjede u šumi, - lov - prekomjerno (katkada neprimjereno) sakupljanje plodišta, - jake ljetne suše, - antropogeni faktori koji uzrokuju povećanje suhoće tla 	<ul style="list-style-type: none"> - isključivo raste u AG-HG tlima (tla s 80% hidromelioriranog eugleja (amfiglej i hipoglej) te 20% hidromelioriranog aluvijalnog semigleja) - aluvijalna meka i nekompaktirana tla s procesima aktivnog obnavljanja pretaloživanjem u kojima su više manje ravnomjerno zastupljene faze humusa i alkalnih čestica s visokim porozitetom i aeriranosti, no na kojima ne dolazi do zamočvarenja - optimalna kiselost tla za lokalne populacije velikog bijelog tartufa iznosi pH = 7,69 do 7,83 - optimalna vrijednost udjela karbonata u tlu iznosi 29,2 do 33,4% - pogoduje im kratkotrajna pojava podzemnih voda u čitavom stupcu tla, no podnose i položaje periodički izložene kratkotrajnim poplavama - odgovara im mozaik šumskih sastojina različite starosti, dugačke i nepravilne linije šumskih rubova te soliterna stabla topola, vrba i hrasta lužnjaka 	<ul style="list-style-type: none"> - Osigurati dovoljnu vlažnosti tla tijekom cijele godine, no istovremeno spriječiti dugotrajno zadržavanje površinske vode, zamočvarivanje i kompaktiranje stupca tla. - Osigurati kratkotrajnu pojavu podzemnih voda u čitavom stupcu tla ili povremene, tj. periodiče i kratkotrajne poplave. - Uspostaviti i/ili održavati šumske sastojine različite starosti te dugačke i nepravilne linije šumskih rubova. - Uspostaviti i/ili održavati soliterna stabla topola, vrba i hrasta lužnjaka, tj. Drvored topola i vrba uz restaurirane, hidrološki funkcionalne meandre toka rijeke mirne i pritoka. - Spriječiti uznemiravanje šumskih sisavaca i sova.

5.4 Kakvoća vode

U ovom dijelu definiran je zahtjev za kakvoćom vode u svrhu uspostavljanja dobrog stanja na području vodnih tijela rijeke Mirne sukladno Uredbi o standardu kakvoće voda (NN73/13, 151/14; Slika 238).

Rezultati dobiveni istraživanjem u sklopu ovog projekta, odnosno ocjene ekološkog stanja površinskih voda rijeke Mirne prema biološkim elementima kakvoće ukazuju da mjerne postaje s najslabijim stalnim protokom i izmjenom vode (MŠ1 i MŠ2), odnosno postaje smještene nizvodno i bliže većim naseljima i farmama (OK), pokazuju najlošiju kakvoću vode i vodenih staništa prema većini pokazatelja, a posebno prema makrozoobentosu (loše).



Slika 238. Prikaz (ukupnog) stanja površinskih vodnih tijela na području Motovunske šume.

Trenutno loše stanje vode u starom toku Mirne moguće je poboljšati. Uspostavljanje dobrog ili čak vrlo dobrog stanja voda u starom toku Mirne (što je imperativ za očuvanje biološke raznolikosti) moguće je postići vraćanjem glavnog protoka vode rijeke Mirne kroz njeno staro korito. Jedno od mogućih rješenja bi moglo biti uspostavljanje glavnog toka rijeke Mirne kroz stari tok Mirne čime bi se:

- mogli postići uvjeti za razvoj pridnene faune tekućica te se može pretpostaviti da bi se trenutno loše stanje prema većini bioloških pokazatelja poboljšalo barem na ono stanje koje pokazuje postaja M2 (kanalizirano korito kraja srednjeg toka nove Mirne) ili čak ono koje pokazuje postaja M1 (nešto prirodnije djelomično kanalizirano korito početka srednjeg toka nove Mirne).

- Na istraživanom području (od M1 do M2) cijeli tok rijeke Mirne umjetno je prokopan, ravan i kanaliziran te se strme kose obale održavaju redovnom košnjom vegetacije što nepovoljno utječe na razvoj riparijske flore i faune. S obzirom da se radi o meandrirajućem toku s prirodnim obalama, može se pretpostaviti da bi uspostavljanjem protoka kroz stari tok Mirne fauna dna (makrozoobentos) bila raznolikija i pokazivala bolju kakvoću vode, od one zabilježene u svim vodnim tijelima na području Motovunske šume.
- Osim uspostave protočnosti starog toka Mirne, potrebno je zadržati postojeću šumsku vegetaciju razvijenu uz sam tok, odnosno osigurati zasjenjenije te od direktnih padalina zaštićene dijelove. Takva prirodniija i zaštićenija vodena staništa, sa značajno manjim dnevno-noćnim i međusezonskim oscilacijama temperature i s njom povezanih fizikalno-kemijskih pokazatelja (kao npr. topivost plinova i soli u vodi, brzina odvijanja kemijskih i biokemijskih reakcija), mnogo su pogodnija za razvoj raznolikih slatkovodnih životnih zajednica.
- Nadalje, čest unos raznolike dodatne organske tvari u vodu padanjem lišća s krošnji priobalnog drveća, ili čak povremenim padanjem cijelih stabala u vodu, također bi osigurao povećanje raznolikosti dostupnih ekoloških niša za vodenu floru i faunu što bi se moglo pozitivno odraziti na njihovu brojnost i raznolikost.
- Uspostavljanje protoka u starom toku Mirne bitno je također zbog promjene karaktera supstrata, a koji u velikoj mjeri utječe na sastav i strukturu makrozoobentosa te na njegovu funkcionalnu organizaciju. Naime, potrebno je uspostaviti uvjete u kojima će se omogućiti veća raznolikost supstrata, prvenstveno povećanjem veličine čestica uz održavanje količine detritusa u supstratu. S obzirom na rezultate granulometrijske analize može se pretpostaviti da bi uspostavljanjem protoka kroz stari tok Mirne (barem u gornjem dijelu starog toka) bili uspostavljeni uvjeti u kojima bi rijeka Mirna donosila krupniji sediment te bi se tako stvorila veća raznolikost mikrostaništa, odnosno omogućio razvoj raznolike makrozoobentoske faune.

5.5 Hidromorfologija

Zahtjevi vezani uz hidromorfologiju rijeke Mirne definirani su prema rezultatima hidromorfološke analize napravljene u sklopu ovog projekta.

Sažeti pregled trenutnog stanja na postajama (vodnih tijela) MŠ1, MŠ2 i MŠ3 te uvjeta nužnih za postizanje optimalnog hidromorfološkog stanja starog toka rijeke Mirne:

Značajka	Trenutno stanje na području vodnih tijela MŠ1, MŠ2 i MŠ3	Aktivnosti nužne za postizanje i/ili zadržavanje optimalnih uvjeta vodnih tijela MŠ 1, MŠ 2 i MŠ 3
HIDROMORFOLOŠKI REŽIM Učinci umjetnih građevina u koritu unutar dionice Učinci promjena širom sliva na karakter prirodnog toka Učinci promjene u dnevnom protoku	Hidrološki režim na području Stare Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) znatno je izmijenjen pregrađivanjem umjetnim građevinama (korito je višestruko presječeno lokalnim cestama). Starom koritu dana je najniža ocjena (koja upućuje na to da je protok u velikoj mjeri izmijenjen), s obzirom da je vodotok iz starog korita rijeke Mirne preusmjeren u novo korito te da u starom koritu (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) gotovo nema protoka.	- Uspostaviti povezanost starog toka Mirne. - Osigurati protok vode kroz staro korito tijekom cijele godine.
UZDUŽNA POVEZANOST	Trenutno ne postoji uzdužna povezanost toka na području MŠ2, dok je na području vodnih tijela MŠ1 i MŠ3 znatno izmijenjena: - vodno tijelo Mš1 je u prošlosti bilo uzvodno povezano s glavnim tokom rijeke Mirne, a nizvodno sa sadašnjim vodnim tijelom MŠ2, dok je danas uzvodno povezano samo s izvorom Bulaž, a nizvodno se direktno spaja u Gradinje; - vodno tijelo Mš3 je u prošlosti bilo uzvodno povezano s vodnim tjelom MŠ2, a nizvodno s glavnim tokom rijeke Mirne, dok je danas povezano samo nizvodno s novim tokom Mirne.	- Uspostaviti uzdužnu povezanost: - MŠ1 s glavnim tokom rijeke Mirne i izvorom Bulaž; - MŠ2 uzvodno s MŠ1 i Gradinjem, a nizvodno s MŠ3; - MŠ3 uzvodno s MŠ2, a nizvodno s tokom Mirne.
GEOMETRIJA KORITA	Promatrani profil starog korita rijeke Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) i profil rijeke Mirne kod naselja Rušnjak (M1) imaju gotovo prirodni tlocrtni oblik. Korito Stare Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) je prema geometriji korita ocjenjeno kao gotovo prirodno	- Zadržati trenutnu geometriju korita.

Značajka	Trenutno stanje na području vodnih tijela MŠ1, MŠ2 i MŠ3	Aktivnosti nužne za postizanje i/ili zadržavanje optimalnih uvjeta vodnih tijela MŠ 1, MŠ 2 i MŠ 3
PODLOGA	<p>Na području starog korita Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) prevladava gotovo prirodna mješavina prirodnih materijala s 1-5% umjetnog materijala.</p> <p>S druge strane, granulometrijski sastav pokazuje da je prirodna mješavina podloga u velikoj mjeri izmijenjena preusmjeravanjem vodotoka u novo korito, a time i spriječavanjem pronosa nanosa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Zadržati postojeće stanje, odnosno podlogu kojoj gotovo da nema umjetnih materijala. - Uspostaviti pronos nanosa u koritu stare Mirne kako bi se dobila prirodna mješavina materijala (granulometrijski sastav). Navedeno se može postići: <ul style="list-style-type: none"> - spajanjem MŠ1 u uzvodnom dijelu s glavnim tokom Mirne; - spajanjem MŠ2 u uzvodnom dijelu s MŠ1 te uspostavljanjem protoka prema MŠ3 (što će rezultirati spajanjem MŠ2 s tokom Mirne); - spajanjem MŠ3 u uzvodnom dijelu s MŠ2 i s tokom Mirne nizvodno.
VEGETACIJA I ORGANSKI OSTACI U KORITU	Vodna tijela MŠ1, MŠ2 i MŠ3 se nalaze u šumi i u njima se ne uklanjaju vodena vegetacija niti drveni ostaci.	<ul style="list-style-type: none"> - Zbog velike količine drvenih ostataka (naročito u vodenom tijelu MŠ3), potrebno je staro korito Mirne očistiti od drvenih ostataka prije ponovnog uspostavljanja toka istim.
EROZIJA	Na području starog toka rijeke Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) elementi erozije/taloženja odražavaju veliko odstupanje od prirodnog stanja (odsutno preko 50% očekivanih elemenata) zbog izostanka protoka, odnosno zbog preusmjerenog toka novim koritom Mirne.	<ul style="list-style-type: none"> - Uspostaviti protok elemenata erozije/taloženja na području vodnog tijela MŠ1, MŠ2 i MŠ3 na način da, što je više moguće, odgovara prirodnom stanju ovog dijela toka.
STRUKTURA OBALE I PROMJENE NA OBALI	Obale starog korita rijeke Mirne (MŠ1, MŠ2 i MŠ3) nisu pod utjecajem tvrdih ili mekih umjetnih materijala.	<ul style="list-style-type: none"> - Zadržati postojeće dobro stanje obala starog korita, s obzirom da iste nisu pod utjecajem umjetnih materijala.
VRSTA/STRUKTURA VEGETACIJE NA OKOLNOM ZEMLJIŠTU	Stari toka Mirne prolazi prirodnom šumskom vegetacijom, stoga na vodenim tjelima MŠ1, MŠ2 i MŠ3 površine obalnog pojasa nisu pod neprirodnim zemljišnim pokrovom.	<ul style="list-style-type: none"> - Zadržati šumsku vegetaciju uz vodna tijela MŠ1, MŠ2 i MŠ3.
KORIŠTENJE ZEMLJIŠTA I S TIME POVEZANA OBILJEŽJA		
INTERAKCIJA IZMEĐU KORITA I POPLAVNOG PODRUČJA	<p>Niti jedan dio vodenih tijela MŠ1, MŠ2 i MŠ3 nije ograđen nasipom ili pod utjecajem kakvih drugih mjera koje bi sprečavale plavljenje poplavnog područja.</p> <p>Stoga bi se voda iz starog korita rijeke Mirne prirodno, lateralno kretala svojim poplavnim područjem da nema umjetnih prepreka, odnosno da nije preusmjerena u novo korito Mirne.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Zadržati trenutno stanje, s obzirom da niti jedan dio dionice vodenih tijela MŠ1, MŠ2 i MŠ3 nije pod utjecajem mjera koje bi sprečavale plavljenje poplavnog područja. Izuzetak su dijelovi dionica gdje poplave ugrožavaju ljudsko zdravlje (ili čak život) te imovinu (npr. uz prometnice, uz naselja i sl.).

5.6 Zaključak o definiranju optimalnog stanja šumskog ekosustava

Zaključno, za uspostavljanje optimalnih ekoloških uvjeta za „ključne“ vrste za očuvanje biološke raznolikosti te ekonomski bitne vrste, na području Motovunske šume i/ili u rijeci Mirni potrebno je provesti uspostavljanje toka kroz stari tok Mirne koja će uključiti sljedeće osnovne elemente:

- povezati trenutno prekinuti tok starog korita rijeke Mirne
- uspostaviti stalni (tijekom cijele godine) glavni tok starim koritom rijeke Mirne
- uspostaviti tok kroz staro korito Mirne na način kojim će se omogućiti formiranje raznolikih mikrostaništa unutar toka (uključujući i raznolikost supstrata) čime bi se omogućilo uspostavljanje raznolike faune makrobentosa te tako doprinijelo boljoj biološkoj kakvoći vode, a što je moguće postići:
 - održavanjem trenutne geometrije korita (tlocrtnu geometriju i profile) gdje god je to moguće
 - održavanjem postojećeg stanja podloge (tj. postojanje dominantno prirodnih materijala u podlozi)
 - uspostavljanjem pronosa nanosa u starom koritu Mirne
 - održavanjem postojećeg dobrog stanja obala starog korita;
- održati trenutno stanje u kojem niti jedan dio dionice starog toka Mirne nije pod utjecajem mjera koje bi sprečavale plavljenje poplavnog područja, osim ako iste nisu potrebne zbog zaštite ljudskog zdravlja/života i imovine (npr. uz prometnice, uz naselja);
- omogućiti povremeno plavljenje područja Motovunske šume na način koji ne ugrožava zdravlje ljudi i imovinu. Pritom je potrebno zadovoljiti sljedeće uvjete:
 - o periodički izloženi kratkotrajnim poplavama (tj. koje traju i do nekoliko dana), no bez dugotrajnijeg zadržavanja površinske vode tj. toliko dugo da se saturira gornji horizont tla te da se područja na nižem terenu napune s vodom te da se mjestimično stvore područja sa stajaćom vodom
 - o poželjno je poplavljanje u proljeće prije mriješćenja vodozemaca
 - o poplave u doba deficita vode (od lipnja do kraja kolovoza) su poželjne zbog osiguravanja povećanja vlažnosti staništa
 - o poplave u zimsko doba (kada su temperature blizu točke smrzavanja) mogu uzrokovati štete na stablima te bi trebalo izbjegavati (dugotrajno) plavljenje u zimskom periodu
 - o dubina vode tijekom poplave nije bitan čimbenik već je potrebno osigurati dužinu trajanja poplave kojom će se omogućiti dodatno vlaženje tla i stvaranje raznolikih mikrostaništa;
- prilikom definiranja područja na kojima će se doći do poplavljanja, treba voditi računa da se spriječi ugrožavanje ljudskog zdravlja/života i imovine, odnosno izbjegavati poplavljanje sljedećih područja (tj. imovine na području):
 - naselja Livade



- Istarskih toplica (na ovom području već je napravljena infrastruktura za obranu od poplava)
- Gradinje te
- državne ceste Buzet-Portonski most.

Prilikom izrade plana revitalizacije starog toka rijeke Mirne predlaže se razmotriti i sljedeće:

- korištenje kanaliziranog toka rijeke Mirne samo tijekom velikih voda i u sustavu obrane od poplava te
- uspostavljanje boljih ekoloških uvjeta u Obuhvatnom kanalu Gradinje.

Za provedbu ovih osnovnih elemenata trebat će napraviti i druge zahvate na vodotocima (i kanalima) kojima će se regulirati optimalne količine vode potrebne za očuvanje prirodnih ekosustava, ali i dobara (naselja, ceste itd.).

Prilikom planiranja budućih hidrotehničkih aktivnosti važno je obratiti pažnju na sezonsku dinamiku podzemne vode odnosno na njene oscilacije unutar vegetacijske sezone kako bi se održali optimalni vodozračni odnosno ekološki uvjeti u tlima. Na osnovu nedovoljne duljine praćenja unutar jedne sezone, i to samo na tri lokacije, nije moguće izvršiti detaljnu analizu te ponuditi nedvosmislena rješenja za potporu planiranih hidrotehničkih aktivnosti uređenja starog korita Mirne. Zbog toga je za potrebe izrade plana revitalizacije (idejnog rješenja) potrebno uspostaviti monitoring šume na području Motovunske šume na temelju kojeg će se odrediti vodni režim - koji uključuje mjerenja razina podzemne vode i vodostaja; kao i režim vlaženja koje je potrebno postići za uspostavljanje optimalnih uvjeta šumskih stanišnih tipova, a posredno i za očuvanje biološke raznolikosti i očuvanje ekonomski vrijednih vrsta (s naglaskom na veliki bijeli tartuf). Također, potrebno je detaljnije istražiti rasprostranjenost i veličine populacija ciljnih vrsta ekološke mreže, kao i rijetkih i ugroženih vrsta.

Predlaže se da se s izradom idejnog rješenja plana revitalizacije starog toka rijeke Mirne započne nakon minimalno dvije dodatne godine monitoringa vodnog režima i šumskih ekosustava, nakon čega će se dobiti jasniji podaci o kretanju dubine do podzemne vode na području Motovunske šume te će biti jasnije kako ih povezati ih s optimalnim uvjetima za šumska staništa, odnosno glavne vrste - hrast lužnjak i obični jasen. Na temelju dobivenih modela (između ostalih modela odnosa razine podzemne vode na području Motovunske šume i vodostaja u starom koritu Mirne) bit će moguće preciznije definirati hidrološke parametre toka kroz staro korito Mirne - vodostaj, odnosno protok.

6 ZAKLJUČAK

Za utvrđivanje stanja i opisa ekosustava Motovunske šume za potrebe projekta *Plan restauracije starog korita Mirne* je napravljena analiza biotičkih i abiotičkih čimbenika na (užem) području Motovunske šume. U sklopu studije su analizirani postojeći klimatološki i hidrološki podaci, podaci o gospodarenju šumama, stanju populacije velikog bijelog tartufa te podaci o rijetkim i ugroženim vrstama na području Motovunske šume. Također su prikupljeni recentni (terenski) podaci o stanju vodenih staništa (ekološka/biološka kakvoća vode; fizikalno - kemijska svojstva površinske vode; hidromorfologija; analiza sedimenta) i šumskih staništa (prostorna raspodjela vegetacijskih tipova i stanje bioindikatorskih populacija; pedomorfološke značajke tla; prostorno-vremenska dinamika vitalnosti i produktivnosti krošanja edifikatorskih vrsta drveća, stanje vrsta lišajeva kao indikatora kvalitete zraka).

U cilju utvrđivanja stvarnog stanja ekološkog sustava, kao glavnog cilja ovog projekta je, na temelju terenskih istraživanja, ocijenjeno stanje šumskog ekosustava kao i stanje površinskih vodnih tijela na području Motovunske šume.

Na osnovu terenskih istraživanja vegetacije pripremljena je karta šumskih staništa na području Motovunske šume te je analizom podataka utvrđeno da je potrebno redefinirati (tj. definirati rasprostranjenost) ciljeve očuvanja *HR2000637 Motovunska šuma* koji se odnose na šumske stanišne tipove (Natura 2000).

Dendrokronološkom analizom je utvrđeno stanje pojedinih edifikatorskih vrsta drveća za koje je ustanovljeno da pokazuju vrlo raznolike rezultate (od povećanja prirasta u posljednjih 30-tak godina npr. na plohama u 1. kazeti do stagnacije i/ili smanjenja prirasta na pojedinim stablima unutar iste plohe za koju ja zabilježen rast prirasta u 30-godišnjem periodu npr. ploha 10). K tome analiza Šumsko gospodarskih osnova pokazuje da postoji poremećena struktura u odnosu edifikatorskih vrsta drveća (hrasta lužnjaka i poljskog jasena), a što je posebno izraženo na području 1. kazete.

Analizom vremenskih serija satelitskih snimaka zabilježen je na pojedinim dijelovima jasan trend smanjenja produktivnosti krošanja, koji upućuje da je trenutno stanje Motovunske šume nestabilno, no zbog velike raznolikosti sastava šumskih zajednica (tj. malih šumsko gospodarskih odsjeka) i male prostorne razlučivosti satelitskih snimaka nije bilo moguće donijeti jasnije zaključke o stanju šumskih zajednica analizom satelitskih snimaka MODIS. Za buduća istraživanja bit će dostupne snimke velike prostorne razlučivosti (Sentinel) koje bi mogle pomoći u jasnijem definiranju stanja i produktivnosti krošanja drveća u Motovunskoj šumi.

Na temelju analize literaturnih podataka i ankete tarturfara, napravljena je analiza stanja populacije velikog bijelog tartufa te je utvrđeno da postoji trend smanjenja populacije velikog bijelog tartufa (*Tuber magnatum*), a koji je rezultat prirodnih utjecaja (jake ljetne suše) i pretpostavljenih dominantnih antropogenih utjecaja, posebice onih koji utječu na vlažnost tla. S obzirom na važnost ove vrste preporučaju se intenzivnija istraživanja koja bi dala jasnije zaključke o stanju populacije i parametrima koje je potrebno postići za ostvarivanje optimalnih ekoloških uvjeta.

Prema analizi lihenoflore područja Motovunske šume moguće je zaključiti da u većem dijelu šume ne postoji utjecaj onečišćenja zraka na šumski ekosustav.

U sklopu projekta analizirana je rasprostranjenost ugroženih i potencijalno ugroženih vrsta koje nastanjuju šire područje Motovunske šume, s naglaskom na one vrste za koje je ekosustav Motovunske šume ključno stanište (velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*), primorska uklija (*Alburnus arborella*), mrena (*Barbus plebejus*), barska kornjača (*Emys orbicularis*), lombardijska smeđa žaba (*Rana latastei*), žuti mukač (*Bombina variegata*), kiseličin vatreni plavac (*Lycaena dispar*), močvarni okaš (*Coenonympha oedippus*), bjelonogi rak (*Austropotamobius pallipes*), nekoliko vrsta vretenaca, uskoušćani zvrčić (*Vertigo angustior*), trbušasti zvrčić (*V. moulinsiana*). Utvrđeno je njihovo stanje te je napravljena analiza optimalnih i još prihvatljivih ekoloških uvjeta za ove vrste. Prepoznate su vrste za koje su potrebna dodatna istraživanja rasprostranjenosti na području Motovunske šume (vretenca, rakovi i leptiri).

U okviru ovog projekta postavljena su 3 piezometra na području Motovunske šume i dobiveni podaci predstavljaju prve podatke o razini podzemne vode u tlu. Dinamika podzemnih voda odnosno vodno-zračni režim u tlima nizinskih poplavnih šuma predstavlja jednu od najvažnijih komponenti za sagledavanje održivosti tih ekosustava. Osim same razine podzemne vode, veliki značaj imaju vodno zračni odnosi i njihova interakcija s rizosferom. Zbog nedovoljno dugog niza podataka o razini podzemne vode u tlu, nije se mogao izvući kvalitetan zaključak o navedenim odnosima.

Zbog toga je potrebno nastaviti prikupljati podatke o razini podzemne vode u tlu (i upotpuniti podatke s podacima o vlažnosti tla i vodostaju u Staroj Mirni) te na temelju dužeg vremenskog niza podataka izvesti zaključak o potrebi za dopunskim vlaženjem i načinu revitalizacije Stare Mirne (tj. odrediti vodostaje, protoke i vrijeme trajanja te definirati poželjnu učestalost poplavljanja područja).

Ocjena ekološkog stanja površinskih voda rijeke Mirne ukazuje da mjerne postaje s najslabijim stalnim protokom i izmjenom vode (MŠ1 i MŠ2), odnosno postaje smještene nizvodno i bliže većim naseljima i farmama (OK), pokazuju najlošiju kakvoću vode i vodenih staništa prema većini pokazatelja, a posebno prema makrozoobentosu (**loše**).

Uspostavljanje dobrog ili čak vrlo dobrog stanja voda u starom toku Mirne (što je imperativ za očuvanje biološke raznolikosti) moguće je postići obnavljanjem protoka vode kroz staro korito Mirne. Jedno od mogućih rješenja bi moglo biti uspostavljanje toka rijeke Mirne Starim koritom Mirne.

Procijenjeno je kako bi se uspostavom toka kroz Staru Mirnu mogli stvoriti povoljni(ji) uvjeti (nova staništa) za neke ciljeve očuvanja ekološke mreže HR2000619 Mirna i šire područje Butonige (npr. bjelonogi rak, mrena), ali i neke rijetke i ugrožene vrste koje su istrebljene na području Mirne. Tako je procijenjeno da bi uspostava protočnosti starog toka rijeke Mirne omogućila uspostavu povoljnih stanišnih uvjeta za reintrodukciju vidre.

Za daljnji razvoj projekta revitalizacije Stare Mirne i definiranje potrebnih hidroloških uvjeta u Staroj Mirni koji će biti povoljni za očuvanje šumskih staništa potrebno je uspostaviti (i nastaviti) monitoring vodnog režima i šumskih ekosustava. Predloženim monitoringom će se dobiti jasniji podaci o kretanju razine podzemne vode u tlu na području Motovunske šume te će biti jasnije kako ih povezati s optimalnim uvjetima za šumska staništa, odnosno glavne vrste - hrast lužnjak i obični jasen. Vremenski duži niz podataka omogućit će pripremu modela za potrebe definiranja hidroloških parametara toka kroz staro korito Mirne (tj.



optimalan vodostaj i/ili protok) kojima bi se očuvali povoljni ekološki uvjeti za šumska staništa.

Na temelju analize podataka na području Motovunske šume može se zaključiti da bi se prohodnošću kazeta poboljšalo stanje vodnog tijela Mirne te se predlaže razvoj idejnog rješenja koje će razraditi ovu mjeru. Detaljne hidrološke parametre za potrebe dizajniranja rješenja kojim bi se uspostavila prohodnost područja bit će moguće definirati tek nakon što će biti poznat duži niz podataka o razini podzemne vode i ostalim parametrima potrebnim za definiranje optimalnog protoka za očuvanje šumskih staništa. Zbog toga je predložen razvoj projekta u tri faze, a koje se međusobno nadopunjavaju te u pojedinim dijelovima i preklapaju:

Faza 1. Praćenje stanja i priprema podloga/podataka za Idejno rješenje

Faza 2. Izrada Idejnog rješenja i definiranje uvjeta zaštite šumskog ekosustava

Faza 3. Provođenje Idejnog rješenja i provođenje mjera zaštite i praćenja stanja (definiranih u sklopu zakonom definiranih postupaka)

Tablica 76. Prijedlog plana provedbe

	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
<i>Faza 1. Praćenje stanja i priprema podloga/podataka za Idejno rješenje</i>						
<i>Faza 2. Izrada Idejnog rješenja i definiranje uvjeta zaštite šumskog ekosustava</i>						
<i>Faza 3. Provođenje Idejnog rješenja i provođenje mjera zaštite i praćenja stanja</i>						

Faza 1. Praćenje stanja i priprema podloga/podataka za Idejno rješenje

U sklopu ove faze potrebno je nastaviti započeto praćenje stanja razine podzemnih voda, te na postojećim lokacijama istraživanja uspostaviti nove piezometre. Također je potrebno integrirati podatke o vodostaju u starom i novom koritu Mirne tj. nastaviti mjerenje na postojećim postajama u slivu rijeke Mirne te uspostaviti postaje za praćenje razine vodostaja u starom koritu Mirne (u svakoj kazeti posebno). Za potrebe definiranja razine podzemnih voda te usporedbe podataka u piezometrima kao i s vodostajima potrebno je odrediti nadmorsku visinu svih postaja, a što je moguće ili *snimanjem LIDARom ili geodetskim snimanjem pozicija piezometara*.

K tome je potrebno dopuniti podatke s praćenjem kruženja vode u šumskom ekosustavu te ih povezati s fiziološkim stanjem i podacima o vegetacijskoj aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća.



Praćenje kruženja vode u šumskom ekosustavu uključuje standardizirane metode praćenja stanja vlage u tlu te sustava za mjerenje evapotranspiracije (s automatskom (mikro)meteorološkom stanicom). Metode za definiranje fiziološkog stanja i vegetacijske aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća uključuju mjerenje unutargodišnjeg prirasta hrasta lužnjaka, procjenu zdravstvenog stanja sastojina te praćenje fiziološkog stanja i vegetacijske aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća pomoću vremenske serije satelitskih snimki velike vremenske i prostorne razlučivosti.

U ovoj fazi je potrebno s Hrvatskom agencijom za okoliš i prirodu definirati rasprostranjenost ciljeva očuvanja šumskih stanišnih tipova na području Motovunske šume. Također se predlažu i aktivnosti koje uključuju:

1. Plan reintrodukcije vidre (*Lutra lutra*), rijetke i ugrožene vrste u europskim razmjerima
2. Istraživanje rasprostranjenosti pojedinih rijetkih i ugroženih vrsta faune na području Motovunske šume - vretenaca, rakova i leptira
3. Istraživanje tartufa

U nastavku je prikazan pregled mjera Faze 1 i Faze 2

Tablica 77. Pregled predloženih mjera u sklopu Faze 1 s prioritetima

Mjera	Prioritet
Nastaviti monitoring na postojećim piezometrima	Najviši
Uspostaviti nove piezometarske postaje	Najviši
Uspostaviti praćenje stanja vlage u tlu (u profilu tla)	Visoki
Uspostaviti mjerenje vodostaja na postojećim hidrološkim postajama kao i na novima u Starom toku Mirne	Visoki
Uspostaviti mjerenje unutargodišnjeg prirasta hrasta lužnjaka	Najviši
Vršiti procjenu zdravstvenog stanja sastojina u području piezometara	Najviši
Uspostaviti praćenje stanja evapotranspiracije šumskog drveća (npr. metodom mjerenja protoka u ksilemu) automatskom mjernom postajom	Srednji
Pratiti fiziološko stanje i vegetacijske aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća pomoću vremenske serije satelitskih snimki velike vremenske i prostorne razlučivosti. (Podaci se mogu obrađivati na godišnjoj razini ili svakih 5 godina).	Visoki
U suradnji s Hrvatskom agencijom za okoliš i prirodu definirati rasprostranjenost ciljeva očuvanja šumskih stanišnih tipova na području Motovunske šume	Visoki
Prikupljanje preciznih podataka o mikroreljefu (digitalni model terena) - snimanjem LIDARom ili geodetskim snimanjem pozicija piezometarea	Visoki
Planirati reintrodukciju rijetke i ugrožene vrste vidre	Mali
Provesti istraživanje rasprostranjenosti pojedinih rijetkih i ugroženih vrsta faune na području Motovunske šume - vretenaca, rakova, leptira	Srednji
Istraživanje tartufa	Visoki

Faza 2. Izrada Idejnog rješenja i definiranje uvjeta zaštite šumskog ekosustava

Usporedo s praćenjem stanja treba raditi na projektu revitalizacije starog toka rijeke Mirne pripremom projektne dokumentacije, a procjene optimalne razine podzemnih voda u tlu te vodostaja u starom toku poslužiti će za definiranje glavnih parametara za izradu Idejnog rješenja projekta revitalizacije. Izradu Idejnog rješenja je moguće započeti tijekom 3. godine praćenja stanja, jer se pretpostavlja da će se, uz postojeće podatke o razini podzemne vode u tlu, tijekom tri godine praćenja stanja svih parametara prikupiti dovoljno podataka za definiranje osnovnih parametara koje treba zadovoljiti Idejno rješenje. Tijekom sljedećih godina dodatni podaci praćenja stanja će omogućiti preciznije određivanje hidroloških parametara (vodostaja odnosno protoka kroz staro korito Mirne) koje treba zadovoljiti Idejno rješenje.

Za potrebe definiranja hidroloških parametara (vodostaja odnosno protoka kroz staro korito Mirne) koje treba zadovoljiti Idejno rješenje potrebno je napraviti model prostorno-vremenske razdiobe razine podzemne vode (npr. matematički model Drainmod, Dumux ili sl.) kao podlogu za određivanje optimalnih uvjeta za šumu. K tome, integracijom podataka o zdravstvenom stanju dominantnih vrsta šumskog drveća, vlažnosti tla, transpiraciji šumskog drveća i mjerenju unutargodišnjeg prirasta hrasta lužnjaka treba pripremiti model zavisnosti parametara zdravstvenog stanja i fiziološke aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća. Kao dodatni parametar u modelu moguće je uvrstiti i praćenje fiziološkog stanja i vegetacijske aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća pomoću vremenske serije satelitskih snimaka velike prostorne razlučivosti. Integracijom rezultata modela prostorno-vremenske razdiobe razine podzemne vode u tlu i modela zavisnosti parametara zdravstvenog stanja i fiziološke aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća definirat će se optimalna razina podzemne vode potrebna za očuvanje šumskog ekosustava Motovunske šume.

U sklopu ove faze potrebno je računati i na potrebu provedbe zakonom definiranih postupaka Ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu (Glavna ocjena) i ako je potrebno Procjene utjecaja na okoliš. U sklopu ovih postupaka će se definirati mjere zaštite i praćenja stanja potrebne za provođenje Idejnog rješenja.

Tablica 78. Pregled predloženih mjera u sklopu Faze 2 s prioritetima

Mjera	Prioritet
Priprema modela zavisnosti parametara zdravstvenog stanja i fiziološke aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća	Najviši
Priprema modela prostorno-vremenske razdiobe razine podzemne vode u tlu	Najviši
Definiranje optimalnih razina podzemne vode potrebnih za očuvanje šumskog ekosustava Motovunske šume	Najviši
Izrada Idejnog rješenja na temelju definiranih optimalnih razina podzemne vode, optimalne razine vodostaja (protoka) u Staroj Mirni, učestalosti poplavlivanja te dužine trajanja razine pojedinih vodostaja i poplavlivanja dobivenih prethodnim modelima	Najviši
Provođenje Ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu (Glavna ocjena) i ako je potrebno Procjene utjecaja na okoliš	Najviši



Faza 3. Provođenje Idejnog rješenja i provođenje mjera zaštite i praćenja stanja

U ovoj fazi je planirano izvođenje revitalizacije starog toka Mirne prema Idejnom rješenju. Također, u sklopu ove faze će biti potrebno provesti i mjere zaštite i praćenja stanja definirane u sklopu postupaka Ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu (Glavna ocjena) i Procjene utjecaja na okoliš, definirane u Fazi 2.

6.1 Prijedlog monitoringa

U nastavku je prijedlog monitoringa za uspostavu modela prostorno-vremenske razdiobe razine podzemne vode u tlu i modela zavisnosti parametara zdravstvenog stanja i fiziološke aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća koji su važni u definiranju optimalnih razina podzemne vode i protoka u starom koritu Mirne potrebnih za očuvanje šumskog ekosustava Motovunske šume.

Na području Motovunske šume treba tijekom vegetacijskih sezona uspostaviti:

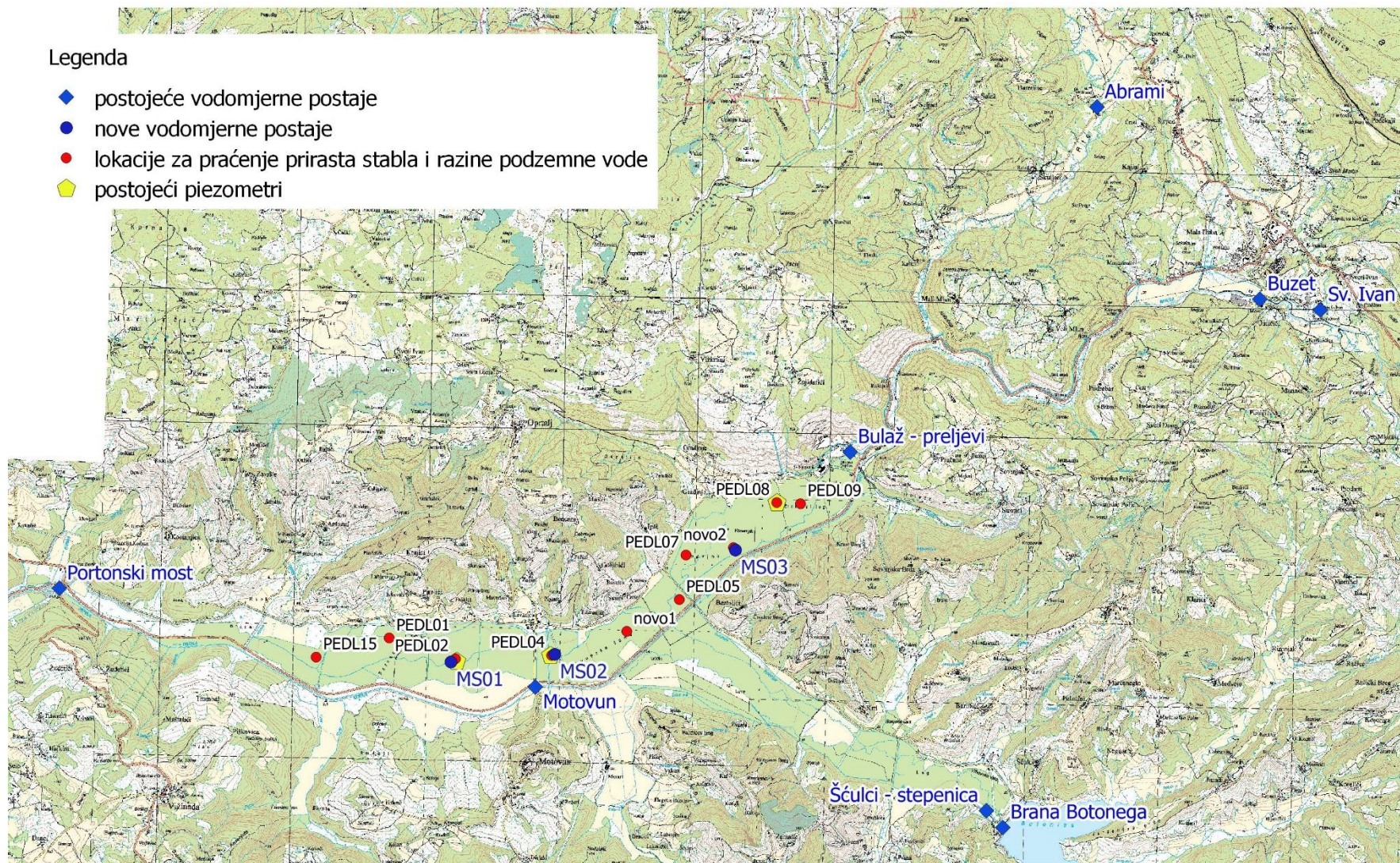
- a. praćenje razine podzemne vode u tlu na piezometrima,
- b. praćenje vodostaja na postojećim hidrološkim postajama i na dodatnim postajama u starom i novom koritu Mirne,
- c. mjerenja vlažnosti tla (u profilu tla),
- d. praćenje transpiracije šumskog drveća instalacijom instrumentarija za mjerenje protoka u ksilemu šumskog drveća,
- e. mjerenja unutargodišnjeg prirasta hrasta lužnjaka,
- f. procjena zdravstvenog stanja sastojina šume hrasta lužnjaka i poljskog jasena u području piezometara,
- g. praćenje fiziološkog stanja i vegetacijske aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća pomoću vremenske serije satelitskih snimki velike vremenske i prostorne razlučivosti.

Tablica 79. Pregled predloženih parametara praćenja stanja

Praćenje stanja	Parametri	Broj postaja
a) praćenje razine podzemne vode u tlu na (plitkim) piezometrima	Razina do podzemne vode u tlu- minimalno 1 dnevno	10 piezometra (3 u kazeti 1 i 2.; 4 piezometra u 3. kazeti) - dubina piezometara minimalno 5 m 10 automatskih mjerača za mjerenje razine vode
b) praćenje vodostaja na postojećim hidrološkim postajama i na dodatnim postajama u starom koritu Mirne	Razina vodostaja u koritu	Postojeće postaje: Abrami, Buzet, Šćulci stepenica, Bulaž-preljev, Motovun, Portonski most Nove postaje: MS1; MS2; MS 3
c) mjerenja vlažnosti tla (u profilu tla)	Vlažnost tla na dubinama : 15; 23; 30.5; 16; 61; 76; 107; 137; 167; 198 cm - svakih 15 dana tijekom vegetacijske sezone	10 postaja
d) praćenje transpiracije šumskog drveća instalacijom instrumentarija za mjerenje protoka u ksilemu šumskog drveća sa automatskom meteorološkom postajom	Brzina protoka tekućine u ksilemu (procjena) evapotranspiracije stabla Meteorološki parametri: temperatura, tlak, vlažnost zraka, brzina vjetera)	3 postaje - lokacije postojećih piezometara: 02; 04; 08 Automatska meteorološka (mikro)postaja
e) mjerenja unutargodišnjeg prirasta hrasta lužnjaka	mm prirasta u 15 dana tijekom vegetacijske sezone	10 postaja po 5 manualnih pojasnih dendrometara - na stablima koja su uzorkovana za dendrokronološku analizu
f) procjena zdravstvenog stanja sastojina šume hrasta lužnjaka i poljskog jasena u području piezometara	Ocjena zdravstvenog stanja	10 postaja- jednom godišnje
g) praćenje fiziološkog stanja i vegetacijske aktivnosti dominantnih vrsta šumskog drveća pomoću vremenske serije satelitskih snimki velike vremenske i prostorne razlučivosti	Veliki sezonski integral (relativna mjera) EVI (Enhanced Vegetation Index) dobiven iz SENTINEL-2 snimaka (10-60 m pixel) tjedne ili mjesečne vrijednosti	Priprema podloge za cijelo područje Analiza područja s postajama

Legenda

- ◆ postojeće vodomjerne postaje
- nove vodomjerne postaje
- lokacije za praćenje prirasta stabla i razine podzemne vode
- ◆ postojeći piezometri



Slika 239. Lokacije postaja za praćenje stanja. Lokacije za praćenje prirasta stabla označene su kao lokacije pedoloških postaja

6.2 Prijedlog za daljnja istraživanja velikog bijelog tartufa

Iako ulazi u red najznačajnijih lokaliteta sa staništima važnima s obzirom na gljive u Hrvatskoj, na području Motovunske šume do danas nisu provedena sustavna znanstvena istraživanja kako nadzemnih tako niti podzemnih gljiva. Vrijedan znanstveni rad Bragato i sur. (2004) fokusiran je na proučavanje pedoekoloških uvjeta za veliki bijeli tartuf, dok se, što se produktivnosti plodišta tiče, autori članka oslanjaju samo na iskustvo lokalnih sakupljača tartufa. Među publiciranim izvorima prevladavaju stručni radovi koji uglavnom površno obrađuju problematiku sakupljanja tartufa, njihovu kvalitetu te prinos odnosno produktivnost. Izneseni podaci o produktivnosti plodišta tartufa oslanjaju se na procjene, a ne na sustavno praćenje i objektivno istraživanje. Također, među iznesenim podacima, udio velikog bijelog tartufa (*Tuber magnatum*) kao komercijalno najvrednije vrste nije točno poznat jer autori uglavnom govore o „tartufima“ (ne specificirajući o kojim se točno vrstama radi) i/ili „bijelim tartufima“ (postoji nekoliko komercijalnih vrsta „bijelih tartufa“). Nalazi velikog bijelog tartufa i drugih vrsta tartufa pohranjeni u znanstvenoj mikološkoj zbirci Hrvatski nacionalni fungarij (CNF) uglavnom su sporadični te nedostatni da bi se na temelju njih mogla procjenjivati veličina populacije za svaku pojedinu vrstu tartufa na području Motovunske šume.

S obzirom na komercijalnu vrijednost velikog bijelog tartufa i drugih komercijalnih vrsta tartufa koje se mogu pronaći na području Motovunske šume, ali i obzirom na njihova moguća indikatorska obilježja (npr. kvaliteta šumskog staništa, promjena vodnog režima), a s ciljem održivog korištenja ovog prirodnog resursa te planova za daljnje ekološko upravljanje Motovunskom šumom, bilo bi nužno što prije započeti sa sustavnim znanstvenim istraživanjem:

- a) raznolikosti podzemne mikrobiote na području Motovunske šume - Podaci o podzemnoj mikrobioti ukazali bi na veličinu populacije odnosno zastupljenost komercijalnih vrsta tartufa u ukupnoj podzemnoj mikrobioti
- b) produktivnosti plodišta velikog bijelog tartufa na području Motovunske šume - Objektivni podaci o prirodnom „kapacitetu“ Motovunske šume za „proizvodnju“ plodišta velikog bijelog tartufa poslužili bi kao smjernica u izradi planova ekološkog gospodarenja ovim prostorom (hidrologija, gospodarenje drvnom masom, lov, itd.).

Istraživanje bi se trebalo provesti u trajanju od najmanje tri, a najbolje pet godina. Terenski rad nužno bi uključio rad s posebno (adekvatno) treniranim psima tartufarima čiji bi se radni učinak u najvećoj mogućoj mjeri kvantificirao (u smislu prostora, vremena i nalaza) kako bi se na tome mogla temeljiti i laboratorijska statistička obrada. Takvo istraživanje obavezno uključuje i kontinuirano prisustvo mikologa-taksonoma koji bi odmah na terenu prikupljali sve terenske podatke i uzorke. Na mjestima nalaza plodišta istovremeno bi se pomno istražila ekološka obilježja prirodnih staništa tartufa (tlo, fitocenoza, edafski i klimatski čimbenici). Rezultati ovog istraživanja mogli bi bitno doprinijeti očuvanju velikog bijelog tartufa, područja Motovunske šume u cjelini te staništa ostalih vrsta tartufa u smislu integralne zaštite bioraznolikosti, ali i stanišne stabilnosti šireg područja.

