

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ**

**Ивана Р. Бједов  
ТАКСОНОМСКА И ЕКОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА  
ВРСТА РОДА *VACCINIUM* L. У СРБИЈИ  
Докторска дисертација**

**Београд, 2012.**

**UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF FORESTRY**

**IVANA R. BJEDOV  
TAXONOMIC AND ECOLOGICAL INVESTIGATION  
OF *VACCINIUM* L. GENUS IN SERBIA  
Doctoral Dissertation**

**Belgrade, 2012.**

**Ментор:**

Др Драгица Обратов - Петковић, редовни професор  
Универзитета у Београду - Шумарског факултета

**Комисија:**

Др Петар Марин, редовни професор  
Универзитета у Београду – Биолошког факултета

Др Зора Дајић - Стевановић, редовни професор  
Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета

Др Јелена Алексић, научни сарадник  
Универзитета у Београду – Института за молекуларну генетику и  
генетичко инжењерство

Др Матилда Ђукић, редовни професор  
Универзитета у Београду - Шумарског факултета.

**Датум одбране:**

*Ова дисертација је настала као резултат обимних истраживања, консултација и дискусија. Њеном квалитету допринеле су многобројне колеге.*

*Пре свега, желим да изразим велику захвалност својој менторки проф. др Драгици Обратов – Петковић на вери, подршци и помоћи коју ми је пружила током израде докторске дисертације.*

*Захваљујем се проф. др Петру Марину на корисним сугестијама током писања дисертације.*

*Велико хвала проф. др Зори Дајић – Стевановић која ми је омогућила да морфо-анатомска истраживања урадим на Катедри за Ботанику на Пољопривредном факултету, Универзитета у Београду. Професорки Зори Дајић – Стевановић се, такође, захваљујем на подршци, помоћи и конструктивним сугестијама које ми је давала током рада и писања дисертације.*

*Неизмерну захвалност дугујем др Јелени Алексић која ми је пружила велику и несебичну помоћ приликом анализе и интерпретације резултата добијених молекуларно-генетичким истраживањима. Захваљујем се др Јелени Алексић која је својим изузетним познавањем ове проблематике допринела квалитету мога рада.*

*Захваљујем се проф. др Матилди Ђукић на подршци и корисним сугестијама.*

*Молекуларно – генетичка истраживања обухваћена дисертацијом урађена су у Лабораторија за молекуларну биологију одељења за Физиологију биљака на Институту за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, Универзитета у Београду. Пре свега, захваљујем се проф. др Драгољубу Грубишићу и др Данијели Мишић што су ми омогућили да експериментални део истраживања урадим на Институту за биолошка истраживања. Посебно се захваљујем колегиници др Данијели Мишић на сугестијама и великој помоћи коју ми је пружила током израде дисертације. Велику захвалност дугујем колеги др Браниславу Шилеру на несебичној помоћи приликом рада у лабораторији и интерпретацији резултата. Такође се захваљујем колегиници дипл. биологу Тијани Бањац на конструктивним разговорима при решавању проблема током експерименталног*



*рада. Хвала и осталим колегама са Института који су ми рад учинили пријатним.*

*Социо-економска истраживања су урађена уз помоћ проф. др Јелене Томићеви. Хвала јој на пријатељској подршци и вери.*

*Анализа земљишта и садржаја тешких метала урађена је на Шумарском факултету у Лабораторији за земљиште. У анализи добијених резултата велику помоћ ми је пружила др Снежана Белановић. Захваљујем јој се на помоћи и саветима које ми је давала током рада на дисертацији.*

*Колегиници мр Драгани Скочајић хвала на несебичној подршци и вери у мој рад. Хвала јој за помћ какву само она може да пружи.*

*Захваљујем се колегиници Јелени Белојици на помоћи у тумачењу резултата који се односе на симулацију ширења проучаваних врста.*

*Велику захвалност дугујем проф. др Вери Ракоњац на помоћи приликом статистичке обраде података добијених морфо-анатомским истраживањима.*

*Захвалност дугујем и колеги Раденку Радошевићу који ми је олакшао рад у Хистолошкој лабораторији на Пољопривредном факултету.*

*Хвала мојим родитељима, брату, снаји, Лакију и Дани на љубави и подршци свих ових година.*

*Највећу захвалност дугујем свом супругу Владану на љубави, подршци, разумевању и вери у мене.*

## КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИОНА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број (РБ)	
Идентификациони број (ИБР)	
Тип документа (ТД):	Монографска публикација
Тип записа (ТЗ):	Текстуални штампани документ
Врста рада (ВР):	Докторска дисертација
Аутор (АУ):	Мр Ивана Бједов, дипл. биолог
Ментор / Ко-ментор (МН):	Др Драгица Обратов-Петковић, редовни професор Универзитета у Београду – Шумарског факултета
Наслов рада (НР):	Таксономска и еколошка истраживања врста рода <i>Vaccinium</i> L. у Србији
Језик публикације (ЈЗ):	Српски / ћирилица
Језик извода (ЈИ):	Српски / енглески
Земља публиковања (ЗП):	Србија
Географско подручје (УПП):	Србија
Година (ГО):	2012
Издавач (ИЗ):	Ауторски репринт
Место и адреса (МА):	11 030 Београд, Кнеза Вишеслава 1
Физички опис рада (бр.погл./стр./таб./сл./граф./прил.):	7 поглавља, 201 страница, 291 литературни навод, 40 табела, 63 слике, 5 прилога
Научна област (НО):	Биотехничке науке
Ужа научна област:	Пејзажна архитектура и хортикултура
УДК:	581:582.688.3 <i>Vaccinium</i> L.(043.3)
Чува се (ЧУ):	Библиотека Шумарског факултета, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Србија
Важна напомена (ВН):	Нема

## ТАКСОНОМСКА И ЕКОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА ВРСТА РОДА *VACCINIUM* L. У СРБИЈИ

### Резиме

Врсте рода *Vaccinium* су листопадни или зимзелени жбунови или полужбунови које се сврставају у фамилију Ericaceae. Широко су распрострањене у планинским регионима централне Европе, као и у бореалним и суб-арктичким регионима северне Европе, посебно у приземном спрату четинарских шума. На подручје Србије у брдским и планинским регионима налазе се три врсте овог рода: *V. myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea*. Ове врсте су дугоживеће, њихова репродуктивна стратегија обухвата и вегетативно и генеративно размножавање, њихове цветове опрашују инсекти или су самооплодне, а семена разносе птице.

Резултати добијени морфо-анатомским истраживањима одабраних карактера листова проучаваних врста статистички су обрађени коришћењем програма "Statistica" (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). На основу анализираних морфо-анатомских карактера листова, утврђена је јасна диференцијација између проучаваних врста, док се диференцијација између популација у оквиру исте врсте не уочава. Варијабилност проучаваних морфо - анатомских карактеристика листова доведена је у везу са одређеним еколошким факторима. Кластер анализом морфо-анатомских карактеристика листова указала је на могућност постојање генетичке варијабилности између популација, што је потврђено молекуларно - генетичким истраживањима.

За потребе молекуларно-генетичких истраживања, ДНК је изолована из младих листова проучаваних врста. За проучавање генетичког диверзитета и варијабилности коришћени су RAPD маркери. Обрада података вршена је употребом неколико софтвера: POPGENE, PAST,

NTSYSpc, Arlequin и STRUCTURE 2.2. Добијени резултати указују да је удео клонског размножавања незнатан код популација врста *V. myrtillus* и *V. uliginosum*, али је у нешто већем обиму присутан код врсте *V. vitis – idaea*. Генетички диверзитет у оквиру истраживаних популација на подручју Србије је низак до умерен. Популације све три истраживане врсте рода *Vaccinium* су високо диференциране, а сходно томе проток гена између популација је веома мали. Добијена вредност коефицијента корелације између генетичких дистанци и географских дистанци између популација је висока и статистички значајна једино код врсте *V. vitis – idaea*. Стога се једино за ову врсту може са сигурношћу тврдити да су њене географски блиске популације и генетички сличније. Удео унутарпопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијанси је низак.

Проучавањем доступне литературе установљено је да се врсте рода *Vaccinium*, представљају карактеристичне, односно значајне врсте у различитим фитоценозама. Такође, неке од проучаваних врста јављају се и као едификатори одређених заједница, пре свега у субалпијском и алпијском појасу.

У циљу евентуалне препоруке проучаваних врста за примену у одређеним програмима фиторемедијације, садржај укупних тешких метала у земљишту и биљном материјалу је одређен методом атомске апсорпционе спектрофотометрије. Установљено је да се врста *V. uliginosum* издваја у односу на друге две врсте по највећим садржајима проучаваних тешких метала.

Применом VSD модела представљена је симулација ширења биљних врста на анализираним стаништима, током времена, на основу постојећих података о абиотичким факторима (климатски и едафски фактори). Добијени резултати указују да се промене покривности врста *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea* не региструју. Са друге стране, промене покривност врсте *V. myrtillus* су детектоване овим моделом. На свим локалитетима предвиђа

се повећање покровности ове врсте. Од свих локалитета издваја се локалитет Копрен (Стара планина) на коме је та промена најизраженија.

С обзиром да врста *V. myrtillus* представља значајан, не само биолошки, већ и економски потенцијал наше земље, у раду су представљена истраживања начина експлоатације ове врсте на подручју одабраног заштићеног природног добра (НП Копаоник). На основу истраживања на терену дошло се до резултата који указују да се експлоатација врсте *V. myrtillus* врше у супротности са концептом одрживог коришћења.

**Кључне речи:** *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea*, морфо-анатомске карактеристике листова, RAPD маркери, генетички диверзитет и варијабилност, фитоценозе, тешки метали, VSD модел, одрживост.

## KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number (ANO):	
Identification number (INO):	
Document type (DT):	Monograph documentation
Type of record (TR):	Textual printed document
Contens code (CC):	Doctoral dissertation
Author (AU):	M. Sc. Ivana Bjedov
Menthor (MN):	Ph. D. Dragica Obratov-Petković, full professor of University of Belgrade - Faculty of Forestry
Title (TI):	Taxonomic and Ecological investigation of <i>Vaccinium</i> L. genus in Serbia
Language of text (LT):	Serbian/ Cyrillic alphabet
Language of abstract (LA):	Serbian / English
Country of publication (3II):	Serbia
Locality of publication (LP):	Belgrade
Publication year (PY):	2012
Publisher (PU):	The authors reprint
Publication place (PP):	11 030 Belgrade, Kneza Višeslava 1
Physical description (PD):	7 chapters, 201 pages, 291 references, 40 tables, 63 figures, 5 contents
Scientific field (SF):	Biotechnological sciences
Scientific discipline (SD):	Landscape architecture and horticulture
UC:	581:582.688.3 <i>Vaccinium</i> L.(043.3)
Holding data (HD):	Library of Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade
Note (N):	-

## TAXONOMIC AND ECOLOGICAL INVESTIGATION OF *VACCINIUM* L. GENUS IN SERBIA

### Summary

The species of the *Vaccinium* genus include deciduous or evergreen shrubs which belong to the family Ericaceae. They are widespread in the mountainous regions of central Europe and in the boreal and sub-arctic regions of northern Europe, particularly on the ground floor of coniferous forests. In the hilly and mountainous regions on the territory of Serbia, three species of this genus are described: *V. myrtillus*, *V. uliginosum* and *V. vitis-idaea*. These species are long-lived, their reproductive strategy includes vegetative and generative reproduction, their flowers are pollinated by insects, they can also be self-pollinated, and their seeds are dispersed by birds.

The results obtained by morpho-anatomical investigation of leaves were statistically analyzed using the program "Statistica" (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Based on the analysis of the morpho-anatomical character of leaves, a clear differentiation between the investigated species was noticed, while the differentiation between the populations within the same species was not observed. The variability of the studied morpho - anatomical leaf characteristics were correlated with certain environmental factors. The cluster analysis of morpho-anatomical leaf characteristics indicated the possibility of the existence of genetic variation among the populations, which was confirmed by molecular - genetic research.

For the purposes of molecular genetic studies, DNA was extracted from young leaves of the studied species. For the study of genetic diversity and variability RAPD markers were used. Data analysis was performed using several kinds of software: POPGENE, PAST, NTSYSpc, Arlequin and STRUCTURE 2.2.. The results indicate that the proportion of clonal reproduction is minor in *V.*

*myrtillus* and *V. uliginosum* populations, but in *V. vitis - idaea* populations it is slightly larger. Genetic diversity within the studied population in Serbia is low to moderate. The results show a high proportion of genetic differentiation between all investigated populations, and therefore the gene flow between the populations is very low. The obtained value of the correlation coefficient between the genetic and geographic distances among the populations was high and statistically significant only in the species *V. vitis - idaea*. Therefore, only for this species we can say with certainty that its geographically close populations are also genetically more similar. The proportion of variability within the population in total molecular variance was low.

By studying available literature it was revealed that the species of the *Vaccinium* genus represent characteristic and important species in different phytocoenoses. Also, some of the investigated species are edificators of certain communities, especially in alpine and subalpine zones.

With the aim to recommend some of the studied species for their use in certain phytoremediation programs, the total content of heavy metals in the soil and plant material was determined by atomic absorption spectrophotometry. It was found that the *V. uliginosum* distinguishes from the other two species by the highest content of heavy metals.

Using the VSD model, a simulation of plant species spread on the studied localities over time was presented, on the basis of available data regarding abiotic factors (climatic and edaphic factors). Changes in the ground cover of *V. uliginosum* and *V. vitis-idaea* were not recorded. On the other hand, changes in the ground cover of *V. myrtillus* were detected. At all sites, the increasing abundance of this species was predicted. This change is most pronounced on the locality Kopren (Stara planina).

Considering that the species *V. myrtillus* is important, not only as biological, but also as economic potential of our country, the paper describes the research of exploitation methods of *V. myrtillus* in the selected protected natural area (NP



Kopaonik). The results of the field research indicate that *V. myrtillus* exploitation is unsustainable.

**Key words:** *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea*, morpho-anatomical characteristics of leaves, RAPD markers, genetic diversity and variability, phytocenosis, heavy metals, VSD model, sustainability.

## САДРЖАЈ

<b>1. УВОД.....</b>	<b>1</b>
1.1. Опште карактеристике проучаваних врста рода <i>Vaccinium</i> .....	1
1.2. Таксономија рода.....	5
1.3. Преглед досадашњих истраживања врста рода <i>Vaccinium</i> .....	9
<b>2. ЦИЉ РАДА.....</b>	<b>14</b>
<b>3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА.....</b>	<b>15</b>
3.1. Морфо-анатомске методе.....	16
3.1.1. Процедура израде микроскопских препарата.....	16
3.1.2. Анализирани морфо-анатомски карактери листова.....	17
3.1.3. Статистичка обрада морфо-анатомских података.....	18
3.2. Молекуларно-генетичке методе.....	18
3.2.1. Изолација ДНК.....	18
3.2.2. RAPD - PCR протокол.....	20
3.2.3. Статистичка обрада RAPD података.....	22
3.3. Преглед вегетацијских истраживања.....	29
3.3. Методе проучавања садржаја тешких метала у земљишту и биљном материјалу.....	29
3.4. VSD модел.....	30
3.5. Методе социо-економских истраживања.....	34
3.5.1. Истраживачки приступ.....	34
3.5.2. Интервју са локалним становништвом.....	34
3.5.3. Интервју са експертима.....	35
3.5.4. Статистичка анализа података.....	36
<b>4. ОПИС ИСТРАЖИВАНИХ ПОДРУЧЈА.....</b>	<b>38</b>
4.1. Дивчибаре.....	38

4.2. Национални парк Копаоник.....	40
4.3. Камена гора.....	42
4.4. Стара планина.....	44
4.5. Власинска висораван.....	45
<b>5. РЕЗУЛТАТИ.....</b>	<b>48</b>
5.1. Анализа морфо-анатомска карактера листова.....	48
5.1.а Анатомија и морфологија листова проучаваних врста рода <i>Vaccinium</i> .....	48
5.1.б Кластер анализа морфо-анатомских карактера листова проучаваних популација.....	60
5.1.1.в Анализа основних компоненти (РСА) у оквиру популација истраживаних врста.....	61
5.2. Молекуларно – генетичка истраживања.....	67
5.2.а Анализа генетичке варијабилности RAPD молекуларним маркерима.....	67
5.2.б Параметри генетичког диверзитета и генетичка диференцијација између популација у оквиру врста.....	71
5.2.в Корелација између генетичких и географских дистанци између парова популација у оквиру врста.....	73
5.2.г Анализа молекуларне вријансе.....	73
5.2.д UPGMA кластер анализа RAPD података.....	77
5.2.ђ Анализа основних координата (PCoA) RAPD података.....	85
5.2.е Model-based clustering (STRUCTURE анализа).....	90
5.1.2.ж Minimum spanning trees (MST) .....	97
5.3. Заједнице са врстама рода <i>Vaccinium</i> на подручју Србије.....	102
5.4. Основне физичка и хемијска својства проучаваних земљишта и садржај тешких метала у биљкама.....	110
5.4.а Физичке карактеристике проучаваних земљишта.....	110
5.4.б Хемијске карактеристике проучаваних земљишта.....	111

5.4.в	Садржај тешких метала у проучаваним земљиштима.....	113
5.4.г	Садржај тешких метала у изданцима проучаваних врста рода <i>Vaccinium</i> .....	113
5.5.	Промене у саставу фитоценоза проучаваних локалитета у односу на сценарио ацидификације земљишта.....	115
5.5.а	Дивчибаре.....	117
5.5.б	Камена Гора.....	118
5.5.в	Сребрнац (Копаоник).....	120
5.5.г	Пајино пресло (Копаоник).....	121
5.5.д	Власина.....	122
5.5.ђ	Копрен (Стара планина).....	124
5.5.е	Крваве баре (Стара планина).....	125
5.5.ж	Бабин зуб (Стара планина).....	126
5.6.	Социоекономски аспекти сакупљања врсте <i>Vaccinium myrtillus</i> на подручју Националног Парка Копаоник.....	128
5.6.а	Социоекономски подаци.....	128
5.6.б	Сакупљање боровнице – употреба, количине и продаја.....	129
5.6.ц	Резултати интервјуа са експертима.....	131
<b>6.</b>	<b>ДИСКУСИЈА.....</b>	<b>133</b>
6.1.	Морфо-анатомска истраживања листова проучаваних врста.....	133
6.2.	Молекуларно-генетичка истраживања.....	137
6.2.1.	Веродостојност података добијених RAPD молекуларним маркерима.....	137
6.2.2.	Генетички диверзитет и генетичка диференцијација проучаваних популација.....	140
6.3.	Фитоценолошка анализа.....	154
6.4.	Анализа садржаја тешких метала у земљишту и биљном материјалу.....	156
6.4.1.	Садржај тешких метала у земљишту.....	156

6.4.2. Садржај тешких метала у биљном материјалу.....	158
6.5. Промену у саставу фитоценоза проучаваних локалитета у односу на сценарио ацидификације земљишта.....	163
6.6. Социоекономски аспекти сакупљања врсте <i>Vaccinium myrtillus</i> на подручју Националног Парка Копаоник.....	166
<b>7. ЗАКЉУЧЦИ.....</b>	<b>169</b>
<b>Литература.....</b>	<b>172</b>

## 1. УВОД

### 1.1. Опште карактеристике проучаваних врста рода *Vaccinium*

Према Јанковићу (1972) врсте рода *Vaccinium* су листопадни или зимзелени жбунови или полужбунови усправни или полегли по подлози, ретко ниско дрвеће. Листови ових врста су наизменично постављени на стабљици, пљоснати или су листови подвијеног обода. Цветови су груписани у богате рацемозне цвасти, ретко су појединачни. Чашица је састављена од четири до пет листића. Круница је бокалагастог, лоптастог или звонастог облика, састављена, такође, од четири до пет листића. Број прашника у цвету се креће од 8 до 10, тучак је подцветан. Плод је вишесемена бобица, црвене до модро црне боје (Јанковић, 1972). Назив рода *Vaccinium* потиче од латинске речи *vacca*, што у преводу значи бобица, антички назив за врсте овога рода, чији је плод таквог облика (Коњевић и Татић, 2006).

Врсте *V. myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis – idaea* су дугоживеће врсте чија репродуктивна стратегија обухвата и вегетативно и генеративно размножавање, чије цветове опрашују инсекти или су самооплодне, а семена разносе птице (Ritche, 1955, 1956; Jacquemart, 1996, Jacquenart и Thompson, 1996; Nuortila *et al.*, 2002). Услед мешовитог начина размножавања ове биљке спадају у групу клоналних биљака. Предност оваквог начина размножавања код клоналних биљних врсте се састоји у могућности смене генеративног и вегетативног начина размножавања да би успешно опстале у хетерогеним условима животне средине. Нека истраживања су показала да клоналне биљке успешно опстају у природи, а као пример наводи се врста *Gaylussacia brachycerium* чији су клонови стари око 13000 година (Cook 1983) и врста *Populus tremuloides* чији су клонови стари око 10 000 година (Petersson и Gustavsson, 2001). Као резултат ове способности диверзитет клонова и генетичка варијабилност могу бити

различите дуж срединског градијента (Jacquemyn *et al.*, 2006). Код биљака, промене у начину размножавања може снажно утицати на генетичку структуру популације и просторну дистрибуцију генетичке варијабилности врста (Hamrick и Godt, 1990; Albert *et al.*, 2004; Tarasjev, 2005). Генеративно размножавање је главни извор генетичке варијабилности у популацијама, док клонално размножавање редукује степен укрштања и формирања нових генетичких комбинација (Charpentier, 2002; Honnay и Bossuyt, 2005). Приликом генеративног размножавања, могућност повећања генетичке варијабилности у великој мери зависи од процента мобилизације семена и младих биљака насталих након сексуалне репродукције (Eriksson, 1989; Petersson и Gustavsson, 2001; Albert *et al.*, 2004). Што се тиче вегетативног размножавања, показано је да и начин вегетативног размножавања, односно *guerilla* или *phalanx* тип вегетативног размножавања имају утицаја на диверзитет и структурирање популација клоналних биљака (Albert *et al.* 2004). Када се говори о клоналним биљкама неопходно је, пре свега, дефинисати појмове „генет“ и „рамет“. Генет представља генетичку индивидуу која се развија из зигота а вегетативно продукује рамете (Scrosati, 2002). У популацијама клоналних врста, учесталост продукције рамета од стране различитих генета може резултирати доминацијом конкурентских генотипова који могу евентуално довести до губитка генетске варијабилности (Eriksson, 1989,1993; Pornon *et al.*, 2000; Honnay и Bossuyt, 2005; Clark-Tapia *et al.*, 2006).

Врсте рода *Vaccinium* су широко распрострањене у планинским регионима централне Европе, као и у бореалним и суб-арктичким регионима северне Европе, посебно у приземном спрату четинарских шума. Поред четинарских шума, природно станиште ових врста су и мешовите лишћарско-четинарске шуме, брдски пашњаци, тресаве, тундре на песковитој подлози, вриштине и жбунасте заједнице на горњој шумској граници, у планинама до алпијског појаса (Јанковић, 1972; Ellenberg 1988; Dierßen, 1996; Mäkipää, 1999; Gerdol *et al.*, 2004; Лакушић *и сар.*, 2005).

Према Гајићу (1980) врста *V. myrtillus* је суббореално-циркумполарни флорни елемент (Subbor.-cirk.), док су врсте *V. uliginosum* и *V. vitis – idaea* бореално-циркумполарни флорни елементи (Bor.-cirk.).

Врсте рода *Vaccinium* расту на влажним, дорбо дренираним земљиштима чији се рН креће од 3,5 до 6,2 (кисела земљишта) (ЛНВН, 1976; <http://courses.washington.edu/esrm412/protocols/VAUL.pdf>). С обзиром на то да расту на киселим земљиштима врсте рода *Vaccinium* спадају у групу калцифугних тј. ацидофилних врста (Стевановић и Јанковић, 2001).

Према Raunkiaer - овом систему класификације животних форми, врсте рода *Vaccinium* спадају у хамефите (Ch) (Стевановић и Јанковић, 2001). Када је реч о класификацији животних форми биљака у односу на воду, врсте рода *Vaccinium* спадају у групу психрофита - врсте које расту у условима физиолошке суше и ниске температуре (Стевановић и Јанковић, 2001).

За врсте рода *Vaccinium* је карактеристичан облик ендомикоризе означен као ерикоидна микориза (Jacquemart, 1996; Straker, 1996; Smith и Read, 1997; Стевановић и Јанковић, 2001). Биљке са ерикоидном ендомикоризом, најчешће, расту у умереној и хладној зони на обе хемисфере, док у тропима насељавају планинске пределе, и то на киселом земљишту са доста органског отпада, а мало минералног азота. Симбионтске биљке се одликују тананим коренчићима око којих се образује растресит сплет хифа које продиру у корен, а неке се пружају и у земљиште (Стевановић и Јанковић, 2001). Корист коју биљка домаћин има од ерикоидне микоризе је повећано усвајање минералних материја из подлоге и висока толерантност на токсичне елементе, као што су тешки метали (Allen, 1991; Read, 1991).

Све три врсте су толерантне на сенку и на шумске пожаре, али су осетљиве на задржавање воде, посебно врста *V. myrtillus* (Tolvanen, 1997; <http://courses.washington.edu/esrm412/protocols/VAUL.pdf>). С обзиром на то да су ове врсте толерантне на спаљивање, оне су веома значајне за



обнављање шума после пожара. Наиме, ове врсте формирају простране, дугоживеће клонове (30 година, Flower-Ellis, 1971) са ризомима који се простиру 100-200 m испод површине земље, што је објашњење за њихову толеранцију на пожар. Такође, оне брзо израстају из преосталих подземних делова након пожара због чега су важне за сукцесију вегетације (<http://courses.washington.edu/esrm412/protocols/VAUL.pdf>). С обзиром на добро развијене ризоме врсте рода *Vaccinium* могу се развијати на деградираним и огољеним земљиштима, због чега се сматрају значајним врстама за спречавање ерозије деградираних и нестабилних земљишта (Vander Kloet, 1981; 1988).

Врсте рода *Vaccinium* оцењене су као биљке које доприносе естетским својствима предела (eng. landscape plants). Нискожбунасте форме се користе за формирање атрактивних прекривача тла или жбунова (Kirkman и Ballington, 1985). Жбунасте врсте овог рода су, у пределу, посебно атрактивне са пролећним цветовима (Dirr, 1990).

Све три врсте имају лековита својства и као такве имају своју примену, како у народној медицини, тако и у фармацеутској индустрији. Плодови врсте *V. myrtillus* су јестиви, а поред тога плодови, као и листови имају лековите карактеристике (Сарић, 1989). Свежи плодови имају дејство лаксатива, док се суви користе за лечење дијареје. У листовима се налазе супстанце које делују као адстрингенс, диуретик, као антисептик уринарног тракта. Такође, од листова се припрема чај који снижава ниво шећера у крви (Сарић, 1989; Bown 1995; Chevallier, 1996). У лековите сврхе од врсте *V. vitis-idaea* се користе плод и лист. Свежи или суви плодови врсте се користе за лечење дијареје, болова у грлу и кашља, уринарних инфекција. Лист је уроантисептик, адстрингенс, диуретик. Листови се користе за лечење артритиса, реуматизма, дијареје и дијабетеса (Сарић, 1989; Moerman, 1998; Chiej, 1984). У Србији се врста *V. uliginosum* не користи у народној медицини. У неким крајевима се сматра да је ова врста отровна, што је погрешно (Сарић, 1989). Међутим, ова врста има своју употребну

вредност у народној медицини и фармацеутској индустрији. Врста се користи као антисептик, адстрингенс, хипотоник и хипогликемик (Schofield, 1989; Triska, 1975). У плодовима проучаваних врста налазе се органске киселине, витамини, гликозиди и антоцијанини (флавоноиди) (Kim *et al.*, 2009), док се у листовима ових биљака налазе иридоиди, органске киселине, кверцетини, катехини и танини (<http://www.thorne.com/altmedrev/.fulltext/6/5/500.pdf>). Ове супстанце имају снажну антиоксидативну активност. Врсте рода *Vaccinium* се, као лековите биљке и бобичасто воће, традиционално сакупљају у многим земљама. Сакупљање бобичастиг воћа веома је популарно у сиромашним и у земљама у развоју, али и у развијеним земљама као што су Финска, Шведска, Норвешка, као и Русија (Turtiainen *et al.*, 2011). Финска, Шведска, Норвешка и Русија су земље у којима се управо плодови врста *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea* сакупљају у највећим количинама (у односу на друге врсте) (Salo, 1995; Saastamoinen *et al.*, 1998, 2000). Бобичасто воће представља економски значајан природни ресурс у многим земљама (Song и Sing, 2004). Познато је да се на подручју Србије врста *V. myrtillus*, због своје употребне вредности у фармацеутској и прехранбеној индустрији, али и у домаћинствима, сакупља континуирано деценијама. С обзиром на овакву врсту притиска на популације ове врсте, врста *V. myrtillus* се налази на листи дивљих врста флоре заштићене Уредбом о контроли сакупљања, коришћења и промета дивље флоре и фауне (Службени гласник РС, бр. 9/2010).

## 1.2. Таксономија рода

Врсте рода *Vaccinium* L. се сврставају у фамилију Ericaceae (Flora Europaea), односно фамилију Vacciniaceae (Јанковић, 1972). Huxley (1992), LHVH (1976) и Vander Kloet (1988) наводе присуство око 150 до 450 врста овог рода у свету. Већина врста је пореклом из Северне и Јужне Америке и Источне Азије (LHVH, 1976; Vander Kloet, 1988). За подручје Европе се

наводи присуство 10 врста рода *Vaccinium* (Flora Europaea): *Vaccinium arctostaphylos* L. (забележена у Бугарској и Турској), *V. corymbosum* L., *V. cylindraceum* Sm. (Азори – Азорска острва), *V. macrocarpon* Aiton (Британија, Немачка, Швајцарска и Холандија), *V. microcarpum* (Turcz. ex Rupr.) Schmalh. (Аустрија, Британија, Чешка, Словачка, Финска, Швајцарска, Немачка, Исланд, Италија, земље бивше Југославије, Норвешка, Пољска, Румунија, територија бившег Совјетског Свеза, Шведска), *V. myrtillus* L. (Албанија, Аустрија, Белгија, Бугарска, Британија, Корзика, Данска, Чешка, Словачка, Француска, Немачка, Финска, Фарска острва, Ирска, Шведска, Холандија, Шпанија, Мађарска, Исланд, Италија, земље бивше Југославије, Португалија, Норвешка, Пољска, Румунија, територија бившег Совјетског Свеза, Шведска), *V. oxycoccos* L. (Аустрија, Белгија, Британија, Данска, Чешка, Словачка, Француска, Немачка, Финска, Ирска, Шведска, Холандија, Мађарска, Исланд, Италија, земље бивше Југославије, Португалија, Норвешка, Пољска, Румунија, територија бившег Совјетског Свеза, Шведска), *V. uliginosum* L. (Албанија, Аустрија, Белгија, Бугарска, Британија, Корзика, Данска, Чешка, Словачка, Француска, Немачка, Финска, Фарска острва, Ирска, Шведска, Холандија, Шпанија, Исланд, Италија, земље бивше Југославије, Португалија, Норвешка, Пољска, Румунија, територија бившег Совјетског Свеза, Шведска, Свалбард), *V. vitis-idaea* L. (распрострањена на истој територији као и врста *V. myrtillus*) и *V. x intermedium* Ruthe. На подручју Србије констатоване су три врсте рода *Vaccinium*: *V. myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea*, при чему постојање нижих таксономских категорија (ниво подврсте) није забележен (Јанковић, 1972). У флори Европе за врсту *V. uliginosum* наводи се постојање 2 подврсте: *V. uliginosum* L. subsp. *uliginosum* и *V. uliginosum* L. subsp. *microphyllum* Lange, као и за врсту *V. vitis-idaea*: *V. vitis-idaea* subsp. *vitis-idaea* и *V. vitis-idaea* subsp. *minus* (G.Lodd.) Hultén (Flora Europaea).

**Кључ за детерминацију врста рода *Vaccinium* према Јанковићу (1972)**

- 1а Листови зимзелени, ободом повијени, одоздо тачкасти. Круница звонаста, бела или црвенкаста. Бобице црвене..... *V. vitis-idaea*
- 1б Листови опадајући. Круница јајаста или лоптаста. Бобица црна.....2
- 2а Листови јајастии, глатки, ободом ситно рецкасти; гранчице ћошкасте. Цветови бледо зеленкасти или црвенкасти, круница лоптаста. Бобица црна, накисела.....*V. myrtillus*
- 2б Листови објајастии, ободом цели, одоздо пепељаво сиви; гранчице ваљкасте. Цветови бели или црвенкасти, круница јајаста. Бобица црна, сивошлавичасто превучена, бљутава.....*V. uliginosum*

***Vaccinium vitis-idaea* L.**

**Syn.** *Vaccinium punctatum* Lam.

**Домаћи називи врсте:** брусница, боровница црвенозрна, боровка, медвеће грожђе.



**Слика 1:** *Vaccinium vitis-idaea*

*V. vitis-idaea* је зимзелена, полужбунаста врста са усправним стабљикама (Gibbons и Brough, 1996). Врста је висока до 30 cm (Јанковић, 1972). Гранчице су округласте, прекривене беличастим длакама. Листови су зимзелени, кожасти, јајастог или елиптичног облика. По ободу листови су цели или подвијени (Јанковић, 1972; Gibbons и Brough, 1996). Лице листа је тамнозелене боје и сјајно, наличје листа је бледозелено са тамномрким

расејаним жлездама. Цветови су бели или ружичасти, груписани у гроздасте цвасти (Јанковић, 1972; Gibbons и Brough, 1996). Чашица и круница су изграђене од по пет листића. Круница је звонастог облика. Биљка цвета од маја до јуна, а плодоноси од августа до септембра. Плод је бобоца, тамноцрвене боје (Јанковић, 1972).

### *Vaccinium myrtillus* L.

**Домаћи називи врсте:** боровница, боровњача, црна боровница, вресиње, дивја мрча и др



Слика 2: *Vaccinium myrtillus*

*V. myrtillus* је густо разграната листопадна жбунаста врста висока до 50 cm. Гранчице су оштро угласте, голе на којима се налазе светлозелени листови овалног до елипсоидног облика (Јанковић, 1972; Лакушић, 1995; Gibbons и Brough, 1996). Листови су по ободу ситно назубљени, дуги до 15 cm. Лице и наличје листова су прекривени длакама. Цветови су појединачни, налазе се у пазуху листова (Јанковић, 1972; Gibbons и Brough, 1996). Круница је лоптаста са четворо- до петозубим ободом, зеленкастоцрвенкасте боје (Јанковић, 1972). Врста цвета крајем пролећа, од маја до јуна, а плодоноси између јула и септембра. Врсте које расту на већим надморским висинама плодоносе касније у односу на оне које расту на нижим надморским висинама (Јанковић, 1972). Плодови су бобице плаво црне боје, превучене сиво плавкастом превлаком (Јанковић, 1972; Обратов и сар., 1990).

*Vaccinium uliginosum* L.

Домаћи назив врсте: црнозна боровница, тресавска боровница, барушница, веселика, коса, млајевка и др.



Слика 3: *Vaccinium uliginosum*

*V. uliginosum* је листопадна жбунаста врста висока од 50 до 100 cm. За разлику од врсте *V. myrtillus*, гране ово врсте су ваљкасте (Јанковић, 1972; Лакушић, 1995). Листови су овални, голи по ободу су цели, плаво зелене боје (Јанковић, 1972; Gibbons и Brough, 1996). На наличју листа јасно се уочава мрежаста нерватура (Јанковић, 1972). Цветови су груписани у гроздове на врховима прошлогодишњих гранчица, бели или бледоцрвенкасти (Јанковић, 1972; Gibbons и Brough, 1996). Врста цвета од јуна до јула, а плодоноси од августа до септембра. Плод је плаво црвена бобица сивоплавакasto превучена (Јанковић, 1972).

### 1.3. Преглед досадашњих истраживања врста рода *Vaccinium*

Многобројна еколошка, физиолошка и генетичка истраживања су вршена на врстама рода *Vaccinium*.

Анатомска и морфолошка истраживања врста рода *Vaccinium* су вршена са различитим циљевима. Nickavar *et al.* (2003) су се бавили анатомијом различитих органа врсте *V. arctostaphylos* како би успоставили јасне стандарде за идентификацију дроге. Lens *et al.* (2004) су истраживали утицај различитих еколошких фактора на секундарни ксилем у оквиру потфамилије Vaccinioideae. Velázquez-Rosas *et al.* (2003) су установили

постојање значајних разлика у физиолошким и анатомским карактеристикама листова, између оних листова који су изложени сунцу и оних који су у сенци дуж висинског градијента. Stružková *et al.* (2003) су показали да је на основу облика сржи на попречном пресеку стабла могуће направити разлику између врста *V. myrtillus* и *V. uliginosum*. Ови аутори су, за своју анализу, користили врсте из 6 европских земаља и установили да хидролошке карактеристике станишта и географски положај немају утицај на облик сржи. Jacquemart (2003) је кроз своја проучавање која је вршио на седам врста из фамилије Ericaceae (међу којима и четири врсте рода *Vaccinium*) са подручја Белгије објаснио везу између морфологије цвета и начина репродукције ових врста. Liggareto *et al.* (2010) су проучавали степен морфолошке варијабилности између природних популација врсте *V. meridionale* како би се добио добар биљни материјал за потребе укрштања. Semerdjieva *et al.* (2003) су испитивали утицај повећања нивоа UV-B на варирање густине трихома на епидермису листова, дебљину кутикуле и дебљину листова код врста *V. myrtillus*, *V. vitis-idaea* и *V. uliginosum*.

Одговором врста рода *Vaccinium* на повећан садржај тешких метала у земљишту бавио се велики број аутора. Sienkiewicz (1998) је испитивао улогу врсте *V. myrtillus* у биоиндикацији загађених станишта. С обзиром да се на подручју Финске конзумирају велике количине бобичастог воћа, Røykiö *et al.* (2005) су испитивали количину тешких метала Cr, Zn, Ni, V, Pb и Cd у плодовима врсте *Vaccinium vitis-idaea* у индустријским подручјима северне Финске. Pugh *et al.* (2002) су у свом раду представили разлике у садржају тешких метала у листовима неколико врста, међу којима је била и врста *V. uliginosum*, у непосредној околини рудника и на различитој удаљености од њега, на подручју Канаде. Садржај тешких метала у врсти *V. myrtillus* је испитиван и у регионима који нису загађени (Kozanecka *et al.*, 2002).

Распрострањење врста *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea* у зависности од садржаја хранљивих материја и влажности земљишта такође је било предмет истраживања (Mäkipää, 1999; Renato, 2004).

Све три проучаване врсте, а пре свега врсте *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea* спадају у групу споредних или недрвних шумских производа НДШП (енгл. non-wood forest products NWFPs или non - timber forest products NWFPs). Према проценама, најпре Peters *et al.* (1989), а затим и Saxena (2003) и Choudhury (2007), НДШП могу донети већу економску добит од дрвета, због чега шумарске политике широм света од касних деведесетих година прошлог века стављају акценат на НДШП, правећи одклон од ранијег периода, када је фокус био усмерен према дрвету и производима од дрвета (Banjade и Paudel, 2008). С обзиром на економски значај, као НДШП врсте рода *Vaccinium* биле су предмет многобројних истраживања. Према Vantomme и Walter (2003) чак и данас, милиони људи, углавном у земљама у развоју али и у развијеним земљама, свој опстанак обезбеђују сакупљањем и продајом НДШП (лековите биљке, гљиве, шумско воће и др.). Зарада се остварује путем трговине на локалном, националном или међународном нивоу. Међународна трговина НДШП укључује велике потенцијале али и ризике. Главна корист од међународне трговине НДШП је виша цена коју производ може да постигне у поређењу са локалним и националним тржиштем. Међутим, висока цена у комбинацији са високом тражњом може да проузрокује неодрживо коришћење услед прекомерне експлоатације НДШП (Vantomme и Walter, 2003). У неколико последњих деценија, многи истраживачи у Америци, Африци и Европи се баве проблемом очувања и одрживог сакупљања и коришћења НДШП, међу којима су и врсте рода *Vaccinium* (Vantomme и Walter, 2003; Samant *et al.*, 2007; Belem *et al.*, 2007; Banjade и Paudel, 2008; Larsen и Olsen, 2007; и др.). FAO (1995), Shiva и Verma (2002), Golam *et al.* (2008) сматрају да би унапређење одрживог коришћења НДШП са сигурношћу водило смањењу сиромаштва и заштити биодиверзитета.



Заштићена природна добра су „извор“ многих НДШП и чине велики део „незваничне економије“, а локално становништво их често користи као додатак својој исхрани (Charman *et al.*, 2006).

Проблематиком НДШП са аспекта диверзитета и економског коришћења у Србији бави се неколико аутора. Недељковић и Кеча (2010) и Кеча и сар. (2009) се баве неким економским аспектима коришћења НДШП у Србији. Неки од аутора (Матовић и сар., 2002; Такнић и сар., 2004; Николић и сар., 2004) проучавају диверзитет и распрострањење шумских воћкарица у различитим деловима Србије и различитим фитоценозама, њихов економски значај, значај у људској исхрани, као и улогу оваквих врста у спречавању ерозије (Мратинић и Којић, 1998). Међутим, истраживања која се тичу проблематике социо-економских аспеката сакупљања и коришћења НДШП су у зачетку ([http://www.bfn.de/0610\\_vortraege+M52087573ab0.html](http://www.bfn.de/0610_vortraege+M52087573ab0.html); Donnelly *et al.*, 2010).

Бројна генетичка истраживања су, такође, вршена на врстама рода *Vaccinium*. Boches *et al.* (2006) су испитивали опсег у ком су EST-SSRs маркери добијени из врсте *V. corymbosum* конзервирани у репрезентативним врстама секција у оквиру рода *Vaccinium*. Debnath (2009) је креирао ISSRs маркере за процену генетичког диверзитета врсте *V. angustifolium* на подручју Канаде. Генетички диверзитет и филогенетски односи врста *V. sieboldii* and *V. ciliatum* на подручју Јапана истраживали су Hirai *et al.* (2010). Bruederle *et al.* (1996) је истраживао генетички диверзитет врсте *V. macrocarpon*. Процена генетичког диверзитета и варијабилности између популација врсте *V. macrocarpon* је вршено, такође, употребом RAPDs технике (Stewart и Nilsen, 1995; Stewart и Excoffier, 1996; Debnath, 2007a,b,c). Употребом RAPDs технике истраживан је генетички диверзитет врсте *V. stamineum* (Kreher, 2000). Употребом исте технике Areškevičiūtė *et al.* (2006), као и Žukauskienė *et al.* (2009) су испитивали генетичке диверзитет врсте *V. oxycoccus* на подручју Литваније. Истраживање

генетичке варијабилности у оквиру и између популација врста *V. myrtillus* и *V. uliginosum* употребом RAPDs технике, у Европи су вршена на подручју Белгије (Albert *et al.*, 2003; Albert *et al.*, 2004; Albert *et al.*, 2005.). Идентификацију клонова врсте *V. myrtillus* употребом генетичких маркера (RAPD и AFLP маркера) како би се проценио диверзитет клонова и њихова просторна структура и дистрибуција на територији Белгије вршили су Albert *et al.* (2003). Сличан тип истраживања спровели су Persson и Gustavsson (2001) за врсту *V. vitis-idaea* на подручју Шведске. Garkava - Gustavsson *et al.* (2005) су проучавали генетички диверзитет популација врсте *V. vitis-idaea* са подручја Шведске, Финске, Норвешке, Естоније, Русије и Канаде са циљем да се изабере најквалитетнији материјал за *ex situ* конзервацију.

Посебну пажњу научника привлачи чињеница да врсте рода *Vaccinium* поседују висок садржај антоцијанина (класа флавоноида), који имају значајну улога у лечењу веома озбиљних обољења. Утврђено је да су флавоноиди јаки антиоксиданси и као такви имају заштитну улогу против многих болести, посебно канцера, кардиоваскуларних и неуродегенеративних обољења (Jaakola, 2003; Neto, 2007; Shukitt-Hale *et al.*, 2008). Такође флавоноиди, ових врста имају антибактеријско, антивирусно, антифунгално дејство, због чега су биле предмет многобројних истраживања (Jaakola, 2003; Bagchi, 2006; Camire, 2007; Määttä-Riihinen *et al.*, 2004; Taruscio *et al.*, 2004; Cho *et al.*, 2005). Из наведених разлога неки аутори су радили на успостављању ефикасног протокола за добијање ових врсте помоћу културе ткива (Ostrolucká *et al.*, 2007; Meiners *et al.*, 2007; Debnath, 2007a,b,c). Поменута техника омогућава брзу пропацију одабраних генотипова што је предност у односу на вегетативно размножавање помоћу садница (резница) које је споро, а уз то многи генотипови не одговоре адекватно на индуковану регулацију расата (Meiners *et al.*, 2007).

## 2. ЦИЉ РАДА

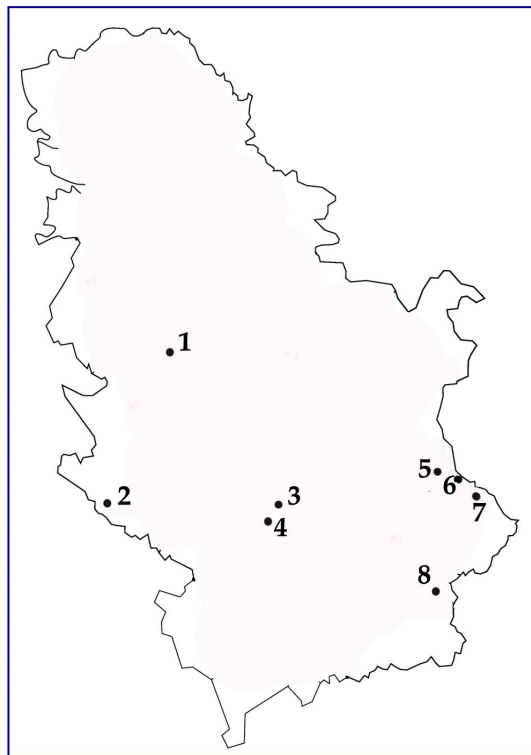
Основни циљеви истраживања докторске дисертације су:

- Испитивање постојања диференцијација између проучаваних популација врста *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea* на основу одабраних морфо-анатомских карактера листова.
- Молекуларно-генетичка анализа популација врста рода *Vaccinium* на подручју Србије на основу података добијених молекуларним RAPD маркерима: процена генетичког диверзитета популација, генетичке диференцијације и историје популација врста *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea* на подручју Србије.
- Истраживање распрострањења врста рода *Vaccinium* на подручју Србије, типова станишта и екологије фитоценоза у којима се јављају, на основу доступних литературних података.
- Анализа садржаја тешких метала у листовима и стабљикама проучаваних врста ради њихове евентуалне препоруке у одређеним програмима фиторемедијације.
- Утврђивање могућих промена покривности проучаваних врста на одабраним локалитетима, у односу на сценарио ацидификације земљишта, коришћењем VSD модела.
- Истраживање одрживости експлоатације врсте *Vaccinium myrtillus*, као значајног биолошког и економског ресурса, на примеру одабраног заштићеног природног добра.

### 3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Узорци испитиваних врста рода *Vaccinium* су сакупљани у периоду од 2008. до 2010. године, са неколико локалитета на подручју Србије (Слика 4, Табела 1). Биљни материјал је детерминисан стандардном флористичко методом, коришћењем релевантне литературе: Јаворка и Ссароду (1934), Јосифовић (1970-1977), Tutin *et al.* (eds.) (1964-1980), Сарић и Диклић (1986), Сарић (1992) и Online data base of Flora Europaea <http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html>.

Хербарски примерци су депоновани у Хербаријум Шумарског факултета, Универзитета у Београду.



Слика 4: Мапа Србије са проучаваним локалитетима

Легенда: 1 -Дивчибаре, 2- Камена гора, 3 -Сребрнац (Копаоник), 4 - Пајино пресло (Копаоник), 5 - Бабин зуб (Стара планина), 6 - Јавор (Стара планина), 7 - Копрен (Стара планина), 8 - Власина.

**Табела 1:** Географски и фитоценолошки подаци о локалитетима са којих су сакупљане проучаване врсте.

Локалитет	Заједница	Надморска висина (m)	GPS координате
Копрен (Стара планина)	<i>Vaccinio-Bruckenthalietum spiculifoliae</i>	1797	N 43°19'56.88" E 22°47'48.43"
Сребрнац (Копаоник)	<i>Vaccinietum myrtilli</i>	1762	N 43°18'59.04" E 20°50'06.19"
Камена гора	<i>Piceetum abietis montanum serbicum</i>	1226	N 43°17'15.01" E 19°33'53.88"
Јавор (Стара планина)	<i>Vaccinio-Juniperetum nanae</i>	1561	N 43°23'07.05" E 22°44'18.18"
Дивчибаре	<i>Pinetum nigrae-sylvestris</i>	960	N 44°07'49.12" E 20°00'55.42"
Бабин зуб (Стара планина)	<i>Piceetum abietis</i>	1573	N 43°22'42.88" E 22°37'37.09"
Власина	<i>Vaccinio-Bruckenthalietum spiculifoliae</i>	1643	N 42°47'40.20" E 22°22'50.70"
Пајино пресло (Копаоник)	<i>Piceetum subalpinum</i>	1846	N 43°16'36.61" E 20°49'20.23"

### 3.1. Морфо-анатомске методе

#### 3.1.1. Процедура израде микроскопских препарата

У сврху проучавања морфо-анатомских карактеристика листова, истраживаних врста рода *Vaccinium*, са сваког локалитета издвојено је по 40 индивидуа. Листови су, са сваке индивидуе, узорковани са средњег дела стабљике. За потребе анализе анатомских карактеристика, листови су фиксирани у 50% алкохолу, како би се, касније, од њих направили трајни препарати. Попречни пресеци листова су направљени стандардном парафинском методом за светлосну микроскопију (Jensen, 1962; Блаженчић, 1990). Пресеци су направљени на микротому LEICA SM 2000 R, након чега су попречни пресеци листова, дебљине 7-10  $\mu\text{m}$ , обојени сафранином и алцијан плавим. Препарати су посматрани под микроскопом LEICA DMLS. За прављење фотографија препарата је коришћена дигитална камера LEICA DC 300.

### 3.1.2. Анализирани морфо-анатомски карактери листова

Морфолошке карактеристике листова које су анализирани код одабраних врста јесу: дужина листа (mm), ширина листа (mm), однос дужине и ширине листа и површина листа (mm<sup>2</sup>).

На попречном пресеку листова, проучаваних врста рода *Vaccinium*, су анализирани следеће анатомске карактеристике: дебљина кутикуле лица листа (µm), дебљина епидермиса лица листа (µm), дебљина палисадног ткива (µm), дебљина сунђерастог ткива (µm), дебљина епидермиса наличја листа (µm), дебљина кутикуле наличја листа (µm), дебљина листа (µm), дужина и ширина централног нерва (µm), дебљина механичке саре централног нерва (µm) и дужина и ширина бочног нерва (µm).

Наведени карактери су анализирани за 12 популација и то: пет популација врсте *V. myrtillus*, четири популације врсте *V. vitis-idaea* и три популације врсте *V. uliginosum* (Табела 2).

Табела 2: Истраживане популације са локалитетима.

Врста	Ознака популације	Локалитет	Бр. јединки
<i>V. myrtillus</i>	Vm1	Копрен (Стара планина)	40
	Vm2	Сребрнац (Копаоник)	40
	Vm3	Камена гора	40
	Vm4	Јавор (Стара планина)	40
	Vm5	Дивчибаре	40
<i>V. uliginosum</i>	Vu1	Јавор (Стара планина)	40
	Vu2	Сребрнац (Копаоник)	40
	Vu3	Бабин зуб (Стара планина)	40
<i>V. vitis-idaea</i>	Vvi1	Јавор (Стара планина)	40
	Vvi2	Пајино пресло (Копаоник)	40
	Vvi3	Копрен (Стара планина)	40
	Vvi4	Бабин зуб (Стара планина)	40

### 3.1.3. Статистичка обрада морфо-анатомских података

Статистичка анализа укључила је преко 5000 нумеричких података. За сваки мерени карактер израчунате су средње вредности  $|X|$ . Коришћене су средње вредности проучаваних карактера листова добијене мерењем испитиваног морфолошког карактера код већег броја индивида (од 26 до 40) у оквиру сваке популације. Значајност разлика између средњих вредности испитиваних морфолошких својстава између популација је одређен коришћењем  $t$  - теста ( $P < 0,05$ ). Везе између популација испитиване су Кластер анализом (СА). За кластер анализу је коришћен UPGMA метод (the unweighted pair-group method with arithmetic mean, Sneath and Sokal 1973) за чију примену су употребљене квадратне Еуклиденове дитанце (squared Euclidean distances). Анализа основних компоненти (РСА) је употребљена да би се детектовала међупопулациона и унутарпопулациона варијабилност и идентификовао најбољи карактер за дискриминацију. Ова статистичка процедура је употребљена да би се генерисао матрикс корелације. Дводимензионални график дистрибуције је представљен за све три врсте проучаваног рода *Vaccinium* посебно. За РС1 и РС2 координату упоређене су својствене вредности (eigenvalues) и представљен проценат са којом свака координата учествује у описивању кумулативног процента варијабилности испитиваних популација и мерених карактера листова. РСА и СА су извршене коришћењем статистичког програма "Statistica" (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

## 3.2. Молекуларно-генетичке методе

### 3.2.1. Изолација ДНК

За RAPD технику узорковани су млади листови са индивида које су међусобно биле удаљене 30 m, како би се вероватноћа узорковања клонова svela на минимум. Изузетак је популација са локалитета Пајино пресло (Копаоник) која се распростире на веома малој површини (око 40 m<sup>2</sup>).

Узорковани листови су на терену стављени у течни азот, а потом до изолације ДНК складиштени на температури од  $-80^{\circ}\text{C}$ . ДНК је изолована из лисног ткива 139 јединки из 14 популација и то: 56 јединки из пет популација врсте *Vaccinium myrtillus*, 51 јединке из пет популација врсте *V. uliginosum* и 32 јединке из четири популације врсте *V. vitis - idaea* (Табела 3).

**Табела 3:** Број јединки и популација коришћених за молекуларно-генетичка истраживања.

Врста	Ознака популације	Локалитет	Бр. јединки
<i>V. myrtillus</i>	Vm1	Камена гора	9
	Vm2	Сребрнац (Копаоник)	12
	Vm3	Дивчибаре	14
	Vm4	Бабин зуб (Стара планина)	9
	Vm5	Власина	12
<i>V. uliginosum</i>	Vu1	Сребрнац (Копаоник)	14
	Vu2	Пајино пресло (Копаоник)	14
	Vu3	Јавор (Стара планина)	10
	Vu4	Бабин зуб (Стара планина)	7
	Vu5	Власина	6
<i>V. vitis-idaea</i>	Vvi1	Пајино пресло (Копаоник)	13
	Vvi2	Власина	5
	Vvi3	Бабин зуб (Стара планина)	7
	Vvi4	Јавор (Стара планина)	7

Изолација ДНК је вршена по модификованој методи cetyltrimethylammonium bromide (СТАВ) (Doyle и Doyle, 1990). За сваки узорак 100-200mg листова је самлевено у аванима са течним азотом. Самлевоеном ткиву додато је 600  $\mu\text{L}$  екстракционог пуфера (направљен од 2% СТАВ, 1.4 М NaCl, 0.2% 2-mercaptoethanol, 20 mM EDTA, 100 mM Tris HCl (pH 8.0) и 1% PVP). Узорци су потом инкубирани на температури од  $56^{\circ}\text{C}$ , 30 минута. Након тога извршена је екстракција суспензије додавањем 600 $\mu\text{L}$  смеше хлороформ-изоамил алкохола (24 : 1) и центрифугирањем на



12000g 10 минута, после чега је водена фаза (супернатант) пребачена у нову епендорфу. Овај корак екстракције поновљен је још једном. Воденој фази је додата 1/2V хладног 4M NaCl (250  $\mu$ L) и 1V хладног изопропанола (750  $\mu$ L), па су узорци остављени на 4°C, 30 минута, да би се ДНК исталожила. Затим је извршено центрифугирање узорка 5 минута на 8000g, након чега је уклоњена водена фаза, а исталожена ДНК, која се уочава на дну епендорфе у виду белог пелета, испрана је са 1ml 70% етанола, и још једном је извршено центрифугирање на 8000g, у трајању од 5 минута. Алкохол је потом одстрањен, а узорци су сушени у стерилним условима до потпуног испарења етанола. ДНК је растворена у 200 $\mu$ L ТЕ пуфера (Tris- EDTA) и узорци су остављени на 4°C да одстоје преко ноћи. Да би се из узорка одстранила РНК, сваком узорку је додато по 0.5 $\mu$ L РНазе, након чега су узорци инкубирани 60 минута на 37°C. Уследио је још један третман са 200 $\mu$ L смеше хлороформ-изоамил алкохола (24 : 1). До даљих анализа узорци ДНК су складиштени на -20°C.

Концентрација ДНК у узору је одређена спектрофотометријски (спектрофотометар: Agilent 8453, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany). Да би се одредила концентрација ДНК, од сваког узорка направљено је разблажење 1:100 (10  $\mu$ L раствора ДНК и 990  $\mu$ L ddH<sub>2</sub>O). На спектрофотометру, апсорбанца је мерена на две таласне дужине: 260nm, која представља максимум апсорбције нуклеинских киселина, и 280nm, која представља максимум апсорбције претежно протеина.

### **3.2.2. RAPD - PCR протокол**

Коришћен је RAPD - PCR протокол успостављен према Albert *et al.* (2003) са модификацијама које су подразумевале оптимизацију састава реакционе смеше и оптимизације температурног програма PCR протокола. Финална запремина реакционе смеше за поставку PCR реакције износила је 25  $\mu$ L, а садржала је следеће компоненте:

100 ng ДНК узорка

2.5  $\mu\text{L}$  10 X Taq pufer ( $\text{NH}_4$ ),  
2.5  $\mu\text{L}$  25mM  $\text{MgCl}_2$ ,  
0.5  $\mu\text{L}$  10mM dNTP (deoxynucleotide triphosphates),  
5.1  $\mu\text{L}$  ddH<sub>2</sub>O (дејонизована дестилована вода),  
1.5  $\mu\text{L}$  прајмера и  
0.4  $\mu\text{L}$  Taq DNA Polimeraze.

Поред реакционе смеше која је садржала ДНК, припремљене су и негативне контроле, реакционе смеше без ДНК. PCR реакција вршена је у PCR машини: *peqSTAR 96 Universal Gradient* (Peqlab, Biotechnologie GmbH, Erlangen, Germany). Амплификације су вршене према следећем програму:

Иницијална денатурација : 4 минута на 94°C

45 циклуса:

Денатурација: 1 минут на 94°C

Хибридизација: 2 минута на 36°C

Елонгација: 4 минута на 72°C

Финална екстензија: 4 минута на 72°C

PCR производи су раздвојени хоризонталном електрофорезом (кадица: *Compact L*, Whatman, Biometra GmbH, Goettingen, Germany; извор напајања: *Standard Power Pack P25*, Biometra, Goettingen, Germany) на 1% агарозним геловима у 1 X TBE пуферу (Tris-borat-EDTA buffer) обојеним етидијум бромидом ( $0,5 \mu\text{g ml}^{-1}$ ), на 110 V у трајању од 120 минута. Применом тако дуготрајног електрофоретског раздвајања трака, смањена је могућност детектовања не-хомологих трака сличне миграције, чиме је повећана поузданост добијених резултата. Гелови су визуелизовани на УВ трансилуминатору (*ST4 3026-WL/26M*, Vilber Lourmat, Torcy, France) (Прилог 1).

Иницијално је тестирано 15 десетомерних RAPD прајмера, од којих је за даље анализе издвојено 9 (Табела 4) на основу квалитета профила и репродуцибилности трака. Преостали прајмери су искључени из даљих анализа јер су продуковали бледе или непоуздане профиле.

**Табела 4:** Прајмери који су коришћени за RAPD - PCR реакцију и њихове секвенце.

Код прајмера	Секвенца прајмера (5'-3')
OPA-05	AGGGGTCTTG
OPA-07	GAAACGGGTG
OPA-09	GGGTAACGCC
OPA-10	CTGATCGCAG
OPA-11	CAATCGCCGT
OPA-13	CAGCACCCAC
OPA-15	TTCCGAACCC
OPO 7	CAGCACTGAC
OPO 15	TGGCGTCCTT

### 3.2.3. Статистичка обрада RAPD података

Интерпретација података PCR амплификације добијених применом RAPD маркера је урађена као што је описано од стране Lynch и Milligan (1994). RAPD маркер је дефинисан као полиморфан уколико је детектован у мање од 95% испитаних индивидуа. С обзиром на то да су RAPD маркери доминантни, свака RAPD трака третирана је као независан локус са два алела (Garkava – Gustavsson *et al.*, 2005). Присуство траке одређене дужине у сваком узорку представљено је са „1“, а одсуство са „0“. Траке са идентичном миграцијом су сматране као идентични, хомологи фрагменти независно од интензитета трака. Одсуство траке у једној популацији, која је присутна код других популација, је интерпретирано не као губитак локуса у датој популацији, већ као присуство „0“ / „0“ хомозигота у датој популацији. На тај начин је генерисан бинарни матрикс, на основу којег су вршене даље статистичке обраде.

Детекција амплификованих продуката (трака) вршена је употребом софтвера TotalLab TL120 1Dv2009 (Nonlinear Dynamics Ltd., Newcastle, Great Britain). Исти софтвер је употребљен за упоређивање и спаривање трака са истом молекулском тежином (ко-мигрирајуће траке). Ревизија

детекције, упоређивања и спаривања ко-мигрирајућих трака извршена је мануелно

За сваки употребљени прајмер на нивоу врсте израчунат је укупан број трака, број полиморфних трака, проценат полиморфизма, број трака по популацији (опсег), полиморфни информациони садржај (PIC) и величина амплификованих фрагмената. Полиморфни информациони садржај (PIC) се употребљава како би се проценила информативност употребљених прајмера, а рачуна се према следећој формули:

$$PIC = 1 - \sum_{i=1}^l P_i^2 - \sum_{i=1}^{l-1} \sum_{j=i+1}^l 2 P_i^2 P_j^2,$$

где  $P_i$ ,  $P_j$  представљају учесталости  $i$  алела, односно  $j$  алела у популацији (Nagy *et al.*, 2012). Он је израчунат и за сваки локус на нивоу све три испитиване врсте.

За сваку индивидуу, RAPD профили добијени применом различитих RAPD прајмера су искоришћени за конструкцију мултилокус RAPD фенотипова који су коришћени за даље анализе.

У циљу утврђивања генетичког диверзитета и генетичке диференцијације (структурирања) популација у оквиру сваке испитиване врсте, израчунати су следећи параметри:

- Шенонов информациони индекс (eng. Shannon's Information index) (Lewontin, 1972), према формули:  $H_i = -[p_i \log_2 p_i + (1 - p_i) \log_2 (1 - p_i)]$ , где  $p_i$  представља фреквенцу траке,
- генетички диверзитет по Nei (eng. Nei's gene diversity) (1973),
- укупан генетички диверзитет ( $H_t$ ),
- генетички диверзитет унутар популација ( $H_s$ )
- генетичка диференцијација између популација ( $G_{st}$ ),
- укупан проток гена између популација у оквиру врсте ( $N_m$ ), према формули:  $N_m = 0.5(1 - G_{st})/G_{st}$

Код примене доминантних молекуларних маркера као што су RAPD маркери, није могуће утврдити ниво хетерозиготности у условима Hardy-Weinberg-овог еквилибријума (HWE). Стога се код таквих маркера широко примењује Шенонов информациони индекс који није осетљив на HWE. Параметри генетичког диверзитета и генетичке диференцијације популација у оквиру сваке испитиване врсте су израчунати употребом софтвера POPGENE ver. 1.31 (Yeh и Yang, 1999).

За утврђивање нивоа генетичке сличности јединки унутар и између популација, за сваку од три проучаване врсте, коришћен је Жакардов индекс сличности (eng. The similarity index of Jaccard) (Legendre и Legendre, 1998), према формули:  $S_{xy} = n_{xy} / (n_x + n_y - n_{xy})$ , где  $n_x$  представља број трака у узорку  $x$ ,  $n_y$  представља број трака у узорку  $y$  у  $n_{xy}$  је број заједничких трака у узорцима  $x$  и  $y$ . Добијена матрица генетичке сличности између парова популација је употребљена за кластер анализу RAPD података. Наиме, кластер анализа RAPD података за све три истраживане врсте представљена је дендрограмом који је конструисан применом UPGMA методе, која се заснива на Жакардовој матрици генетичке сличности. Дендрограм графички приказује релативну дивергенцију испитиваних популација у зависности од њихове генетичке сличности. Израчунавање Жакардовог индекса сличности, UPGMA кластер анализа и статистичка значајност добијеног груписања популација утврђена применом 100 bootstrap пермутација извршене су употребом софтвера PAST (PAleontological Statistics, ver. 1.89, Hammer *et al.*, 2009).

Као додатна потврда груписања популација добијених применом UPGMA кластер анализе за све три проучаване врсте урађена је Анализа основних координата (PCoA) RAPD података на основу Жакардовог индекса сличности између парова популација. Ова анализа је извршена употребом софтвера NTSYSpc (NTSYSpc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System ver. 2.0.; Rohlf, 1998). За PCoA су коришћени следећи модули NTSYSpc софтвера: DECENTER - трансформација

матрица и EIGEN за израчунавање својствених вектора трансформисаног матрикса. За сваку координату (осу) добијен је проценат који показује колики проценат варијабилност од укупне варијабилности описује дата координата. Када су у питању сопствене вредности (eigenvalues) координата, уколико су оне за прве четири координате веће од 1, сматра се да су оне погодне за описивање варијабилности и односа између популација (Iezzoni и Pritts, 1991).

Матрикс Еуклиденових дистанци између парова популација у оквиру сваке врсте је израчунат применом софтвера Arlequin (ver. 3.5.1.2; Excoffier, 2010) и искоришћен је за Анализу молекуларне варијансе (Analysis of Molecular Variance, AMOVA, Excoffier *et al.*, 1992) применом истог софтвера. AMOVA је постала незаменљива метода за утврђивање расподеле варијабилности на унутарпопулациону и међупопулациону компоненту код доминантних молекуларних маркера као што су RAPD маркери због тога што на примену ове методе не утиче доминантна природа RAPD маркера (Huff *et al.*, 1993). Приликом примене AMOVA-е коришћена су два приступа. Најпре је свака биљка (тј. ремета) третирана као индивидуа, а затим су из анализе искључени клонови који се одликују идентичним мултилокус RAPD профилем тако да је сваки генотип (тј. генета) представљен само једном. Дакле, у првом случају, анализа је рађена на нивоу ремета а у другом на нивоу генета. Поређење удела молекуларне варијације на унутарпопулационом нивоу добијеним применом ова два приступа омогућава да се утврди обим у којем клонални раст утиче на генетички диверзитет и генетичку структуру популација. У свим даљим анализама коришћен је други приступ, односно AMOVA на нивоу генета, и за сваку врсту израчуната је расподела укупне молекуларне варијабилности на унутарпопулациону и међупопулациону компоненту добијену применом RAPD маркера.

Употребом истог софтвера урађен је и Мантелов тест (Mantel, 1967). Мантелов тест се користи са циљем да се утврди да ли постоји статистички

значајна корелација између матрице генетичких сличности према Жакарду и матрице географских дистанци између парова популација, и указује на постојање генетичке изолације популација услед њихове географске удаљености. За потребе Мантеловог теста утврђене су географске дитанце између парова популација у оквиру сваке врсте (Табела 5), а статистичка значајност теста је утврђена применом 5,000 пермутација.

Табела 5: Географске дистанце између проучаваних популација врста рода *Vaccinium* изражене у km.

<i>Vaccinium myrtillus</i>					
	Vm1	Vm2	Vm3	Vm4	Vm5
Vm1	0				
Vm2	100,65				
Vm3	95,30	110,49			
Vm4	243,40	143,15	226,03		
Vm5	230,73	142,25	240,03	69,05	0
<i>V. uliginosum</i>					
	Vu1	Vu2	Vu3	Vu4	Vu5
Vu1	0				
Vu2	4,72				
Vu3	172,65	173,75			
Vu4	143,32	145,39	35,77		
Vu5	138,07	137,19	65,05	69,50	0
<i>V. vitis-idaea</i>					
	Vvi1	Vvi2	Vvi3	Vvi4	
Vvi1	0				
Vvi2	137,19				
Vvi3	145,39	69,50			
Vvi4	173,35	65,05	35,77	0	

За даље испитивање потенцијалне генетичке диференцијације популација испитиваних врста коришћен је и програм STRUCTURE 2.2 (Pritchard *et al.*, 2000). У оквиру овог програма се оптимални број независних генетичких група *K* утврђује применом Monte Carlo Markov Chain (MCMC) симулација и Bayesian методе (BM). BM се не заснива на коефицијентима генетичке сличности већ на различитим моделима

сродности индивидуа и моделима фреквенци алела те се стога оваква кластер анализа назива *model-based clustering* и представља квалитативно другачији метод у поређењу са методама које су коришћене у претходним анализама за утврђивање генетичке диференцијације популација.

За сваку МСМС симулацију задата је дужина 'загревања ланаца' (*burn-in*) и дужина ланаца (*run length*) од по 100 000 итерација и рађено је по пет независних *run*-ова за сваки задати *K*. У свим симулацијама је коришћен по *admixture* модел сродности индивидуа у популацијама по којем се претпоставља да је свака популација састављена од индивидуа које су независног порекла у односу на индивидуе других популација. За анализе у којима је испитивано структурирање на нивоу рода коришћен је *independent allele frequencies* модел који претпоставља да фреквенце алела у свакој популацији проистичу из независних дистрибуција фреквенци алела које су дефинисане параметром  $\lambda$ . Применом овог модела се дозвољава да фреквенце алела у различитим популацијама буду независне једна од друге и другачије у свим популацијама, што је у складу са полазним материјалом који је испитиван пошто га сачињавају 3 различите врсте за које се не може очекивати да фреквенце алела у њиховим популацијама буду међусобно зависне. За анализе на нивоу појединачних врста коришћен је *correlated allele frequencies* модел који дозвољава да фреквенце алела у различитим популацијама буду међусобно зависне у одређеном степену и стога донекле сличне. Примена овог модела је препоручена од стране аутора програма у случајевима када се испитују популације једне врсте због тога што његова примена омогућава боље груписање блиско сродних популација. Параметар *prior population information* није коришћен, тако да је програм у свакој симулацији сваку индивидуу сврставао у одговарајућу генетичку групу искључиво на основу њеног генетичког профила. Пошто су RAPD молекуларни маркери доминантни, RAPD мултилокус фенотипови су третирано као диплоидни



мултилокус генотипови код којих је други алел непознат и представљен је као missing value -9 у инпут фајлу.

Најпре је урађена симулација са свим популацијама свих врста са циљем да се утврди да ли истиване врсте, према очекивању, представљају засебне генетичке ентитете. Задате вредности  $K$  су се кретале у опсегу од 1 до 4, односно, до укупног броја врста (3) плус један. Затим је урађена симулација са свим популацијама у оквиру сваке од три испитиване врсте са циљем да се утврди генетичка диференција и генетички афинитети популација. Задате вредности  $K$  су се кретале у опсегу од 1 до 6 код врста *V. myrtillus* и *V. uliginosum* и од 1 до 5 код врсте *V. vitis-idaea*, односно, до испитиваног броја популација плус 1.

Утврђивање оптималног броја генетичких група  $K$  је урађено на начин који је наведен од стране аутора програма STRUCTURE. Наиме, као што је већ наведено, свака симулација за одређени  $K$  је поновљена 5 пута, и за сваку симулацију су добијене log-likelihood вредности које су искоришћене за израчунавање средњих log-likelihood вредности за сваку вредност  $K$ . Средње log-likelihood вредности за сваку вредност  $K$  су искоришћене за израчунавање постериорних вероватноћа за свако  $K$ .  $K$  са највишом постериорном вероватноћом је третиран као оптимални број генетичких група у испитиваном узорку.

У циљу утврђивања генеалošких односа RAPD фенотипова у оквиру рода и на нивоу појединачних врста, конструисана су Minimum spanning trees (MST) применом софтвера PAST. Она приказују порекло генетичке варијабилности у узорку. За конструкцију MST стабала се користи метода статистичке парсимоније, и дефинишу се линије које спајају RAPD фенотипови који су међусобно сродни. Два RAPD фенотипа која су спојена једном линијом се могу разликовати у већем броју RAPD трака, тако да у овом случају, једна линија не одговара једној него већем броју мутација.

### 3.3. Преглед вегетацијских истраживања

Да би се представило распрострањења врста рода *Vaccinium* на подручју Србије, типови станишта и екологија фитоценоза у којима се јављају ове врсте, коришћена је доступна литература. Прегледани су следећи литературни извори: Којић и сар., 2004; Лакушић и сар., 2005; Амићић, 2003; Мишић и сар., 1978; Мишић, 1964; Ранђеловић, 2002; Лакушић и Ранђеловић, 1994; Томић, 1992; Томић, 2006; Гајић, 1954 и Гајић, 1989.

### 3.4. Методе проучавања садржаја тешких метала у земљишту и биљном материјалу

У сврху проучавања земљишта, са свих локалитета, узети су узорци са фиксне дубине до 20 cm. На сваком локалитету композитни узорак је формиран од 24 појединачна, која су са целе површине узети шахмацки, сврдлом (или ашовом са оних локалитета на којима је скелетност била велика).

Лабораторијска проучавања земљишта су вршена према методама Југословенског друштва за проучавање земљишта (ЈДПЗ) (Ценцељ, 1966; Бошњак, 1997). Референтне методе за анализе појединих земљишних параметара према методама ЈДПЗ-а су: рН (у води и  $\text{CaCl}_2$ ) - потенциометријски стакленом електродом; хидролитичка киселост - колориметријски титрацијом са 0,1M NaOH; адсорптивни комплекс - по методи Карпен; укупни азот - по методи Kjeldahl, укупни угљеник - по методи Тјурин; одређивање лакоприступачног фосфора и калијума - по Al методи и анализе механичког састава земљишта - пирофосфатном Б методом.

Узорци земљишта су сушени на ваздуху, на температури од 30°C, а потом је одвојена ситна земља (< 2 mm). За анализе садржаја тешких метала (Zn, Pb, Cd и Fe) земљиште је уситњено као фини пудер прах у

ахатном авану. Припреме узорака за “псеудо” – укупан садржај Zn, Pb, Cd и Fe вршена је у царској води ( $\text{HNO}_3$ :  $\text{HCl}$ , у односу 1:3), уз рефлукс два часа (према стандардним процедурама International Organization for Standardization, 1995) у три понављања. Биљни материјал је осушен на ваздуху и потом самлевен до праха за одређивање садржаја тешких метала. Садржај укупних тешких метала у земљишту и биљном материјалу је одређен методом атомске апсорпционе спектрофотометрије, на апарату " SOLAAR MkII M5". Садржаји тешких метала су одређивани на следећим таласним дужинама: Zn - 213,9 nm ; Pb - 217,0 nm; Cd - 228,8 nm; Fe - 248,3 nm.

### **3.5. VSD модел**

За анализу процеса ацидификације на изабраним локалитетима примењен је модел VSD (Very Simple Dynamic soil acidification Model). Овај модел служи за прорачун критичних оптерећења сумпора и азота у екосистемима. VSD програм је доступан на сајту [www.trentu.ca/ecosystems/i-likeit](http://www.trentu.ca/ecosystems/i-likeit) или [www.mnp.nl](http://www.mnp.nl) (VSD, верзији 3.3.0.2 Posch, и Reinds, 2008, Environmental Modelling & Software 24, 2008).

VSD модел је базиран на скупу масених једначина помоћу којих се представљају процеси размене јона, скупа једначина граничних вредности и равнотеже земљишних процеса (De Vries *et al.*, 2003).

VSD динамички модел показује ефекте киселе депозиције на земљишни раствор за одређени временски период (односно од 1960 до 2100. год. у овом истраживању). Модел параметарски укључује изменљиве катјоне, имобилизацију Н и равнотежу маса за катјоне и азот. VSD модел за различите процесе у екосистему може бити лимитиран на неколико кључних параметара.

Критична оптерећења за ацидификацију укључују депозицију N и S, изводе се из равнотежног стања набоја јона у земљишном раствору ( $\text{eq ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ ):

$$H_{le} + Al_{le} + BC_{le} + NH_{4,le} = SO_{4,le} + NO_{3,le} + Cl_{le} + HCO_{3,le} + Org_{le}$$

Максимално критично оптерећење за сумпор  $CL_{\max}(S)$  у овом моделу се добија из следеће релације:

$$CL_{\max}(S) = BC_{dep} - Cl_{dep} + BC_w - BC_u - ANC_{le,crit}$$

где  $ANC_{le,crit}$  представља критични капацитет неутрализације.

Максимално критично оптерећење за азот  $CL_{\max}(N)$  се добија из следећих релација:

$$CL_{\max}(N) = CL(N) + \frac{CL_{\max}(S)}{1 - f_{de}}$$

$$CL_{\min}(N) = N_i + N_u$$

Ова три параметра, ( $CL_{\max}(S)$ ,  $CL_{\max}(N)$ ,  $CL_{\min}(N)$ ), дефинишу функцију критичних оптерећења.

Вредности критичних оптерећења су дефинисане функцијама критичних оптерећења у односу за изабрани хемијски критеријум, који је за проучаване услове 4,0 односно 4,2 рН јединице и досадашњег тренда депозиција. Одабрана гранична вредност - рН 4,0 се дефинише као критична тачка функционисања шумског екосистема (Hettelinig *et al.*, 1991) и усвајања минералних материја од стране биљака (Langan *et al.*, 2004). Вредност рН 4,2 је коришћена као критична како би се поред терестричних екосистема заштитиле површинске и подземне воде (Hall *et al.*, 2001).

За улазне податке VSD модела су коришћене депозиције сумпора (S) и азота (N) од 1960. до 2011. године и подаци о земљишту из 2009. и 2010. године за проучаване локалитете. Информације о садржају  $SO_x$ ,  $NO_x$  и  $NH_4$  се просторно и временски сакупљају у оквиру националне мреже, а

подаци су доступни из базе података Републичког хидрометеоролошког завода Србије. Узорци депозиције прикупљају се дневно, ручном (bulk) методом са колектором и пријемником од полиетиленског материјала, који се налази на висини од 1.5 м изнад земљишта. За референтне податке коришћени су мерени подаци са Главних метеоролошких станица (ГМС) у периоду од 1960– 2011. године. Параметри коришћени за потребе модела су добијени следећим методама: рН вредност – потенциометрским мерењем; сулфатни, нитратни и хлоридни јони – хроматографијом,  $\text{NH}_4$  – спектрофотометријски; Na, K, Mg и Ca - методом атомске апсорпционе спектрофотометрије.

Основни улазни параметри земљишта за VSD модел односе се на слој земљишта до 20 cm дубине, и то: запреминска маса, CEC, BS, BC, садржај C, C/N у проучаваном површинском слоју, као и вредности  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ , Ca, Mg, K, Na, Cl у депозицији.

Узорци земљишта су ваздушно осушени и просејани кроз сито од 2 mm. рН-вредност земљишта је одређена електрометријски у води и у 0,1 M  $\text{CaCl}_2$  из раствора 1:3 земљиште:раствор. Укупан органски угљеник је одређен методом Tjurin (Belchikova NP, 1975), а укупан N методом Kjeldal (<http://feedlot.unl.edu/rmlab/26-kjeldahl-nitrogen.pdf>). Катјони Ca, Mg, K, Na Fe и Mn, екстраховани су са 0,1 M  $\text{BaCl}_2$ , а Ca, Mg, Fe и Mn мерени AAS, док су K и Na мерени пламенофотометријски. Садржај изменљивог Al и H су одређени по Sokolov (1975). Механички састав земљишта одређен је интернационалном пирофосфатном Б методом (Ценцел, 1966; Бошњак, 1997).

У VSD модела инкорпориран је и Veg-model који даје симулацију ширења биљних врста, на анализираним стаништима, током времена, на основу унетих података о абиотичким факторима (климатолошки и едафски фактори). Модел затим израчунава релативну површину истраживаног станишта коју би врста могла „окупирати“, у зависности од њене способности да опстане под одговарајућим условима станишта. За

потребе симулације ширења врста, у модел се не уноси комплетан списак врста које су констатоване на том подручју, већ се уносе едификаторске и најзаступљеније карактеристичне врсте. Ове врсте се, заправо, одабирају са листе биљака, који је део модела. Еколошки индекси су дати за сваку врсту која је моделом обухваћена. Симулацију ширења одабраних врста модел представља на основу еколошких карактеристика врсте и промене абиотичких фактора (објашњених у тексту изнад) која се дешава током одабраног времена (Belyazid *et al.*, 2009). За потребе истраживања обухваћене овом дисертацијом, за сваки локалитет су издвојене врсте, чије је ширење, односно промена покровности, праћена VSD модела (Табела 6). Овим моделом на сваком проучаваном локалитету за симулацију ширења издвојене су проучаване врсте рода *Vaccinium*.

**Табела 6:** Издвојене врсте на проучаваним локалитетима за VSD модел.

Локалитети	Врсте
Копрен (Стара планина)	<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Erica herbacea</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Luzula multiflora</i> , <i>Thymus sp.</i>
Сребрнац (Копаоник)	<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Thymus sp.</i>
Камена гора	<i>Picea abies</i> , <i>Luzula sylvatica</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i>
Крваве баре (Стара планина)	<i>Juniperus communis</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Bruckenthalia spiculifolia</i> , <i>Luzula luzuloides</i> , <i>L. sylvatica</i>
Дивчибаре	<i>Pinus nigra</i> , <i>P. sylvestris</i> , <i>Erica herbacea</i> , <i>Daphne blagayana</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Avenella flexuosa</i>
Бабин зуб (Стара планина)	<i>Juniperus communis</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Bruckenthalia spiculifolia</i> , <i>Luzula luzuloides</i> , <i>L. sylvatica</i> ,
Власина	<i>Bruckenthalia spiculifolia</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Calamagrostis arundinacea</i>
Пајино пресло (Копаоник)	<i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Luzula sylvatica</i> ,

### 3.6. Методе социо-економских истраживања

#### 3.6.1. Истраживачки приступ

Социо-економска истраживања су укључила основне дескриптивне информације, као и питања и анализу која се односе на сакупљање врсте *V. myrtillus* на подручју НП Копаоник. Метода триангулације укључује коришћење више метода истовремено, као што су интервјуи, посматрања, упитници и коришћење различитих докумената да би се прикупили подаци. Сврха триангулације у квалитативним истраживањима је да повећа веродостојност добијених резултата (Altrichter *et al.*, 2008). Користећи триангулациону методологију, сакупљени подаци су анализирани како би се разумели односи између локалног становништва и администрације НП, методе сакупљања боровнице које примењује локално становништво и става локалног становништва према администрацији НП.

За овај тип истраживања одабрано је подручје НП Копаоник. Територија НП Копаоник је један од локалитета у Србији на коме се врста *V. myrtillus* сакупља континуирано, деценијама, у значајним количинама. Локално становништво сакупља боровницу у комерцијалне сврхе из егзистенцијалних разлога, због изостанка или недовољних сталних прихода. Из тог разлога веома је важно одрживо коришћење овог природног ресурса, посебно у заштићеним подручјима која представљају очувани део природе. Као заштићено природно добро највише категорије, НП Копаоник је и из тог разлога био интересантан за овакав тип истраживања.

#### 3.6.2. Интервју са локалним становништвом

Анкета са локалним становништвом је рађена у јуну 2009. године. Двоје сарадника на терену су помагали спровођење анкете. Помоћници су били активни берачи боровнице и они су помогли у одабиру

домаћинства, односно берача са којима је вршен интервју. Наиме, након разговора са њима одабрана су домаћинства, из неколико села са подручја општине Брус, у којима се боровница сакупља континуирано дужи низ година. Одабрана су 52 домаћинства из 7 села (Равниште – 6 домаћинства, Жиљци – 13 домаћинства, Грашевци – 8 домаћинства, Блажево – 3 домаћинства, Паљевштица – 9 домаћинства, Влајковци – 7 домаћинства и Брзеће – 6 домаћинства). Из сваког домаћинства интервју је извршен са по једним чланом. Упитник за бераче је био састављен од питања отвореног и затвореног типа, као и питања вишеструког избора (анкета је представљена у Прилогу 2). Оваква структура упитника је важна како би информације које се добију од испитаника биле што је могуће више објективне. Такође, из истог разлога садржај и редослед питања су пажљиво осмишљени. У просеку, интервју са сваким испитаником је трајао 40 минута. У анкети су учествовали 37 мушкараца и 15 жена.

Први сет питања се односио на месечни приход по домаћинству. Други сет питања се односио на сакупљање недрвних шумских производа, посебно боровнице и њихову употребу у домаћинству. Трећи сет питања је био фокусиран на методе брања боровнице и ограничења која се тичу сакупљања боровнице на подручју НП Копаоник, као и на програме едукације о одрживом сакупљању боровнице. Намера је била да се овим сетом питања разуме начин на који локално становништво сакупља боровницу, да се схвати колико је локално становништво свесно значаја одрживог коришћења природних ресурса, као и став локалног становништва према програмима едукације о одрживој експлоатацији природних ресурса.

### **3.6.3. Интервју са експертима**

Поред интервјуа са локалним становништвом, извршен је и интервју са експертима. Одабрана су три експерта: биолог Завода за заштиту природе Србије, помоћник директора Завода за заштиту



природе Србије и руководиоца службе надзора ЈП „НП Копаоник“. Интервју са експертима је извршен са циљем да се разуме шта управа НП Копаоник и стручна служба за заштиту природе Србије мисле о политици и управљању ресурсима на простору НП Копаоник. Такође један од циљева је био да се утврди какво је њихово мишљење о сакупљању боровнице на подручју НП и односу између локалног становништва и администрације НП. Упитник намењен експертима је састављен од питања отвореног типа, осмишљеним тако да експерти изнесу ставове институције у којој су запослени, а не своје личне ставове.

#### **3.6.4. Статистичка анализа података**

Анализа података добијених у интервјуима су анализирани кроз две фазе. Прва фаза је подразумевала формирање базе података. У другој фази подаци су обрађени коришћењем статистичког програма SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 10.0 (SPSS, Chicago, IL). У другој фази анализе су коришћене социо-економске варијабле, месечни приход по домаћинству, тренд у сакупљању боровнице и количина боровнице која се сакупља. Оваква анализа обезбеђује дубље схватање како локално становништво сакупља боровницу, зашто сакупља боровницу. Варијабла „месечни приход по домаћинству“ је кодирана скалом од 1 до 7 (1: до 10000,00 дин., 2: од 10001,00 до 20000,00 дин., 3: 20001,00 до 30000,00 дин., 4: од 30001,00 до 40000,00 дин., 5: 40001,00 од 50000,00 дин., 6: од 50001,00 до 60000,00 дин. и 7: од 60001,00 дин.). Варијабла „тренд сакупљања боровнице“ је кодирана скалом од 1 до 4 (1: „да - када се боровница сакупља више из године у годину“, 2: „не“, 3: „исто“, 4: „варира“). Варијабли „количина сакупљене боровнице“ је додељена нумеричка варијабла, а обрађена је према одговорима на питање. Варијабла „сакупљање у комерцијалне сврхе“ је кодирана скалом од 1 до 3 (1: егзистенцијалне сопствене потребе, 2: сопствене потребе и продаја, 3: продаја). Најзад, анализа корелације између варијабли је

извршена користећи непараметарску методу корелације ранга са Спирмановим коефицијентом корелације ранга (Crawshaw и Chambers, 2001).

## 4. ОПИС ИСТРАЖИВАНИХ ПОДРУЧЈА

### 4.1. Дивчибаре

Дивчибаре је планинска површ која се налази у централном делу планине Маљен (западни део централне Србије). Заједно са Дивчибарама, Маљен представља средишњи део ваљевских планина. Просечна надморска висина Дивчибара је 900 m (Лома, 1996).

Дивчибаре је серпентинитски масив изграђен од перидотита у различитим фазама серпентинизације. Серпентинизација перидотита није увек извршена до краја па се поред серпентинита често јављају и перидотити. Највећи део Дивчибара изграђен је од харцбургита, серпентинисаних харцбургита и серпентинита. Серпентинисани харцбургити и серпентинити местимично садрже и мање жилице магнезита. У морфолошки вишим деловима налазе се на површини терена или испод елувијума, а у нижим деловима испод делувијално барских глина и делувијалних глина са дробином. У њима је развијена мрежа пукотина и прслина, чија величина и густина опада са дубином. У вишим деловима пукотине су запуњене глиновитим материјалом. Због развијене мреже пукотина и прслина, нарочито при површинској зони, образовано је више издани пукотинастог типа. Поред харцбургита, серпентинисаних харцбургита и серпентинита, Дивчибаре је изграђено и од делувијално-барских глина (Васовић, 2003).

Земљишта Дивчибара су развијена, углавном, на серпентинској подлози, где еволуција земљишта започиње са иницијалним земљиштем (сироземом), преко скелетног хумусно - силикатног земљишта до посмеђеног хумусно - силикатног земљишта (еутрик - лептосол) (Поповић и Стефановић, 1991).

Подручје Дивчибара се налази непосредно уз вододелницу између сливова Западне Мораве и Колубаре, а скоро у целини припада

првопоменутом сливу. На Дивчибарама је формирана стална и доста разграната хидрографска мрежа, што је управо карактеристика серпентинитске подлоге. На овом подручју преовлађују мањи површински токови, потоци и мање реке. Површински токови су стални у току године, али се протицај код њих може мењати у току године. Најзначајнији површински токови су: Бела Каменица, Чалачки поток, Црна Каменица и Црна река.

Према Ђукановић (2000) на опште климатске услове ваљевског краја (самим тим и Дивчибара), ако се узме у обзир његов регионални положај, утичу близина Панонског басена и прелазак из равничарских ка брдско-планинским подручјима, као и извесна отвореност ка северу и североистоку, са одређеним степеном континенталности. Генерално, клима овог краја се може окарактерисати као умерено топла и хумидна.

Средње годишња температура ваздуха на Дивчибарама износи 6,9 °С. Средња годишња количина падавина, у разматраном обсервационом периоду на Дивчибарама је износила 1053,2 mm (Табеле 7 и 8).

**Табела 7:** Средње месечне и средња годишња температура ваздуха на Дивчибарама.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
t (°C)	-3,0	-1,6	1,6	6,2	11,4	14,3	15,9	15,7	12,7	8,0	2,8	-1,4	6,9

**Табела 8:** Укупне месечне и годишње падавине на Дивчибарама.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
падавине (mm)	68,9	58,6	71,5	84,5	142,8	142,8	112,4	88,2	80,5	67,2	67,6	71,5	1053,2

Климатолошки елементи који су представљени за овај локалитет, забележени су у Климатолошкој станици на Дивчибарама (960 m н.в.), а добијени су од Републичког Хидрометеоролошког Завода Србије.

## 4.2. Национални парк Копаоник

Копаоник је највећа планина централне Србије. Планински масив Копаоник се налази на југу централне Србије. Највиши и уједно најочуванији делови копаоничког масива су проглашени Националним парком 1981. године (Амићић и сар., 2007).

На Копаонику постоји извесна првилност у вертикалном зонирању земљишта, која је повезана са вертикалном зонираношћу вегетације. У зони термофилних храстових шума (доњи део брдског појаса до 800 м н.в.) развијена су земљишта на серпентиниту и то: сирозем, органогено и органогеноминерално хумусно силикатно земљиште и посмеђено хумусно силикатно земљиште. У зони мезофилних храстових и букових шума (брдски појас до 1100 м н.в.) развијено је посмеђено и смеђе земљиште на серпентиниту и кисело смеђа земљишта на силикатним стенама. У планинском појасу (1100 - 1500 м н.в.), где доминирају шуме букве, букве и јеле и смрче и јеле, развијена су кисела смеђа земљишта и лесивирано смеђе земљиште на серпентиниту и смеђа земљишта на кречњацима. У зони мешовитих шума букве, јеле и смрче, као и букве и смрче (субалпијски појас од 1500 - 1800 м н.в.) развијена су земљишта на кречњацима и то: смеђа подзоласта земљишта, кисела хумусносиликатна земљишта и органоминералне и посмеђене црнице. На самој горњој граници шуме (од 1800 - 1950 м н.в.) са прогаљеним фитоценозама смрче, боровнице и полегле клеке развијени су различити типови земљишта: смеђа подзоласта, калкомеланосол и хумусно-силикатна земљишта (Завод за заштиту природе Србије, 2003-2004).

Водотоци Копаоника припадају западно и јужноморавском сливу. Сливу Јужне Мораве припада само мањи део водотока овог подручја, који дренира Топлица и њене притоке. Највећи део водотока подручја Копаоника припада сливу Ибра. У целини, водотоци Копаоника располажу великом ерозионом снагом, што доводи до појаве веома интензивног спирања на појединим деловима, поготову тамо где је геолошки састав

комбинован са стрмим нагибом и обешумљеношћу терена. Као најзначајнији речни токови на подручју Копаоника издвајају се: Самоковска река, Дубока, Барска река, Гобелска река и Брзећка река (Завод за заштиту природе Србије, 2003-2004).

Према климатској подели Србије (Horvat *et al.*, 1974 – цитирано из Стевановић и Стевановић, 1995), у централним и источним деловима Србије, под утицајем континенталне климе са истока и егејске варијанте медитеранске климе са југа, диференцира се подтип семиаридне умерено-континенталне климе која се још означава и као субконтинентална клима. Подручје Копаоника припада овој климатској зони, са значајним модификацијама, услед положаја, надморске висине и одређених утицаја који нарочито долазе до изражаја дуж долине Ибра и имају утицај на модификацију микро и мезоклиме читаве планине. Поједини аутори издвајају као посебан, копаонички климатски рејон, који просечно има најхладније и најдуже зиме у Србији, најниже годишње температуре и просечно трајање снежног покривача од око 150 дана у години (РХМЗ, 2006).

Клима Копаоника је свакако резултат интеракције многобројних фактора као што су: географски положај, удаљеност од мора, надморска висина, положај у односу на преовлађујућу циркулацију атмосфере, покривеност вегетацијом и присуство термалних извора. Од долине Ибра, која према Адамовићу (1901) – цитирано из НП „Копаоник“ (2000) представља медитеранску зону, са повећањем надморске висине настаје комбинација континенталне и локалне планинске климе, тако да се највећи врхови Копаоника одликују изразитом високопланинском климом. Климатолошки елементи представљени за Копаоник, забележени су у Климатолошкој станици на Копаонику (1710 m н.в.), а добијени су од Републичког Хидрометеоролошког Завода Србије (Табеле 9 и 10).

**Табела 9:** Средње месечне и средња годишња температура ваздуха на  
Копаонику.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
t (°C)	-4,7	-5,2	-2,2	1,9	7,2	10,5	12,6	12,8	8,7	5,0	0,1	-3,5	3,6

**Табела 10:** Укупне месечне и годишње падавине на Копаонику.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
падавине (mm)	60,9	65,0	74,1	88,1	113,6	107,9	90,3	79,8	83,7	68,7	82,1	74,8	988,8

### 4.3. Камена гора

Камена Гора је планинско подручје на крајњем југозападу Србије, смештено западно од долине Лима, на потезу од Бродарева до Коловрата и јужно од долине Звијезданске реке уз границу са Црном Гором. С обзиром да је реч о простору очуваних природних карактеристика, без битних и видљивих негативних антропогених утицаја и са вредним културно-историјским наслеђем дат је предлог да се ово подручје заштити као „Предео изузетних одлика“. Законска процедура проглашења заштићеног природног добра „Предео изузетних одлика Камена Гора“ је у току (Завод за заштиту природе Србије, 2011).

У најопштијем смислу, за ово подручје се може рећи да је релативно слабо истраживано. Скоро да не постоје литературни подаци, пре свега о педолошким, геолошким и хидрогеолошким, али и о другим природним карактеристикама подручја.

Према Педолошкој карти Републике Србије (Р 1:50000) на овом подручју је развијено дистрично хумусно - силикатно земљиште (дистрични ранкер). Геолошка подлога су кречњаци-доломити (ЗЗПС).

Најзначајнији хидролошки објект овог краја, који представља североисточну (делом и источну) границу простора Камене горе је Лим са својом долином. Подручје Камене горе се одликује присуством великог броја извора. Хидрографску мрежу истраживаног простора Камене горе,

која највећим делом гравитира ка средњем току реке Лим, чине мањи речни токови који крећу са планина чији врхови достижу висину до 1450 m. Главни речни токови су Стрмечићке реке и леве притоке Лима: Комаранска река, Грачаница, Веницка, Миоска, Пустињска река.

Према Ракићевићу (1980) простор Камене горе припада Старорашком климатском региону са ознаком II-9, умерено континенталне климатске области. Ово је климатски рејон са највећом влажношћу ваздуха у Србији и највећом облачношћу. Док кишомерне станице на планинама добијају преко 1100mm падавина, дотле су речне долине и котлине знатно сиромашније падавинама (Нова Варош 888 mm, Прибој 731 mm, Пријеполје 729 mm). На основу изотермне карте коју дају Дуцић и Радовановић (2005), може се закључити да се простор Камене горе налази између средњих годишњих температурних класа од 4,1-6,0°C и 6,1-8,0°C. С обзиром да на Каменој гори не постоји Климатолошка станица, средње месечне и средња годишња температура ваздуха, као и укупне падавине су представљене на основу података које добија Републички Хидрометеоролошки Завод са просторно и географски блиских климатолошких станица са Златибора (Табеле 11 и 12).

**Табела 11:** Средње месечне и средња годишња температура ваздуха на Златибору.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
t (°C)	-2,2	-1,4	2,4	7,1	12,2	15,4	17,5	17,4	13,1	8,8	3,3	-1,2	7,7

**Табела 12:** Укупне месечне и годишње падавине на Златибору.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
падавине (mm)	67,5	67,6	73,7	78,9	96,2	110,8	97,0	77,9	96,3	79,5	92,5	83,7	1021,8



#### 4.4. Стара планина

Стара планина представља крајње западне огранке Балканског планинског система, простирући се од Црног мора па до Вршке чуке у укупној дужини од 530 km. У Србији се налази у крајњем источном делу земље (Мишић и сар., 1978). Највећи део Старе планине се налази у границама заштићеног природног добра „Парк природе Стара планина“ (Амићић и сар., 2007).

Ово подручје је веома богато воденим токовима. Најзначајнији водотоци овог подручја су: Нишава, Темштица, Топлодолска река, Дојкиначка река, Црновршка река, Јеловица, Височица, Росомачка река. Водени токови ових река су одвојени развођем у два слива: слив Тимока и слив Нишаве (Мишић и сар., 1978).

Земљишта Старе планине су развијена на различитој геолошкој подлози (Мишић и сар., 1978). Могу се разврстати у две еволуционо-генетичке серије: земљишта на киселим силикатним стенама и земљишта на карбонатним стенама. У серији на црвеним пешчарима јављају се: сироземи, хумусно - силикатна земљишта, смеђа земљишта. У серији на кречњацима и доломитима или лапорцима и лапоровитим кречњацима јављају се сироземи, рендзине, смеђа земљишта и лесивирана смеђа. Према Ђорђевић-Милошевић (1996) у зони 700-800 m изузетно изнад 1000 m надморске висине развијена су кисела смеђа земљишта, а лесивирана до 700 m.

Стара планина у климатолошком смислу представља прелазну зону између умерено-континенталне климе Тимочке крајине и Влашке низије на северу и планинске климе Балканског планинског система на југу. Стара планина у Србији разликује се у климатском погледу у свом северном, централном и јужном делу, као и на различитим надморским висинама, што овај масив чини врло сложеним и разноврсним у климатском погледу. Са вегетацијске тачке гледишта ове разлике су значајне, јер условљавају разлике у висинском смењивању биљних

заједница, с једне стране, и у хоризонталном распрострањењу појединих заједница у истом планинском појасу, али у различитим деловима масива, с друге стране (Мишић и сар., 1978). С обзиром да на Старој планини не постоји Климатолошка станица средње месечне и средња годишња температура ваздуха, као и укупне месечне и годишње падавине су представљене за подручје Димитровграда и Пирота (Табеле 13 - 16).

**Табела 13:** Средње месечне и средња годишња температура ваздуха у Димитровграду.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
t (°C)	-0,7	0,6	5,0	10,0	14,8	18,1	20,0	19,7	15,3	10,5	5,0	0,7	9,9

**Табела 14:** Укупне месечне и годишње падавине у Димитровграду.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
падавине (mm)	68,9	58,6	71,5	84,5	142,8	145,7	112,4	88,2	80,5	67,2	67,6	71,5	1053,2

**Табела 15:** Средње месечне и средња годишња температура ваздуха у Пироту.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
t (°C)	0,0	1,7	6,2	11,3	16,2	19,5	21,5	21,2	16,7	11,6	5,8	1,5	11,1

**Табела 16:** Укупне месечне и годишње падавине у Пироту.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
Падавине (mm)	36,6	33,4	39,0	52,1	64,1	70,9	44,4	48,1	43,1	45,8	51,9	47,0	576,5

#### 4.5. Власинска висораван

Власинска висораван се налази у југоисточној Србији. Са свих страна је окружена високим планинама родопског планинског масива и често разуђена између њихових врхова, чинећи површи на различитим надморским висинама. То су пре свега површи 1600-1800 m н.в. и 1400-1500 m н.в. (Милић, 1967).

Развој и распоред различитих типова вегетације Власинске висоравни зависи, између осталог, и од хидрографских карактеристика терена. На планинским масивима око висоравни налази се велики број извора чије воде формирају мање реке и потоке, притоке језера или неке од река власинског развођа. Велики број извора је разбацан и по самој висоравни и око њих је готово редовно развијена тресавска вегетација. Највећи водотоци Власинске висоравни су Браташница, Јарчева, Мурина и Дејанова река (Ранђеловић и Златковић, 2010).

Највећи део Власинске висоравни се налази у границама заштићеног природног добра „Предео изузетних одлика Власина“.

Образовање, развијеност и изглед земљишта Власине везани су за супстрат и за планински рељеф, као и специфичну климу планинске регије. Власинска висораван се налази у зони смећег шумског (дистрично смећег) земљишта које је у већој мери еродирано. Сва земљишта Власинске висоравни припадају групи киселих земљишта, што је условљено силикатном подлогом и великом количином падавина, чиме је условљено јаче испирање база (Ранђеловић, 1978). Према Пивић и Булајић (2005), ранкер, који је најзаступљенији на овом подручју, је образован на албит-хлорит-серицијским шкриљцима. Поред хумусно-силикатних земљишта заступљени су и сироземи, као и колувијална земљишта. Сироземи и хумусно-силикатна земљишта су изразито плитка земљишта, која се налазе на стрмим падинама проређених шума или врло слабих пашњака (Пивић и Булајић, 2005).

Пре потапања тресавске акумулације средња годишња температура је износила 6,4 °C, најтоплији месец је био август са средњом месечном температуром 16,1 °C, а најхладнији јануар са 3,4 °C. Средња вредност температуре у вегетацијском периоду је износила 13,6 °C. Средња годишња количина падавина је била 838 mm, а у вегетацијском периоду 342 mm. Највеће количине падавина су биле на почетку (мај - јун) и на крају (новембар) вегетационог периода (Ђукановић, 1967). Изградња

акумулације са великом количином воде у великој мери је утицала на промену локалне климе у смислу смањења средње годишње температуре (5,8 °C) и просечне количине падавина (854,2 mm). Најтоплији и најхладнији месеци су остали исти, али са нижом просечном температуром: август (14,8 °C) и јануар (-3,5 °C). Средња вредност температуре у вегетацијском периоду је, такође нижа 12,5 °C, а средња количина падавина је 309,1 mm (РХМЗ, 2012). Климатолошки елементи представљени за Власинску висораван, забележени су у Климатолошкој станици на Власини (1190 m н.в.), а добијени су од Републичког Хидрометеоролошког Завода Србије (Табеле 17 и 18).

**Табела 17:** Средње месечне и средња годишња температура ваздуха на Власини.

месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
t (°C)	-3,5	-3,7	0,6	5,3	9,9	13,2	14,7	14,8	10,9	7,2	1,8	-1,7	5,8

**Табела 18:** Укупне месечне и годишње падавине на Власини.

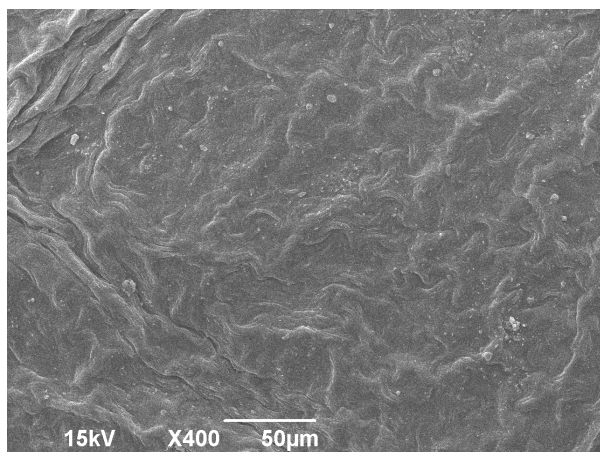
месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Год.
падавине (mm)	63,8	61,2	66,7	82,6	92,6	88,2	72,0	47,1	55,0	68,0	83,1	73,4	854,2

## 5. РЕЗУЛТАТИ

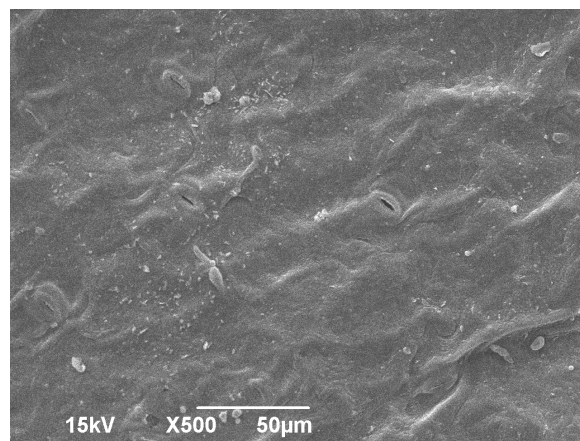
### 5.1. Анализа морфо-анатомска карактера листова

#### 5.1.а Анатомија и морфологија листова проучаваних врста рода *Vaccinium*

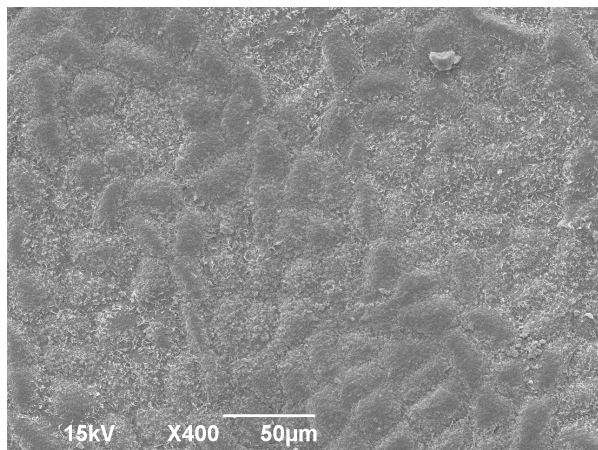
На попречном пресеку листова, проучаваних врста рода *Vaccinium*, се уочава њихова дорзовентрална грађа. Једнослојни епидемис се налази на лицу и наличју листова свих испитиваних врста (Слике 11 - 13). Стоме се код све три проучаване врсте налазе у епидермису наличју листова, па се листови означавају као хипостоматични (Слике 5 - 10). Са слика 5 - 10 се може уочити да се по јединици површине најмањи број стома налази на наличју листова врсте *V. myrtillus*, док се највећи број стома по јединици површине јавља код врсте *V. vitis-idaea*. Такође, у односу на стоме друге две проучаване врсте, стоме врсте *V. vitis-idaea* су најкрупније.



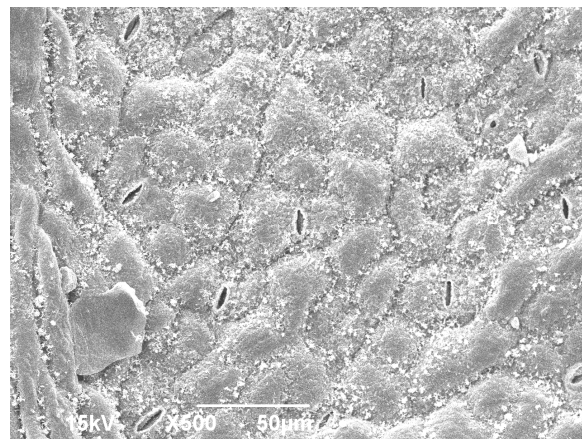
Слика 5: Лице листа врсте *V. myrtillus*



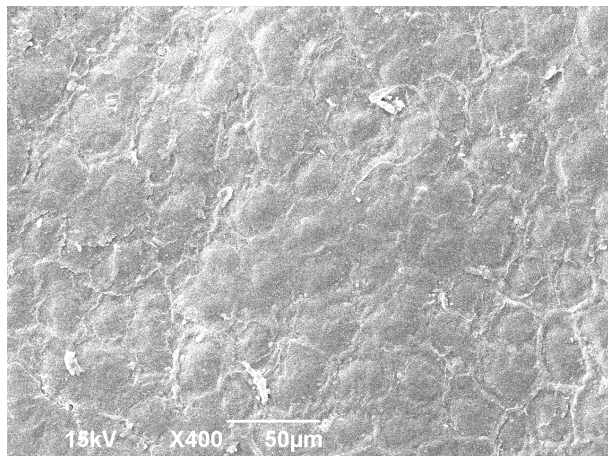
Слика 6: Наличје листа врсте *V. myrtillus*



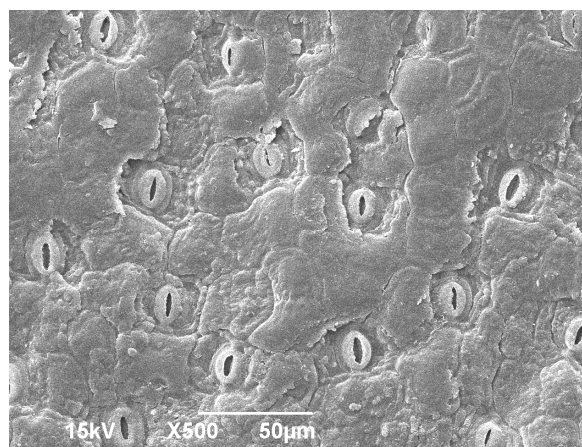
Слика 7: Лице листа врсте *V. uliginosum*



Слика 8: Наличје листа врсте *V. uliginosum*

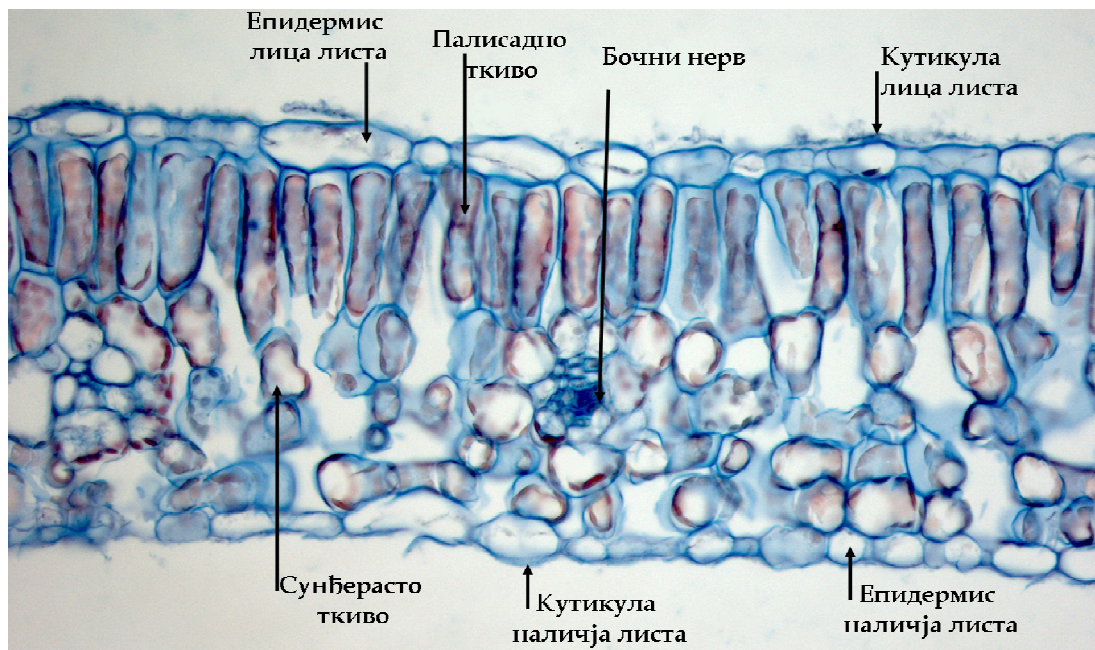


Слика 9: Лице листа врсте *V. vitis-idaea*



Слика 10: Наличје листа врсте *V. vitis-idaea*

Кутикула епидермиса лица и наличја листова се разликује у дебљини код различитих врста рода *Vaccinium* (Табела 19). Највеће вредности за овај карактер су констатоване код листова врсте *V. vitis-idaea* (5,48 - 5,94  $\mu\text{m}$ ). Из Табеле 19 се може видети да се дебљина кутикуле разликује на лицу епидермиса од дебљине кутикуле на наличју епидермиса код све три проучаване врсте рода *Vaccinium*.



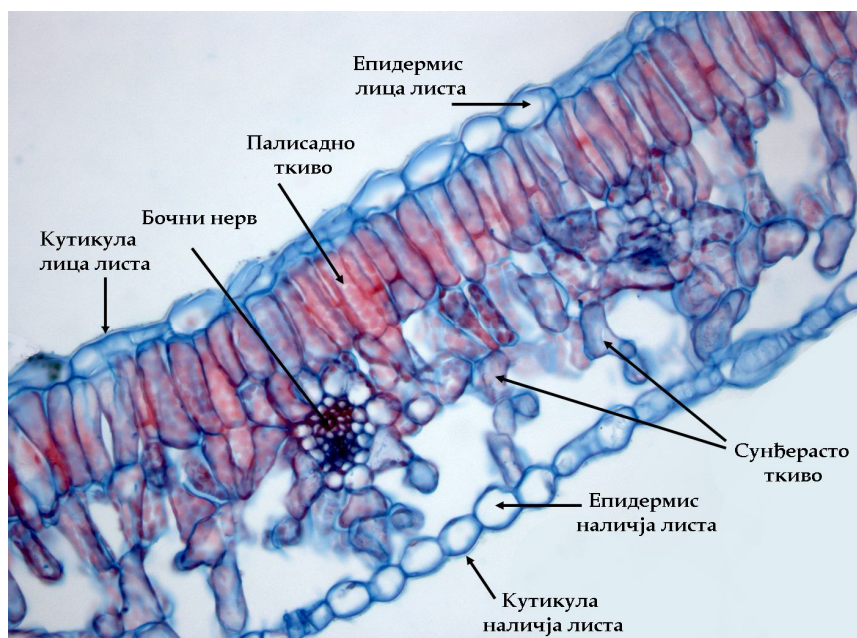
Слика 11: Попречни пресек листа врсте *V. myrtillus* (увећање 40x).

Код врста *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea* ћелије епидермиса лица листа (12,3 - 14,9  $\mu\text{m}$ , односно 13,4 - 16,5  $\mu\text{m}$ ) су дебље од ћелија епидермиса наличја листа (9,5 - 11,7  $\mu\text{m}$ , тј. 11,3 - 13,2  $\mu\text{m}$ ), док су код врсте *V. uliginosum* приближно исте дебљине („дебљина епидермиса лица листа“: 14,8 - 17,6  $\mu\text{m}$ , односно „дебљина епидермиса наличја листа“: 14,8 - 16,4 дебљина епидермиса лица листа) (Табела 19).

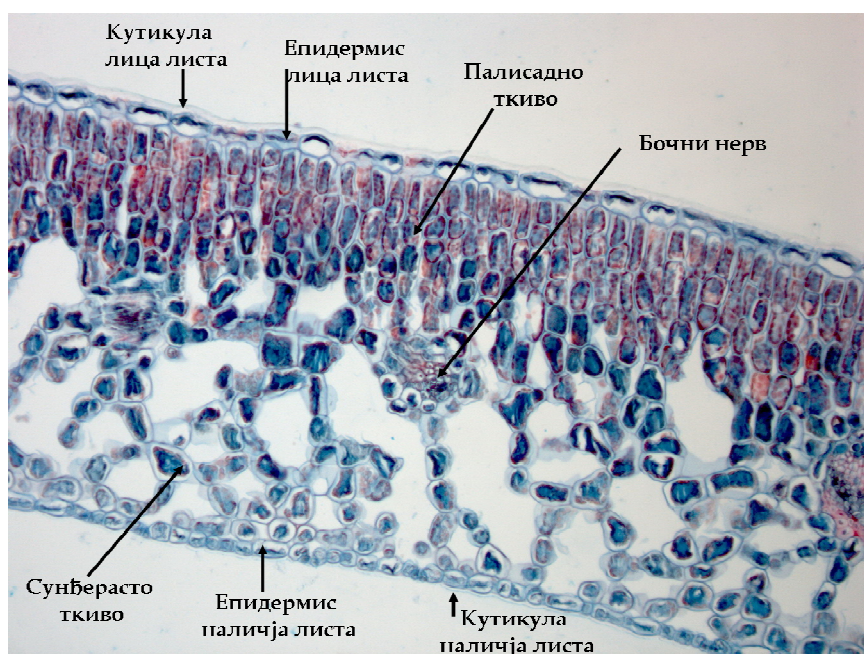
Мезофил листова, проучаваних врста из рода *Vaccinium*, је диференциран на палисадно и на суњерасто ткиво (Слике 11 - 13). Палисадно ткиво формирају ћелије издуженог облика, а број слојева мезофила се разликује код истраживаних врста. Код врста *V. myrtillus* и *V. uliginosum* палисадно ткиво је једнослојно (Слике 11 и 12), док се у мезофилу врсте *V. vitis-idaea* уочавају 2 до 3 слоја палисадног ткива (Слика 13). Код свих врста мезофил је развијен само испод епидермиса лица листа. Испод епидермиса наличја листа је развијено суњерасто ткиво у коме се уочавају крупни интерцелулари, који су посебно изражени код врсте *V. vitis-idaea*. Највеће вредности за измерене карактере: „дебљина палисадног ткива“ и „дебљина суњерастог ткива“ су добијене за врсту *V. vitis-idaea*



(63,2 – 90,7  $\mu\text{m}$ , односно 216,8 – 253,1  $\mu\text{m}$ ), док су најмање вредности за исти карактер добијене за врсту *V. myrtillus* (31,1 – 37,6  $\mu\text{m}$ , односно 62,0 – 75,1  $\mu\text{m}$ ) (Табела 19).



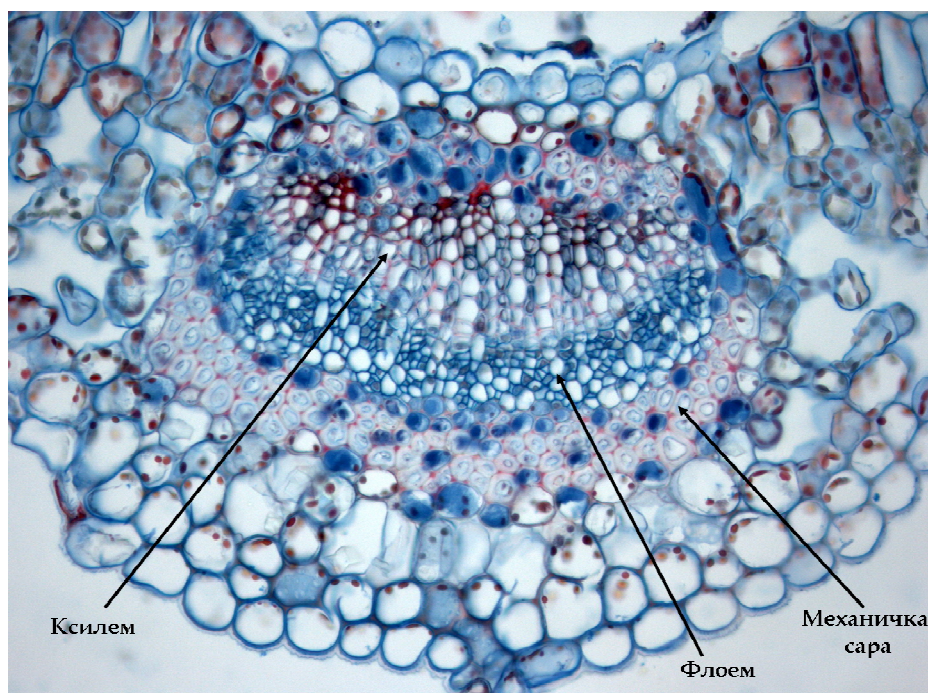
Слика 12: Попречни пресек листа врсте *V. uliginosum* (увећање 40x).



Слика 13: Попречни пресек листа врсте *V. vitis-idaea* (увећање 20x).



Проводни снопићи су колатерални и затворени. На попречном пресеку листова све три врста доминантан је централни (главни) нерв који је окружен механичком саром (Слика 14). У централном проводном снопићу, код свих проучаваних врста, ксилем је моћно развијен, грађен од крупних трахеја и ситнијих трахеида. Највећа вредност за измерени карактер „дужина главног нерва“ добијена је код врсте *V. vitis-idaea* (193,8 – 215,9  $\mu\text{m}$ ), док су најмање вредности за исти карактер добијене за врсту *V. myrtillus* (136,1- 156,1  $\mu\text{m}$ ) (Табела 18). Из Табеле 18 се може уочити да су највеће вредности за измерени карактер „ширина главног нерва“ добијене за врсту *V. vitis-idaea* (170,6 – 214,5  $\mu\text{m}$ ), док су најмање вредности за овај карактер добијене за врсту *V. uliginosum* (109,3 – 147,6  $\mu\text{m}$ ). „Дебљина механичке саре главног нерва“ је приближна код врста *V. vitis-idaea* и *V. uliginosum*, а код врсте *V. myrtillus* та вредност је нешто нижа (Табела 19).



Слика 14: Главни нерв на попречном пресеку листа (увећање 40x).

У бочним деловима листова код све три врсте, такође се уочава неколико мањих бочних нерава. Као и у случају дужине бочног нерва,

највећа вредност за измерени карактер „дужина бочног нерва“ је добијена код врсте *V. vitis-idaea* (129,9 – 146,8  $\mu\text{m}$ ), док су најмање вредности за исти карактер добијене за врсту *V. myrtillus* (77,7 – 88,6  $\mu\text{m}$ ) (Табела 19).

Такође, највеће вредности за измерени карактер „дебљина листа“ су добијене за врсту *V. vitis-idaea*, док су најмање вредности за исти карактер добијене за врсту *V. myrtillus* (Табела 18).

Највећа вредност за измерени карактер „дужина листа“ су добијене за врсту *V. myrtillus* (13,6 – 17,3  $\mu\text{m}$ ), а најмања вредност за овај карактер је добијена за врсту *V. vitis-idaea* (11,3 – 13,4  $\mu\text{m}$ ) (Табела 19). Измерени карактер „ширина листа“, такође, је имала врста *V. myrtillus* (7,1 – 11,3  $\mu\text{m}$ ), док је најмања вредност констатована код врсте *V. uliginosum* (7,0 – 7,9  $\mu\text{m}$ ) (Табела 19). Највеће вредности за измерени карактер „површина листа“ има врста *V. myrtillus* (85,3 – 155,9  $\mu\text{m}$ ), а најмању вредност за овај карактер су констатоване код врсте *V. uliginosum* (83,0 – 99,9  $\mu\text{m}$ ) (Табела 19).

Табела 19: Срење вредности мерених морфо-анатомских карактера листова проучаваних врста рода *Vaccinium*.

Популација	КЛЛ ( $\mu\text{m}$ )	ЕЛЛ ( $\mu\text{m}$ )	ПТ ( $\mu\text{m}$ )	СТ ( $\mu\text{m}$ )	ЕНЛ ( $\mu\text{m}$ )	КНЛ ( $\mu\text{m}$ )	ДЛ ( $\mu\text{m}$ )	ДГН ( $\mu\text{m}$ )	ШГН ( $\mu\text{m}$ )	МСГН ( $\mu\text{m}$ )	ДБН ( $\mu\text{m}$ )	ШБН ( $\mu\text{m}$ )	ПЛ ( $\text{mm}^2$ )	ДуЛ ( $\text{mm}$ )	ШЛ ( $\text{mm}$ )	Д/Ш
Vm1	1,05 f	12,3 d	37,6 d	75,1 d	10,8 c	0,93 de	137,8 e	152,2 ef	178,0 b	30,1 de	88,6 d	57,0 cd	95,7 cde	14,6 d	8,4 b	1,8 d
Vm2	1,19 e	14,8 bc	34,4 de	71,4 de	11,9 c	0,96 d	134,6 ef	156,1 e	176,4 b	35,0 bc	87,2 de	49,8 de	85,3 f	16,2 b	7,1 ef	2,3 a
Vm3	1,11 ef	13,6 bcd	31,1 f	62,0 f	9,5 e	0,89 e	118,2 g	136,3 g	158,8 cd	30,4 de	77,7 f	49,5 e	155,9 a	17,3 a	11,3 a	1,5 efg
Vm4	1,19 e	13,0 cd	33,1 ef	66,1 ef	11,3 cd	0,93 de	125,7 fg	136,1 g	153,1 cd	29,8 e	80,9 ef	48,8 e	89,8 f	13,6 e	8,3 bc	1,7 de
Vm5	1,03 f	14,9 b	32,3 ef	62,1 ef	11,7 cd	0,87 e	123,0 g	153,9 ef	158,0 cd	32,5 cd	86,8 de	56,2 cde	149,9 a	15,3 c	11,2 a	1,4 h
Vvi1	5,48 a	13,4 cd	63,2 b	219,6 a	11,5 cd	2,90 b	316,1 c	193,8 b	170,6 bc	37,8 ab	134,1 abc	99,2 ab	92,8 de	13,4 e	7,6 de	1,8 d
Vvi2	5,80 a	16,5 a	64,7 b	230,7 a	13,2 b	3,10 ab	334,1 bc	207,0 a	214,5 a	39,1 a	140,9 ab	95,4 b	118,1 b	11,6 f	7,9 cd	1,5 fg
Vvi3	5,83 a	13,9 bc	72,3 b	253,1 a	11,9 cd	3,15 ab	360,3 a	214,1 a	202,4 a	35,8 abc	129,9 bc	92,2 b	113,8 b	11,3 f	8,3 bc	1,4 gh
Vvi4	5,94 a	13,6 bcd	90,7 a	216,8 b	11,3 cd	3,60 a	342,0 ab	215,9 a	205,6 a	34,8 bc	146,8 a	110,5 a	108,2 bc	13,1 e	7,8 cd	1,7 d
Vu1	1,96 c	14,8 bc	50,7 c	106,1 c	14,8 a	1,69 c	190,0 d	168,5 d	117,5 e	37,1 ab	132,6 bc	56,3 cde	85,0 f	15,1 cd	7,0 f	2,2 b
Vu2	1,79 d	17,6 a	49,0 c	106,5 c	16,4 a	1,61 c	193,0 d	164,5 d	109,3 e	37,9 ab	132,2 bc	49,5 e	99,9 cd	15,2 cd	7,9 cd	1,9 c
Vu3	2,16 b	14,8 bc	51,5 c	104,2 c	15,7 a	1,59 c	190,0 d	178,5 c	147,6 d	39,0 ab	127,0 c	62,0 c	83,0 f	12,1 f	7,7 cde	1,6 def

КЛЛ - Дебљина кутикуле лица листа; ЕЛЛ - Дебљина епидермиса лица листа; ПТ - Дебљина палисадног ткива; СТ - Дебљина сунђерастог ткива; ЕНЛ - Дебљина епидермиса налицја листа; КНЛ - Дебљина кутикуле налицја листа; ДЛ - Дебљина листа; ДГН - Дужина главног нерва; ШГН - Ширина главног нерва; МСГН - Дебљина механичке саре главног нерва; ДБН - Дужина бочног нерва; ШБН - Ширина бочног нерва; ПЛ - Површина листа; ДуЛ - Дужина листа; ШЛ - Ширина листа; Д/Ш - Шужина/ширина; Vm1 - Копрен (Стара планина); Vm2 - Сребрнац (Копеолик); Vm3 - Камена гора; Vm4 - Јавор (Стара планина); Vm5 - Дивчибаре; Vvi1 - Јавор (Стара планина); Vvi2 - Пајино пресло (Копеолик); Vvi3 - Копрен (Стара планина); Vvi4 - Бабин зуб (Стара планина); Vu1 - Јавор (Стара планина); Vu2 - Сребрнац (Копеолик); Vu3 - Бабин зуб (Стара планина). Ниво значајности установљен т-тестом:  $P < 0,05$ .

Када је реч о врсти *V. myrtillus* издвајају се популације Vm1 и Vm3 (Табеле 19 и 20). Популација Vm1 показују највеће просечне вредности за 5 карактера: „дебљина палисда“ (37,6  $\mu\text{m}$ ), „дебљина сунђерастог ткива“ (75,1  $\mu\text{m}$ ), „дебљина листа“ (137,8  $\mu\text{m}$ ), „ширина главног нерва“ (178,0  $\mu\text{m}$ ) и „дужина бочног нерва“ (88,6  $\mu\text{m}$ ). Популација Vm3 показује најмање вредности за пет карактера: „дебљина палисног ткива“ (31,1  $\mu\text{m}$ ), „дебљина сунђерастог ткива“ (62,0  $\mu\text{m}$ ), „дебљина епидермиса наличја листа“ (9,5  $\mu\text{m}$ ), „дебљина листа“ (118,2  $\mu\text{m}$ ), и „дужина бочног нерва“ (77,7  $\mu\text{m}$ ).

За карактер „дебљина епидермиса лица листа“ највеће вредности су добијене за популације Vm2 (14,76  $\mu\text{m}$ ) и Vm5 (14,93  $\mu\text{m}$ ).

Популација Vm1 издваја се за карактер „дебљина листа“. Наиме, ова популација има највећу вредности за поменути карактер (137,8  $\mu\text{m}$ ), док се популације Vm3 и Vm5 издвајају у исту хомогену групу са најнижим вредностима за исти карактер (Табела 19).

Из Табеле 19 и 20 се уочава да су највеће вредности за карактер „дужина главног нерва“ забележене у популацијама Vm1 (152,26  $\mu\text{m}$ ) и Vm2 (156,11  $\mu\text{m}$ ). Ове две популације такође се издвајају по највећим вредностима за карактер „ширина главног нерва“ (177,99  $\mu\text{m}$ , тј. 176,45  $\mu\text{m}$ ). „Дебљина механичке саре главног нерва“ има највеће вредности у популацији Vm2 (34,98  $\mu\text{m}$ ). Вредности за карактер „дужина бочног нерва“ показују бројна преклапања међу популацијама. За карактер „ширина бочног нерва“ нема статистички значајних разлика између популација.

Популације Vm2 и Vm3 се издвајају по највећим вредностима за карактер „дужина листа“ (16,22 mm, тј. 17,34 mm). Истовремено, популација Vm2 се издваја по најнижим вредностима за карактер „ширина листа“ (7,10 mm) (Табеле 19 и 20).

Популације Vm3 и Vm5 имају највеће површине листова (155,90  $\mu\text{m}$ , тј. 149,92  $\mu\text{m}$ ), док најмању вредност за овај карактер има популација Vm2 (85,28  $\mu\text{m}$ ).

Табела 20: Вредности мерених морфо-анатомских карактера листова врсте *V. myrtillus*.

Поп.	Пар.	КЛЛ (µm)	ЕЛЛ (µm)	ПТ (µm)	СТ (µm)	ЕНЛ (µm)	КНЛ (µm)	ДЛ (µm)	ДГН (µm)	ШГН (µm)	МСГН (µm)	ДБН (µm)	ШБН (µm)	ПЛ (mm <sup>2</sup> )	ДуЛ (mm)	ШЛ (mm)	Д/Ш
	просек	1,05	12,32	37,57	75,12	10,83	0,93	137,82	152,26	177,99	30,08	88,64	56,99	95,68	14,61	8,43	1,76
	max	1,39	19,92	49,96	126,53	16,11	1,23	189,31	184,63	233,82	46,47	122,41	94,43	153,60	16,40	11,60	2,56
Vm1	min	0,70	5,87	22,76	46,44	6,08	0,61	99,97	115,06	128,75	16,83	60,66	32,29	57,60	12,30	6,20	1,25
	st dev	0,15	2,75	7,24	15,96	2,95	0,12	19,85	15,82	23,15	6,46	14,19	16,66	23,14	1,05	1,17	0,27
	CV	14,60	22,30	19,30	21,20	27,30	13,30	14,40	10,40	13,00	21,50	16,00	29,20	24,20	7,20	13,80	15,00
	просек	1,19	14,76	34,36	71,38	11,93	0,96	134,57	156,11	176,45	34,98	87,22	49,83	85,28	16,22	7,10	2,33
	max	1,72	21,77	54,61	108,02	16,88	1,36	164,24	210,89	259,36	54,52	133,20	111,25	128,00	21,20	8,90	3,42
Vm2	min	0,84	8,96	22,96	42,70	7,93	0,70	97,31	129,36	129,47	21,30	56,85	26,34	51,20	12,60	5,00	1,42
	st dev	0,21	2,98	7,20	15,20	2,63	0,13	19,12	17,04	30,55	7,74	15,97	20,30	19,56	2,04	0,95	0,45
	CV	18,10	20,20	20,90	21,30	22,00	13,50	14,20	10,90	17,30	22,10	18,30	40,70	22,90	12,50	13,40	19,40
	просек	1,11	13,64	31,06	61,99	9,55	0,89	118,24	136,28	158,82	30,44	77,68	49,53	155,90	17,34	11,31	1,54
	max	1,59	22,44	44,97	92,33	15,69	1,29	155,11	182,42	246,92	47,46	112,41	83,25	243,20	22,60	15,40	1,93
Vm3	min	0,72	6,94	20,08	33,03	4,83	0,61	83,19	107,17	107,25	14,86	57,99	24,60	108,80	11,80	9,80	1,10
	st dev	0,21	3,27	5,68	15,04	2,38	0,16	15,94	16,09	30,03	7,94	12,88	15,31	31,37	2,37	1,24	0,23
	CV	19,30	24,00	18,30	24,30	24,90	17,90	13,50	11,80	18,90	26,10	16,60	30,90	20,10	13,70	11,00	14,90
	просек	1,19	13,03	33,15	66,08	11,33	0,93	125,70	136,06	153,13	29,76	80,90	48,81	89,76	13,61	8,29	1,68
	max	2,67	28,86	55,54	97,55	17,73	1,99	190,01	167,58	234,00	38,74	123,07	97,62	128,00	17,10	10,80	2,67
Vm4	min	0,66	5,06	19,24	28,36	5,42	0,51	82,07	112,40	90,63	20,89	58,89	22,90	44,80	9,40	5,90	1,08
	st dev	0,34	4,46	8,43	15,15	3,24	0,29	23,39	14,48	33,71	4,73	14,94	17,92	20,00	1,85	1,17	0,38
	CV	28,50	34,30	25,40	22,90	28,60	31,30	18,60	10,60	22,00	15,90	18,50	36,70	22,30	13,60	14,10	22,80
	просек	1,03	14,93	32,35	62,15	11,68	0,87	123,02	153,93	158,01	32,50	86,77	56,24	149,92	15,32	11,24	1,37
	max	1,35	24,07	42,10	100,00	18,91	1,18	163,30	192,23	229,27	48,46	123,21	92,40	192,00	17,50	13,60	1,53
Vm5	min	0,84	8,81	18,75	36,43	6,56	0,61	90,27	111,82	101,76	20,26	61,98	25,55	108,80	12,80	9,20	1,20
	st dev	0,13	3,91	4,99	14,54	2,99	0,15	18,16	19,37	25,39	6,73	16,05	15,97	22,73	1,34	1,10	0,08
	CV	13,00	26,10	15,40	23,40	25,60	17,10	14,80	12,60	16,10	20,70	18,50	28,40	15,20	8,80	9,70	6,10

КЛЛ - Дебљина кутикуле лица листа; ЕЛЛ - Дебљина епидермиса лица листа; ПТ - Дебљина палисадног ткива; СТ - Дебљина сунђерастог ткива; ЕНЛ - Дебљина епидермиса налицја листа; КНЛ - Дебљина кутикуле налицја листа; ДЛ - Дебљина листа; ДГН - Дужина главног нерва; ШГН - Ширина главног нерва; МСГН - Дебљина механичке саре главног нерва; ДБН - Дужина бочног нерва; ШБН - Ширина бочног нерва; ПЛ - Површина листа; ДуЛ - Дужина листа; ШЛ - Ширина листа; Д/Ш - Шужина/ширина; Vm1 - Копрен (Стара планина); Vm2 - Сребрнац (Копаноник); Vm3 - Камена гора; Vm4 - Јавор (Стара планина); Vm5 - Дивчибаре. Ниво значајности установљен т -тестом: P<0,05.

Међу популацијама врсте *V. uliginosum* се издвајају популације Vu3 и Vu2 (Табела 21). Популација Vu3 показује највеће вредности за четири карактера: „дебљина кутикуле лица листа“ (2,16  $\mu\text{m}$ ), „дужина главног нерва“ (178,5  $\mu\text{m}$ ), „ширина главног нерва“ (147,6  $\mu\text{m}$ ) и „ширина бочног нерва“ (62,0  $\mu\text{m}$ ), а популација Vu2 показује најмање вредности за четири карактера: „дебљина кутикуле лица листа“ (1,79  $\mu\text{m}$ ), „дужина главног нерва“ (164,5  $\mu\text{m}$ ), „ширина главног нерва“ (109,3  $\mu\text{m}$ ) и „ширина бочног нерва“ (49,5  $\mu\text{m}$ ). За карактере: „дебљина палисадног ткива“, „дебљина сунђерастог ткива“, „дебљина епидермиса наличја листа“, „дебљина кутикуле наличја листа“, „дебљина листа“ и „дебљина механичке саре главног нерва“ разлике међу средњим вредностима нису статистички значајне.

Код врсте *V. vitis-idaea* се издвајају популације Vvi2 и Vvi4 (Табеле 19 и 22). Популација Vvi2 показује највеће вредности за следеће карактере: „дебљина епидермиса лица листа“ (16,5  $\mu\text{m}$ ), „дебљина епидермиса наличја листа“ (13,2  $\mu\text{m}$ ), „ширина главног нерва“ (214,5  $\mu\text{m}$ ), „дебљина механичке саре главног нерва“ (39,1  $\mu\text{m}$ ) и „површина листа“ (118,1  $\mu\text{m}$ ). Популација Vvi4 показује највеће вредности за следеће карактере: „дебљина палисадног ткива“ (90,7  $\mu\text{m}$ ), „дебљина кутикуле наличја листа“ (3,60  $\mu\text{m}$ ), „дужина главног нерва“ (215,9  $\mu\text{m}$ ), „дужина бочног нерва“ (146,8  $\mu\text{m}$ ) и „ширина бочног нерва“ (110,5  $\mu\text{m}$ ). За карактер „дебљина кутикуле лица листа“, разлике између популација нису статистички значајне.

Из Табеле 22 се може уочити да се проучаване популације врсте *V. vitis-idaea* међусобно значајно разликују за већину посматраних карактера листова, осим за карактер „дебљина кутикуле лица листа“.

Табела 21: Вредности мерених морфо-анатомских карактера листова врсте *V. uliginosum*.

Поп.	Пар.	КЛЛ ( $\mu\text{m}$ )	ЕЛЛ ( $\mu\text{m}$ )	ПТ ( $\mu\text{m}$ )	СТ ( $\mu\text{m}$ )	ЕНЛ ( $\mu\text{m}$ )	КНЛ ( $\mu\text{m}$ )	ДЛ ( $\mu\text{m}$ )	ДГН ( $\mu\text{m}$ )	ШГН ( $\mu\text{m}$ )	МСГН ( $\mu\text{m}$ )	ДБН ( $\mu\text{m}$ )	ШБН ( $\mu\text{m}$ )	ПЛ ( $\text{mm}^2$ )	ДуЛ ( $\text{mm}$ )	ШЛ ( $\text{mm}$ )	Д/Ш
	prosek	1,96	14,76	50,71	106,07	14,77	1,69	189,96	168,51	117,54	37,06	132,64	56,26	85,01	15,13	7,03	2,22
	max	2,67	24,29	79,86	191,46	25,38	2,53	269,98	203,60	176,40	54,40	186,60	103,17	140,80	20,60	9,90	3,35
Vu1	min	1,37	7,09	32,66	70,13	7,77	0,99	137,25	135,10	62,64	21,62	87,94	24,07	51,20	10,50	5,00	1,18
	st dev	0,37	4,21	10,45	25,29	3,59	0,35	30,41	19,17	24,13	7,26	18,58	17,87	19,48	2,52	1,17	0,57
	CV	18,60	28,50	20,60	23,80	24,30	20,90	16,00	11,40	20,50	19,60	14,00	31,80	22,90	16,70	16,70	25,40
	prosek	1,79	17,65	48,96	106,55	16,45	1,61	193,00	164,52	109,28	37,88	132,22	49,51	99,94	15,27	7,89	1,95
	max	2,65	25,86	66,30	160,70	27,40	2,41	253,31	208,28	184,68	56,41	173,10	108,03	134,40	21,30	9,80	3,16
Vu2	min	1,33	11,27	35,39	61,80	7,03	1,05	147,04	131,40	48,56	24,36	93,39	26,06	64,00	11,20	5,90	1,38
	st dev	0,30	3,76	7,07	22,23	4,36	0,34	24,34	17,77	24,94	7,65	18,10	16,49	14,28	2,51	0,85	0,37
	CV	16,60	21,30	14,40	20,90	26,50	21,00	12,60	10,80	22,80	20,20	13,70	33,30	14,30	16,40	10,80	18,80
	prosek	2,16	14,76	51,55	104,24	15,66	1,59	189,97	178,51	147,62	39,03	127,00	61,97	83,04	12,06	7,74	1,64
	max	2,98	22,25	73,63	179,38	25,56	2,59	253,63	214,87	233,19	70,51	164,69	98,66	160,00	16,40	11,80	2,83
Vu3	min	0,91	5,40	15,60	45,80	6,76	0,68	85,95	143,30	94,94	16,88	84,73	31,74	44,80	8,90	5,10	0,78
	st dev	0,45	3,84	12,44	25,24	4,27	0,42	34,97	18,02	29,86	10,22	16,85	16,82	29,93	1,75	1,81	0,43
	CV	20,80	26,00	24,10	24,20	27,30	26,20	18,40	10,10	20,20	26,20	13,30	27,10	36,00	14,50	23,40	26,40

КЛЛ - Дебљина кутикуле лица листа; ЕЛЛ - Дебљина епидермиса лица листа; ПТ - Дебљина палисадног ткива; СТ - Дебљина сунђерастог ткива; ЕНЛ - Дебљина епидермиса наличја листа; КНЛ - Дебљина кутикуле наличја листа; ДЛ - Дебљина листа; ДГН - Дужина главног нерва; ШГН - Ширина главног нерва; МСГН - Дебљина механичке саре главног нерва; ДБН - Дужина бочног нерва; ШБН - Ширина бочног нерва; ПЛ - Површина листа; ДуЛ - Дужина листа; ШЛ - Ширина листа; Д/Ш - Шужина/ширина; Vu1 - Јавор (Стара планина); Vu2 - Сребрнац (Копеолик); Vu3 - Бабин зуб (Стара планина).  
Ниво значајности установљен т -тестом:  $P < 0,05$ .

Табела 22: Вредности мерених морфо-анатомских карактера листа врсте *V. vitis-idaea*.

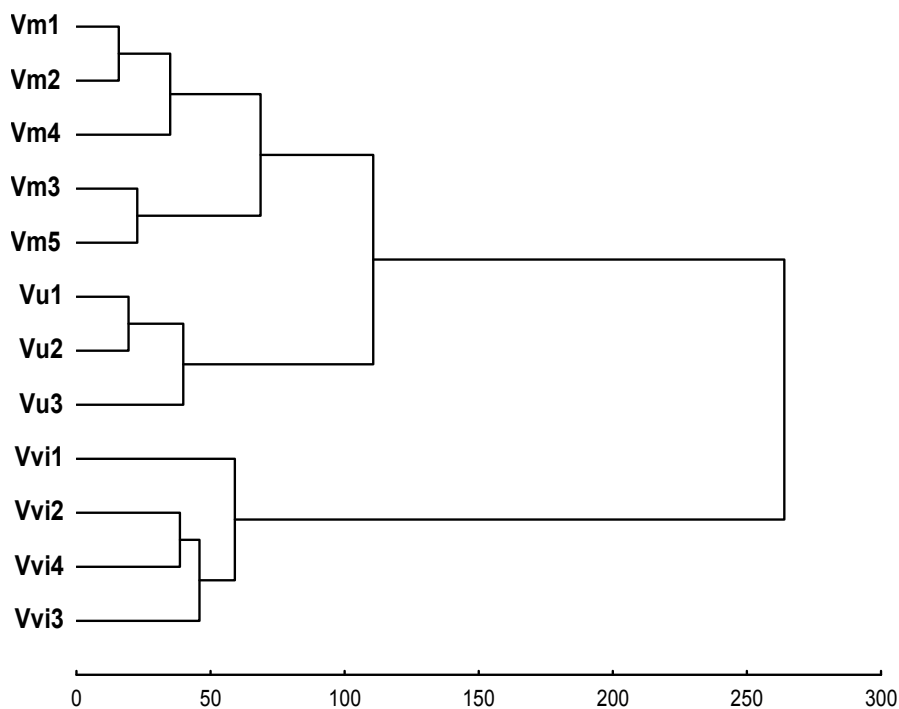
Поп.	Пар.	КЛЛ ( $\mu\text{m}$ )	ЕЛЛ ( $\mu\text{m}$ )	ПТ ( $\mu\text{m}$ )	СТ ( $\mu\text{m}$ )	ЕНЛ ( $\mu\text{m}$ )	КНЛ ( $\mu\text{m}$ )	ДЛ ( $\mu\text{m}$ )	ДГН ( $\mu\text{m}$ )	ШГН ( $\mu\text{m}$ )	МСГН ( $\mu\text{m}$ )	ДБН ( $\mu\text{m}$ )	ШБН ( $\mu\text{m}$ )	ПЛ ( $\text{mm}^2$ )	ДуЛ ( $\text{mm}$ )	ШЛ ( $\text{mm}$ )	Д/Ш
	prosek	5,56	13,66	65,83	220,75	11,22	2,91	319,94	193,97	174,30	37,27	129,66	98,31	92,80	13,44	7,57	1,78
	max	8,20	16,91	114,32	290,13	16,19	5,56	400,26	242,18	226,46	50,33	189,14	171,01	147,20	17,60	10,00	2,14
Vvi1	min	2,73	9,76	37,89	161,55	7,56	1,33	244,82	148,66	126,73	20,68	61,69	40,54	57,60	9,40	5,90	1,40
	st dev	1,27	1,52	22,04	32,02	2,24	0,88	43,07	21,14	28,10	7,55	32,05	30,22	21,82	1,79	0,98	0,16
	CV	22,90	11,10	33,50	14,50	19,90	30,30	13,50	10,90	16,10	20,20	24,70	30,70	23,50	13,30	13,00	9,10
	prosek	1,19	14,76	34,36	71,38	11,93	0,96	134,57	156,11	176,45	34,98	87,22	49,83	85,28	16,22	7,10	2,33
	max	1,72	21,77	54,61	108,02	16,88	1,36	164,24	210,89	259,36	54,52	133,20	111,25	128,00	21,20	8,90	3,42
Vvi2	min	0,84	8,96	22,96	42,70	7,93	0,70	97,31	129,36	129,47	21,30	56,85	26,34	51,20	12,60	5,00	1,42
	st dev	0,21	2,98	7,20	15,20	2,63	0,13	19,12	17,04	30,55	7,74	15,97	20,30	19,56	2,04	0,95	0,45
	CV	18,10	20,20	20,90	21,30	22,00	13,50	14,20	10,90	17,30	22,10	18,30	40,70	22,90	12,50	13,40	19,40
	prosek	5,83	13,93	72,33	253,15	11,92	3,15	360,31	214,10	202,39	35,77	129,93	92,18	113,76	11,37	8,28	1,42
	max	8,02	18,24	170,92	326,27	15,94	4,42	474,55	253,54	275,64	59,16	165,58	153,77	192,00	14,00	11,70	2,19
Vvi3	min	3,15	7,96	30,85	182,51	7,69	1,99	254,47	175,45	143,49	20,78	76,18	61,72	64,00	7,60	6,00	0,81
	st dev	0,99	2,22	31,51	35,37	1,57	0,67	48,01	18,55	34,21	8,04	18,48	21,03	35,04	1,44	1,54	0,34
	CV	17,00	15,90	43,60	14,00	13,20	21,20	13,30	8,70	16,90	22,50	14,20	22,80	30,80	12,60	18,60	23,70
	prosek	5,94	13,58	90,73	216,83	11,30	3,60	341,98	215,88	205,61	34,80	146,77	110,54	108,18	13,14	7,84	1,73
	max	8,39	19,57	156,66	273,29	18,18	8,65	447,38	251,33	301,37	52,92	179,43	155,62	172,80	16,20	10,40	2,79
Vvi4	min	3,75	7,63	58,98	152,87	7,97	1,48	277,23	117,99	132,32	17,07	84,19	66,52	57,60	11,00	5,80	1,06
	st dev	1,10	2,68	23,18	32,23	2,33	1,50	46,53	30,88	39,47	9,16	27,37	24,59	31,97	1,32	1,28	0,38
	CV	18,50	19,70	25,50	14,90	20,60	41,70	13,60	14,30	19,20	26,30	18,60	22,20	29,60	10,10	16,40	21,90

КЛЛ - Дебљина кутикуле лица листа; ЕЛЛ - Дебљина епидермиса лица листа; ПТ - Дебљина палисадног ткива; СТ - Дебљина сунђерастог ткива; ЕНЛ - Дебљина епидермиса налицја листа; КНЛ - Дебљина кутикуле налицја листа; ДЛ - Дебљина листа; ДГН - Дужина главног нерва; ШГН - Ширина главног нерва; МСГН - Дебљина механичке саре главног нерва; ДБН - Дужина бочног нерва; ШБН - Ширина бочног нерва; ПЛ - Површина листа; ДуЛ - Дужина листа; ШЛ - Ширина листа; Д/Ш - Шужина/ширина. ; Vvi1 - Јавор (Стара планина); Vvi2 - Пајино пресло (Копаноник); Vvi3 - Копрен (Стара планина); Vvi4 - Бабин зуб (Стара планина). Ниво значајности установљен т -тестом:  $P < 0,05$ .



### 5.1.6 Кластер анализа морфо-анатомских карактера листова проучаваних популација

Кластер анализа проучаваних морфо-анатомских карактеристика све три истраживане врсте представљена је на Слици 15. На UPGMA фенограму се уочава издвајање популација у оквиру три главна кластера. Сваки кластер представљен је посебном врстом. Наиме, први кластер укључује пет популација врсте *V. myrtillus*, други кластер садржи три популације врсте *V. uliginosum*, а трећи кластер четири популације врсте *V. vitis-idaea*.



Слика 15: UPGMA фенограм 12 истраживаних популација *Vaccinium sp.* заснован на 16 морфо-анатомских карактера листова.

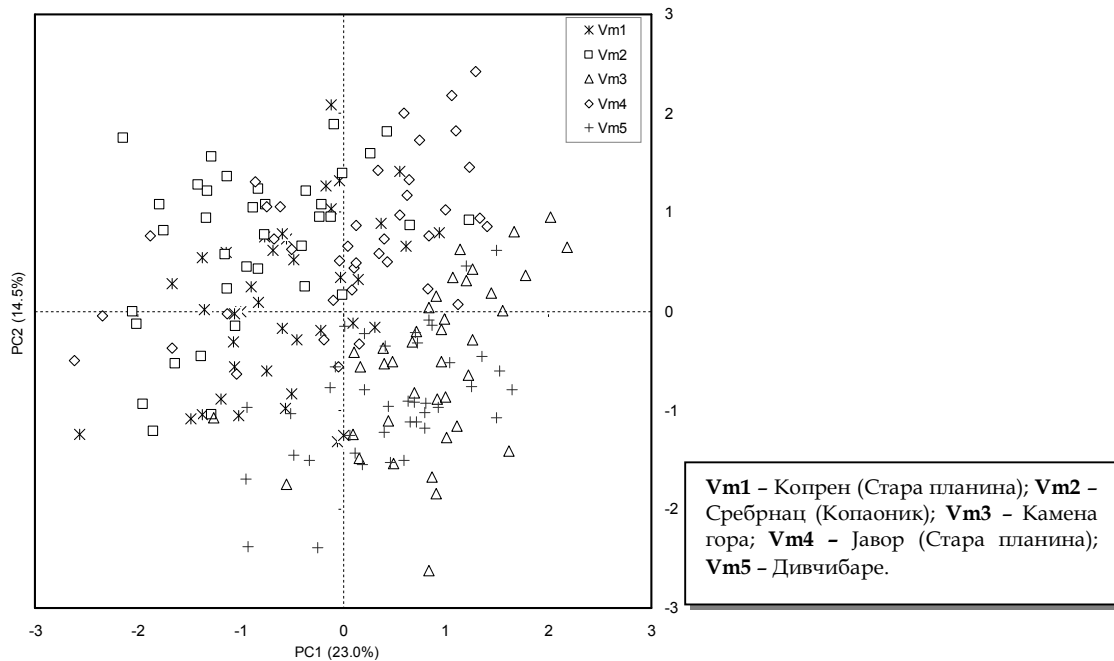
Легенда: **Vm1** - Копрен (Стара планина); **Vm2** - Сребрнац (Копоник); **Vm3** - Камена гора; **Vm4** - Јавор (Стара планина); **Vm5** - Дивчибаре; **Vvi1** - Јавор (Стара планина); **Vvi2** - Пајино пресло (Копоник); **Vvi3** - Копрен (Стара планина); **Vvi4** - Бабин зуб (Стара планина); **Vu1** - Јавор (Стара планина); **Vu2** - Сребрнац (Копоник); **Vu3** - Бабин зуб (Стара планина).

У оквиру *V. myrtillus* кластера најнижи ниво повезивања ( $d = 15,79$ ) остварен је између Vm1 популације пореклом са Старе планине и Vm2 популације пореклом са Копаоника које заједно са популацијом Vm4 (Стара планина) чине једну подгрупу. У другој подгрупи налазе се популације Vm3 и Vm 5 пореклом са Камене горе, односно Дивчибара. У оквиру *V. uliginosum* кластера све три популације су међусобно повезане на релативно малом растојању,  $d = 39,44$ . У трећем кластеру (популације врсте *V. vitis-idaea*) најмања дистанца установљена је између Vvi2 и Vvi4 популација. Следећи ниво повезивања ове две популације остварују са Vvi3 популацијом, а та група заједно са популацијом Vvi1 повезана је на нивоу  $d = 59,07$ .

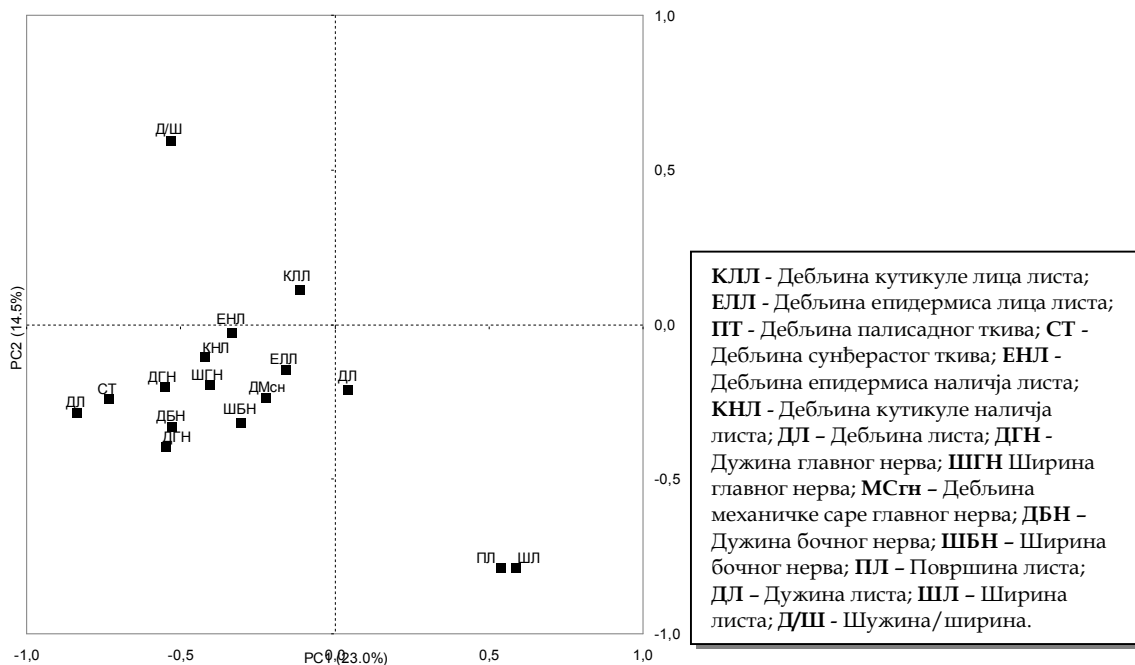
На нивоу рода први степен повезивања установљен је између кластера популација *V. myrtillus* и кластера популација *V. uliginosum* ( $d = 110,66$ ), који се затим, са високим степеном дитанце ( $d = 263,97$ ) везује за кластер популација *V. vitis-idaea*.

### **5.1.в Анализа основних компоненти (РСА) у оквиру популација истраживаних врста**

Резултати Анализе основних компонената (РСА), представљени на Сликама 10 -15 показују да су прве две компоненте довољне да објасне 37,48%, 34,77 и 35,25% од укупне варијабилности добијене за све три истраживане врсте. Графици дистрибуције (Слике 16, 18 и 20) приказују геометријску дистанцу између истраживаних врста рода *Vaccinium* на основу мерених карактера листова. На сва три дијаграма уочава се велика варијабилност, како између популација, тако и унутар популација. Популације нису раздвојене међусобно. Дисперзан распоред појединачних јединки пореклом из различитих популација на сва три графика указује да је варијабилност особина унутар популација на истом нивоу, или већа од варијабилности између популација (Слике 17, 19 и 21).



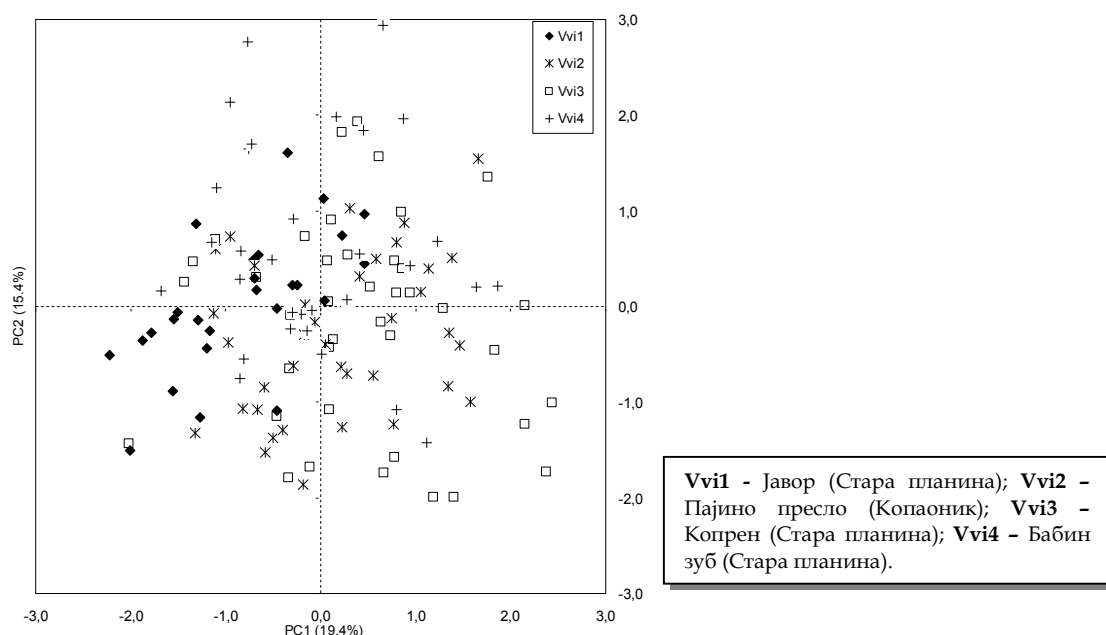
Слика 16: Дводимензионални графикон дистрибуције популација врсте *V. myrtillus*



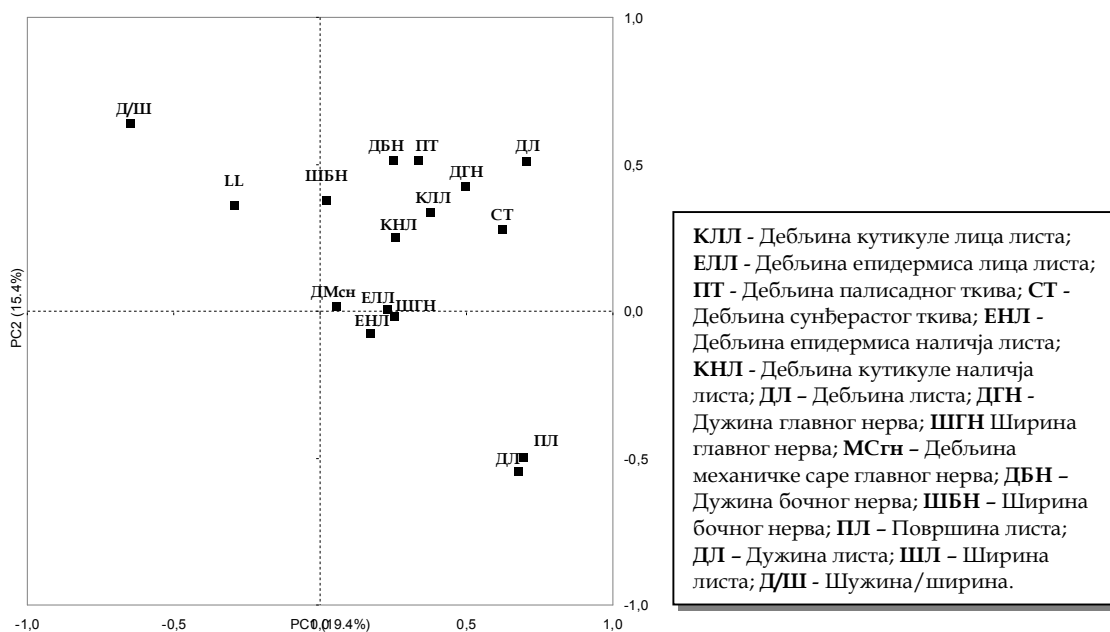
Слика 17: Дводимензионални графикон дистрибуције мерених карактера листова врсте *V. myrtillus*.

У популацијама врсте *V. myrtillus*, карактери са већом вредношћу на PC1 (преко 0,70 од апсолутне вредности) су „дебљина сунђерастог ткива“ и „дебљина листа“, а у оквиру PC2 „површина листа“ и „ширина листа“ (Слика 17). Позиција појединачних јединки на PC1 оси, крећући се од негативне ка позитивној вредности је таква да се оне одликују повећањем карактера „дебљина листа“. Полазећи од негативне ка позитивној вредности на PC2 оси, појединачне јединке се одликују смањењем вредности за карактер „површина листа“ (Слика 16).

У популацијама врсте *V. vitis-idaea* висок утицај на PC1 оси имају карактери „дебљина листа“, „површина листа“ и „ширина листа“, а на PC2 оси карактер „однос дужина/ширина листа“ (Слика 19). Од негативне ка позитивној вредности PC1 осе, појединачне јединке се одликују највећом вредношћу за карактере „дебљина листа“ и „површина листа“, а од негативне ка позитивној вредности PC2 осе, за појединачне јединке повећава се карактер „однос ширине и дужине листа“ (Слика 18).

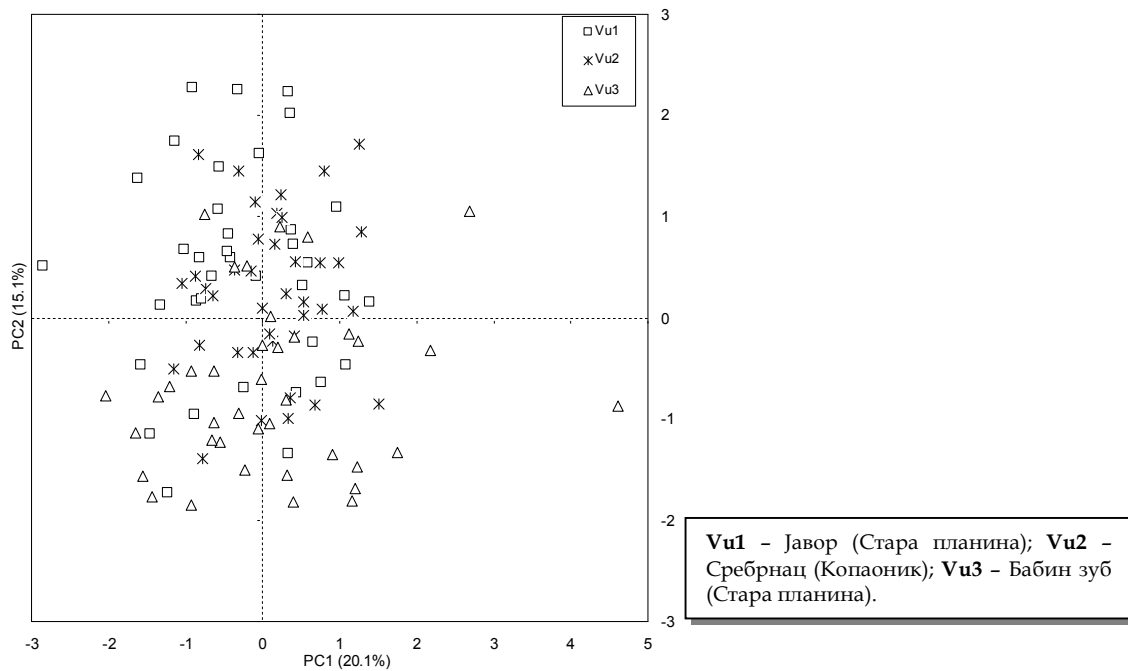


Слика 18: Дводимензионални графикон дистрибуције популација врсте *V. vitis-idaea*.

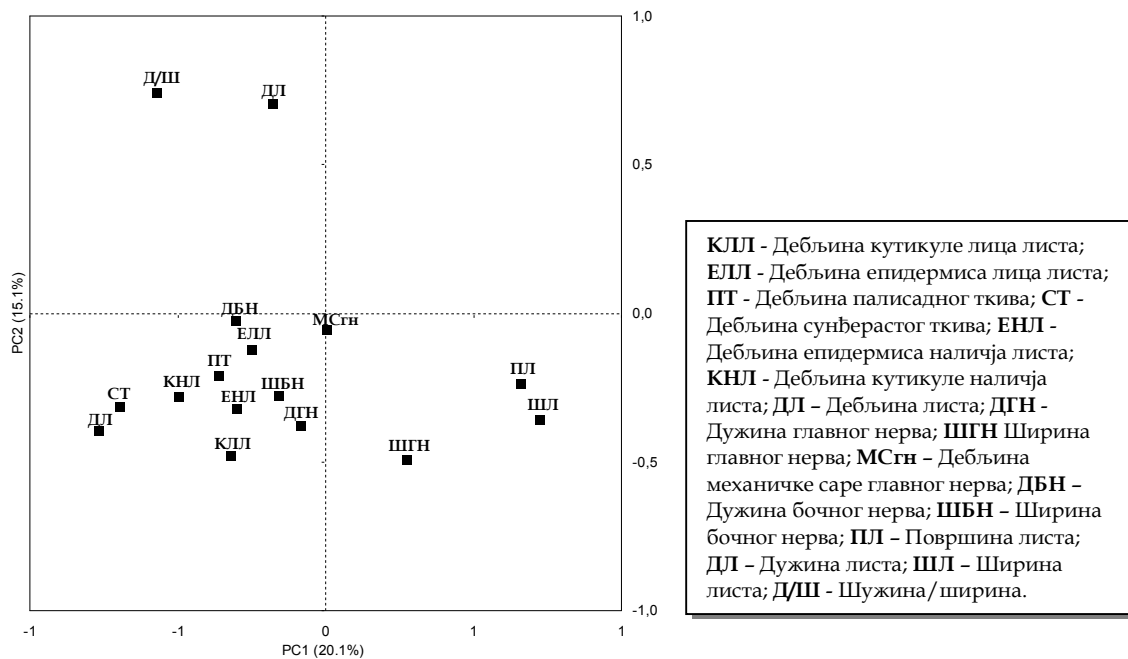


Слика 19: Дводимензионални графикон дистрибуције мерених карактера листова врсте *V. vitis-idaea*.

У популацијама врсте *Vaccinium uliginosum* на PC1 оци највећи утицај одговара карактерима „дебљина сунђерастог ткива“, „дебљина листа“ и „ширина листа“ и „површина листа“. Највећи утицај на PC2 оси имале су „дужина листа“ и „однос дужина/ширина“ листа. Појединачне јединке које су гранично лоциране на PC1 оси представљају екстреме у односу на карактере „дебљина листа“ и „ширина листа“. Интересантно је напоменути да се на овим позицијама налазе појединачне јединке пореклом из различитих популација. Крећући се од негативних ка позитивним вредностима PC1 осе, повећавају се вредности карактера „дужина листа“ и „однос дужин/ширина листа“ (Слике 20 и 21).



Слика 20: Дводимензионални графикон дистрибуције популација  
Врсте *V. uliginosum*.



Слика 21: Дводимензионални графикон дистрибуције мерених карактера  
листова врсте *V. uliginosum*.

Сумирањем резултата се уочава да карактери који се издвајају у односу на све мерене, за све три врсте јесу: „дужина листа“, „површина листа“ „ширина листа“ и „однос површина/дужина“.

## 5.2. Молекуларно – генетичка истраживања

### 5.2.a Анализа генетичке варијабилности RAPD молекуларним маркерима

ДНК је успешно изолована из младог лисног ткива 139 јединки из 14 популација и то: 56 јединки из пет популација врсте *Vaccinium myrtillus*, 51 јединке из пет популација врсте *V. uliginosum* и 32 јединке из четири популације врсте *V. vitis - idaea*.

Након оптимизације RAPD протокола скрининг трака је успешно извршен.

Употребом девет прајмера за врсту *V. myrtillus* амплификовано је укупно 182 фрагмената (Табела 23) чија се дужина креће у опсегу од 172 до 3350 базних парова (бп). Седам фрагмената је било присутно у свим индивидуама док је 175 полиморфно. Број трака по популацији, узимајући у обзир свих девет прајмера, кретао се од 6 до 24, у опсегу дужина од 172 до 3350 базних парова. Полиморфни информациони садржај (PIC) се кретао у опсегу од 0,224 (пр. 4) до 0,342 (пр. 6).

За врсту *V. uliginosum* је амплификовано укупно 174 фрагмената употребом истих девет прајмера (Табела 24) чија се дужина креће у опсегу од 246 до 2925 бп. Број трака по популацији за свих девет прајмера кретао се од 4 до 19. Девет фрагмената је било је присутно у свим индивидуама док је 165 полиморфно. Полиморфни информациони садржај (PIC) се кретао у опсегу од 0,282 (пр. 4) до 0,338 (пр. 2).

Употребом девет прајмера за врсту *V. vitis - idaea* амплификовано је укупно 194 фрагмената (Табела 25) чија се дужина креће у опсегу од 258 до 3350 бп. Три фрагмената била су присутна у свим индивидуама док је 191 полиморфно. Број трака по популацији, узимајући у обзир свих девет прајмера, кретао се од 4 до 24. Полиморфни информациони садржај (PIC) се кретао у опсегу од 0,285 (пр. 1) до 0,323 (пр. 6).



Табела 23: Полиморфност и статистички параметри информативности прајмера коришћених у RAPD – PCR реакцијама у процени генетичке варијабилности анализираних популација врсте *V. myrtillos*.

Код прајмера	БТ	ПТ	П (%)	БТ/Поп. (опсег)	РIS	АФ (бп)
ОРА-05	21	20	95,24	9 - 16	0,291	172 - 2453
ОРА-07	19	19	100	6 - 13	0,246	349 - 1780
ОРА-09	20	20	100	7 - 13	0,264	248 - 2565
ОРА-10	17	17	100	9 - 11	0,224	481 - 1851
ОРА-11	29	29	100	10 -24	0,277	388 - 3350
ОРА-13	22	21	95,45	12 - 15	0,342	587 - 2426
ОРА-15	13	12	92,31	6 - 9	0,280	249 - 2520
ОРО-7	25	23	92	14 - 18	0,302	371 - 2146
ОРО-15	16	14	87,50	6 - 10	0,227	415 - 2074
Укупно/ просечно	182	175	95,83	6 - 24	0,273	172 - 3350

БТ - укупан бр. трака; ПТ - број полиморфних тарака; П - полиморфизам; БТ/поп. - број трака по популацији; РIS - Полиморфни информациони садржај; АФ - величина амплификованих фрагмената.

Табела 24: Полиморфност и статистички параметри информативности прајмера коришћених у RAPD – PCR реакцијама у процени генетичке варијабилности анализираних популација врсте *V. uliginosum*.

Код прајмера	БТ	ПТ	П (%)	БТ/Поп. (опсег)	РIS	АФ (бп)
ОРА-05	26	25	96,15	10 - 17	0,283	246 - 2279
ОРА-07	16	15	93,75	11 - 14	0,338	377 - 2679
ОРА-09	20	19	95	9 - 15	0,314	418 - 2565
ОРА-10	16	14	87,50	6 - 12	0,282	362 - 2334
ОРА-11	20	19	95	6 - 17	0,261	645 - 3202
ОРА-13	22	21	95,45	6 - 16	0,320	580 - 2099
ОРА-15	13	12	92,31	4 - 10	0,298	485 - 2430
ОРО-7	25	25	100	7 - 19	0,303	303 - 2925
ОРО-15	16	15	93,75	8 - 13	0,303	328 - 2401
Укупно/ просечно	174	165	94,32	4 - 19	0,300	246 -3202

БТ - укупан бр. трака; ПТ - број полиморфних тарака; П - полиморфизам; БТ/поп. - број трака по популацији; РIS - Полиморфни информациони садржај; АФ - величина амплификованих фрагмената.

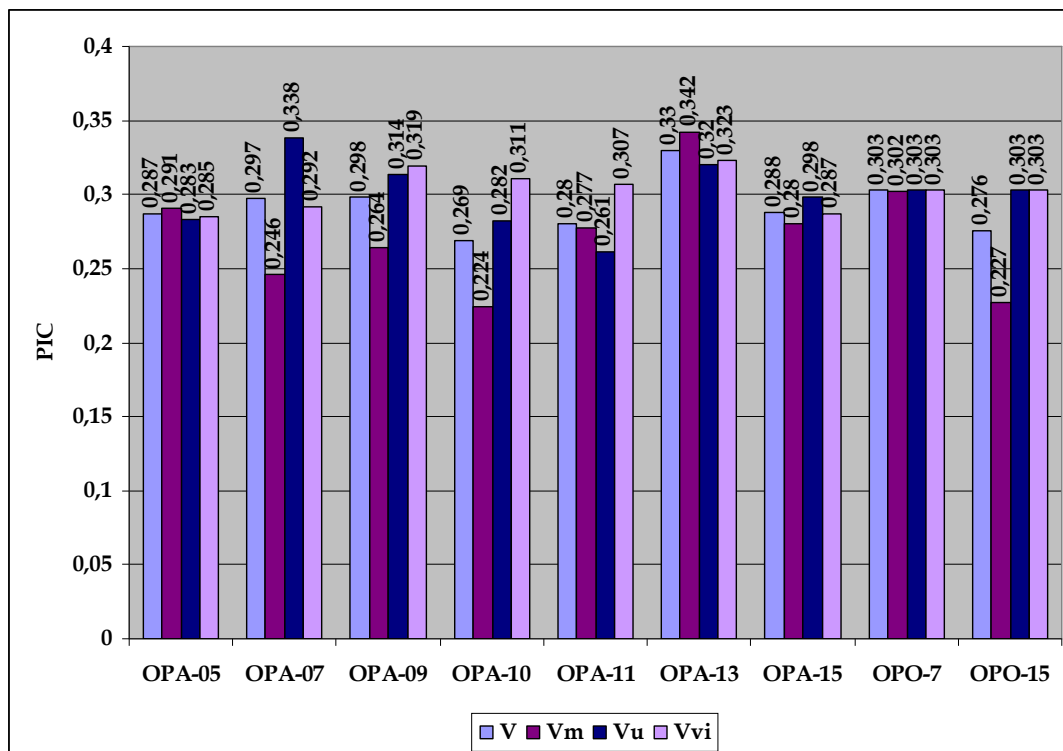
**Табела 25:** Полиморфност и статистички параметри информативности прајмера коришћених у RAPD – PCR реакцијама у процени генетичке варијабилности анализираних популација врсте *V. vitis - idaea*.

Код прајмера	БТ	ПТ	П (%)	БТ/Поп. (опсег)	РIS	АФ (бп)
ОРА-05	18	18	100	10 - 12	0,285	258 - 2279
ОРА-07	19	19	100	8 - 12	0,292	377 - 2679
ОРА-09	20	20	100	7 - 15	0,319	248 - 3122
ОРА-10	21	20	95,24	8 - 15	0,311	579 - 3155
ОРА-11	26	26	100	12 - 18	0,307	388 - 3350
ОРА-13	20	19	95	5 - 12	0,323	587 - 2426
ОРА-15	16	15	93,75	4 - 12	0,287	533 - 3027
ОРО-7	28	28	100	9 - 24	0,303	270 - 3008
ОРО-15	26	26	100	8 - 21	0,303	354 - 2924
Укупно/ просечно	194	191	98,22	4 - 24	0,303	248 - 3350

БТ - укупан бр. трака; ПТ - број полиморфних тарака; П - полиморфизам; БТ/поп. - број трака по популацији; РIS - Полиморфни информациони садржај; АФ - величина амплификованих фрагмената.

На нивоу све три врсте, РIS за појединачне прајмере се кретао у опсегу од 0,224 до 0,338. На Слици 22 су графички представљене вредности РIS - а сваког прајмера на нивоу рода и за сваку проучавану врсту.

За даље анализе су коришћени мултилокус RAPD профили. У неким популацијама је утврђено постојање индивидуа које се одликују идентичним мултилокус RAPD профилем. Такве индивидуе, код којих је применом девет испитиваних RAPD прајмера утврђен исти генотип, су сматране клоновима, и оне су изостављене из даљих анализа. Клонови су изостављени из свих даљих анализа осим за AMOVA анализу на нивоу ремета. Након тога, утврђен је укупан број мултилокус RAPD фенотипова, који износи 47 код врсте *V. myrtillus*, 44 код врсте *V. uliginosum*, и 18 код врсте *V. vitis-idaea*, што укупно чини 109 RAPD фенотипова у све три испитиване врсте (Табела 26).



Слика 22: Вредности Полиморфног информационог садржаја (PIC) прајмера на нивоу рода и врста (**V** – род *Vaccinium*; **Vm** – врста *V. myrtillus*; **Vu** – врста *V. uliginosum*; **Vvi** – врста *V. vitis-idaea*).

Табела 26: Број јединки и мултилокус RAPD фенотипова у проучаваним популацијама.

Врста	Популације	Бр. јединки	Бр. мултилокус RAPD фенотипова
<i>V. myrtillus</i>	Vm1	9	9
	Vm2	12	9
	Vm3	14	12
	Vm4	9	7
	Vm5	12	10
<i>V. uliginosum</i>	Vu1	14	10
	Vu2	14	14
	Vu3	10	10
	Vu4	7	6
	Vu5	6	4
<i>V. vitis-idaea</i>	Vvi1	13	2
	Vvi2	5	3
	Vvi3	7	6
	Vvi4	7	7

### 5.2.6 Параметри генетичког диверзитета и генетичка диференцијација између популација у оквиру врста

Шенонов информациони индекс (I) и Nei's (1973) gene diversity (h) за све популације истраживаних врста представљен је у Табелама 27 – 29.

**Табела 27:** Шенонов информациони индекс (I) и Nei's (1973) gene diversity (h) за популације врсте *V. myrtillus*.

Популација	Nei's (1973) gene diversity (h)		Шенонов информациони индекс (I)	
	h	Ст. девијација	I	Ст. девијација
<b>Vm1</b>	0,0865	0,1608	0,1321	0,2340
<b>Vm2</b>	0,0665	0,1477	0,1013	0,2140
<b>Vm3</b>	0,0983	0,1652	0,1520	0,2404
<b>Vm4</b>	0,0938	0,1687	0,1412	0,2449
<b>Vm5</b>	0,0712	0,1527	0,1071	0,2221
<b>На нивоу врсте</b>	0,1383	0,1682	0,2212	0,2428

На основу добијених резултата, уочава се да је генетички диверзитет проучаваних популација врсте *V. myrtillus* процењен на основу параметра h релативно низак, док је вредност овог параметра на нивоу врсте нешто виша (Табела 27). Међутим, Шенонов информациони индекс, који се широко примењује код доминантних маркера као што су RAPD маркери и на који не утиче доминантна природа ових маркера, показује виши и умерен ниво генетичког диверзитета и у оквиру сваке популације и на нивоу врсте. Укупни генетички диверзитет на нивоу врсте *V. myrtillus* ( $H_t$ ) је 0,1396 (ст. дев. 0,0287), а просечан генетички диверзитет на нивоу популација ( $H_s$ ) износи 0,0833 (ст. дев. 0,0106). Параметар генетичке диференцијације популација на нивоу врсте *V. myrtillus* -  $G_{st}$  износи 0,4033, што указује да је диференцијација између популација ове врсте висока. Сходно томе, ефективни проток гена између испитиваних популација процењен на основу вредности параметра  $N_m$  који износи 0,7398 је релативно низак, што значи да је размена генетичког материјала између испитиваних популација врло ограничена.

Табела 28: Шенонов информациони индекс (I) и Nei's (1973) gene diversity (h) за популације врсте *V. uliginosum*.

Популација	Nei's (1973) gene diversity (h)		Шенонов информациони индекс (I)	
	h	Ст. девијација	I	Ст. девијација
Vu1	0,0582	0,1384	0,0885	0,2027
Vu2	0,0603	0,1355	0,0936	0,2008
Vu3	0,1059	0,1750	0,1605	0,2527
Vu4	0,0620	0,1392	0,0914	0,2051
Vu5	0,0717	0,1513	0,1081	0,2216
На нивоу врсте	0,1577	0,1862	0,2439	0,2655

Као и у случају испитиваних популација и врсте *V. myrtillus*, генетички диверзитет испитиваних популација и врста *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea* процењен на основу параметра h је нижи у односу на генетички диверзитет процењен применом Шеноновог информационог индекса (Табеле 28 и 29), који указује на умерен ниво генетичког диверзитет популација ових врста као и врста у целини.

Табела 29: Шенонов информациони индекс (I) и Nei's (1973) gene diversity (h) за популације врсте *V. vitis-idaea*.

Популација	Nei's (1973) gene diversity (h)		Шенонов информациони индекс (I)	
	h	Ст. девијација	I	Ст. девијација
Vvi1	0,0615	0,1475	0,0897	0,2154
Vvi2	0,0582	0,1425	0,0862	0,2077
Vvi3	0,0828	0,1593	0,1254	0,2326
Vvi4	0,1006	0,1566	0,1587	0,2326
На нивоу врсте	0,1864	0,1804	0,2915	0,2552

Укупни генетички диверзитет врсте *V. uliginosum* (Ht) је 0,1674 (ст. дев. 0,0368), а врсте *V. vitis - idaea* (Ht) је 0,1933 (ст. дев. 0,0338). Просечни генетички диверзитет на нивоу популација врсте *V. uliginosum* (Hs) износи

0,0713, (ст. дев. 0,0084), а на нивоу популација врсте *V. vitis - idaea* (Hs) износи 0,758 (ст. дев. 0,0078).

Између популација врста *V. uliginosum*, као и популација врста *V. vitis-idaea* постоји висока генетичка диференцијација, док је проток гена низак, што се уочава на основу добијених вредности за параметре  $G_{st}$  и  $N_m$ . За врсту *V. uliginosum*,  $G_{st}$  на нивоу врсте износи 0,5742, а  $N_m$  је 0,3708, док је за врсту *V. vitis-idaea*,  $G_{st}$  на нивоу врсте 0,6028, а  $N_m$  0,3221 (Табеле 28 и 29).

## 5.2.в Корелација између генетичких и географских дистанци између парова популација у оквиру врста

Према Мантеловом тесту, чија статистичка значајност је утврђена применом 5,000 пермутација, коефицијент коорелације ( $r$ ) између матрице генетичких дистанци према Жакарду и линеарних географских дистанци између парова популација за врсту *V. myrtillus* износи 0,130 и маргинално је статистички значајан ( $P = 0,070$ ). За врсту *V. uliginosum* коефицијент корелације је низак (0,077) и није статистички значајан ( $P = 0,212$ ). Највиши и статистички значајан коефицијент коорелације добијен је за врсту *V. vitis - idaea* и износи 0,6703 ( $P = 0,040$ ). Он указује на то да су географски блиске популације ове врсте и генетички сличније, док су географски удаљене популације генетички различитије, односно, да између популација ове врсте постоји isolation-by-distance (IBD) патерн.

## 5.2.г Анализа молекуларне варијансе

Анализа молекуларне варијансе (AMOVA) на нивоу ремета, односно коришћењем свих индивидуа код врсте *V. myrtillus* је показала да се 53,39 % од укупне молекуларне варијабилности може приписати унутарпопулационој варијабилности док се 46,61 % од укупне молекуларне варијабилности може приписати варијабилности између популација. Међутим, на нивоу генета се добија другачија расподела

удела молекуларне варијабилности, јер је AMOVA показала да се сада 56,81 % од укупне молекуларне варијабилности може приписати унутарпопулационој варијабилности док се 43,19 % од укупне молекуларне варијабилности може приписати варијабилности између истраживаних популација врсте *V. myrtillus* (Табела 30).

**Табела 30:** Анализа молекуларне варијансе (AMOVA) популација врсте *V. myrtillus* на нивоу ремета и генета.

	Извор варијансе	Степен слободе	Сума квадрата	Компоненте варијансе	Процент варијабилности
<b>Ремете</b>	Између популација	4	569,210	11,60 Va	46,61
	У оквиру популација	51	678,004	13,29 Vb	53,39
	Укупно	55	1247,214	24,90	
	Индекс фиксација Fst: 0.46609				
<b>Генете</b>	Између популација	4	457,86	10,75 Va	43,19
	У оквиру популација	42	594,14	14,15 Vb	56,81
	Укупно	46	1052,00	24,90	
	Индекс фиксација Fst: 0,4319				

Поређењем удела молекуларне варијације на унутарпопулационом нивоу у укупној молекуларној варијанси добијеним AMOVA анализом на нивоу ремета и генета добијена је разлика у процентима варијабилности од 3,42 %. Тако мала вредност указује на низак допринос клонског раста генетичком диверзитету и генетичком структурирању популација врсте *V. myrtillus*.

Када је реч о популацијама врсте *V. uliginosum*, AMOVA анализа на нивоу ремета показује да у укупној молекуларној варијабилности, унутарпопулациона варијабилност износи 39,63 %, а међупопулациона варијабилност износи 60,37 %. На нивоу генета, удео унутарпопулационе

варијабилности у укупној молекуларној варијабилности износи 42,38 %, а међупопулационе варијабилности 57,62 % (Табле 31).

**Табела 31:** Анализа молекуларне варијансе (AMOVA) популација врсте *V. uliginosum* на нивоу ремета и генета.

	Извор варијансе	Степен слободе	Сума квадрата	Компоненте варијансе	Процент варијабилности
Ремете	Између популација	4	720,796	17,03 Va	60,37
	У оквиру популација	46	514,381	11,18 Vb	39,63
	Укупно	50	1235,176	28,22	
	Индекс фиксација Fst: 0,60371				
Генете	Између популација	4	594,40	16,17 Va	57,62
	У оквиру популација	39	463,78	11,89 Vb	42,38
	Укупно	43	1058,18	28,062	
	Индекс фиксација Fst: 0,5762				

Као и у случају популација врсте врсте *V. myrtillus*, допринос клонског раста генетичком диверзитету и генетичком структурирању популација врсте *V. uliginosum* је низак, што је закључено на основу мале разлике у процентима варијабилности (2,75 %) удела унутарпопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности на нивоу ремета и генета.

У поређењу са друге две истраживане врсте, анализа молекуларне варијансе (AMOVA) на нивоу ремета код врсте *V. vitis-idaea* показује да је удео унутарпопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности најнижи и износи 27,49%, док је удео међупопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности јако висок и износи 72,51 %. На нивоу генета, удео унутарпопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности најнижи и износи



42,38 %, док је удео међупопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности 51,20 % (Табле 32).

**Табела 32:** Анализа молекуларне варијансе (AMOVA) популација врсте *V. vitis-idaea* на нивоу ремета и генета.

	Извор варијансе	Степен слободе	Сума квадрата	Компоненте варијансе	Процент варијабилности
Ремете	Између популација	3	664,937	27,69 Va	72,51
	У оквиру популација	28	293,969	10,50 Vb	27,49
	Укупно	31	958,906	38,19	
	Индекс фиксација Fst: 0,72509				
Генете	Између популација	3	293,48	19,04 Va	51,20
	У оквиру популација	14	254,02	18,14 Vb	48,80
	Укупно	17	547,50	37,18	
	Индекс фиксација Fst: 0,5120				

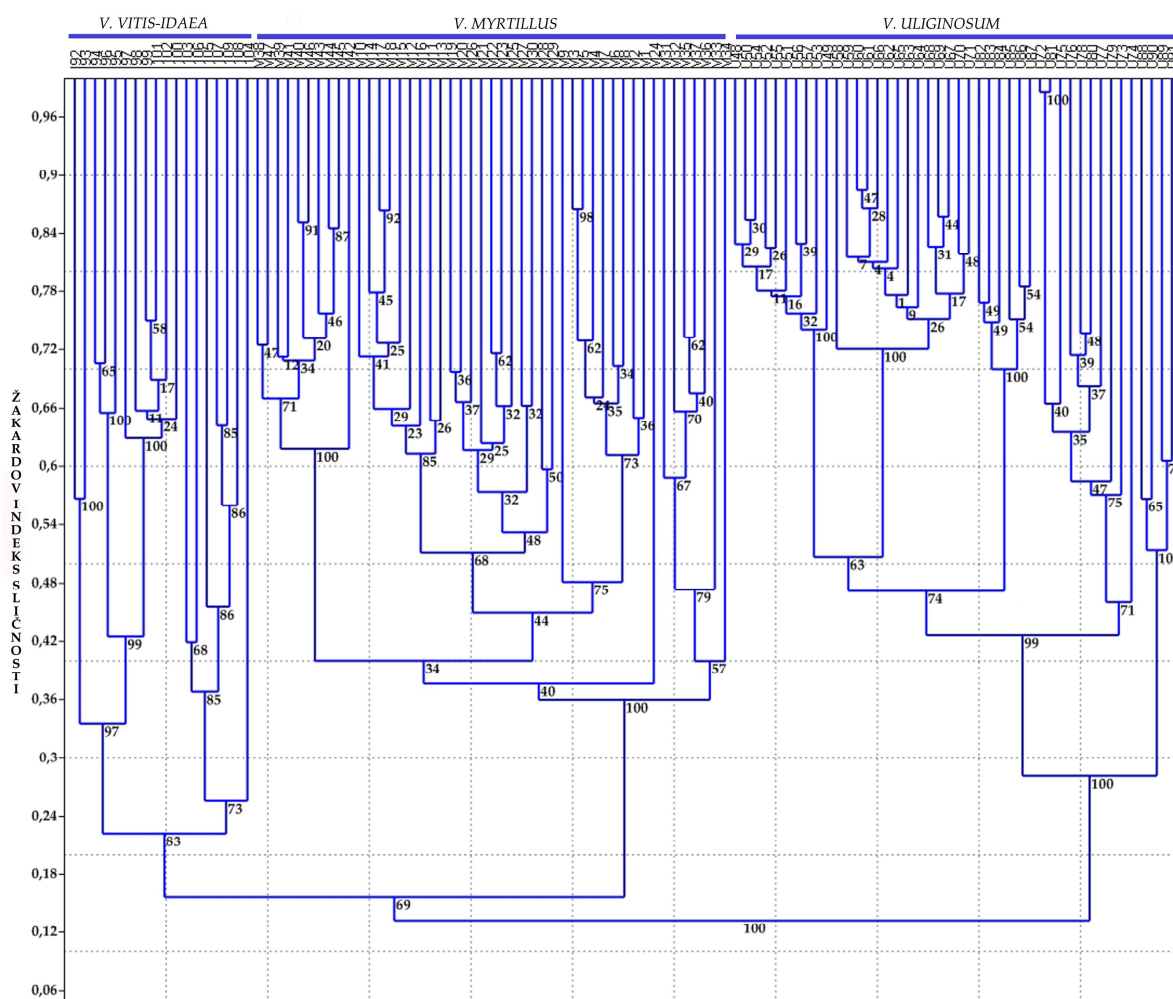
За разлику од популација врста *V. myrtillus* и *V. uliginosum*, релативно висока разлика у процентима варијабилности (21,31 %) удела унутарпопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности на нивоу ремета и генета показује да је допринос клонског раста генетичком диверзитету и генетичком структурирању популација врсте *V. vitis-idaea* значајан.

Анализа молекуларне варијансе на нивоу генета показује да је удео унутарпопулационе и међупопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности висок и приближно подједнак код популација све три испитиване врсте.

### 5.2.д UPGMA кластер анализа RAPD података

Кластер анализа RAPD података за све три истраживане врсте представљена је дендрограмом добијеним UPGMA методом, за чију конструкцију је коришћена Жакардова матрица сличности између парова популација у оквиру врста, која је за сваку врсту приказана у Прилогу (3-5).

На Слици 23 приказан је UPGMA дендрограм јединки и популација све три истраживане врсте рода *Vaccinium*.

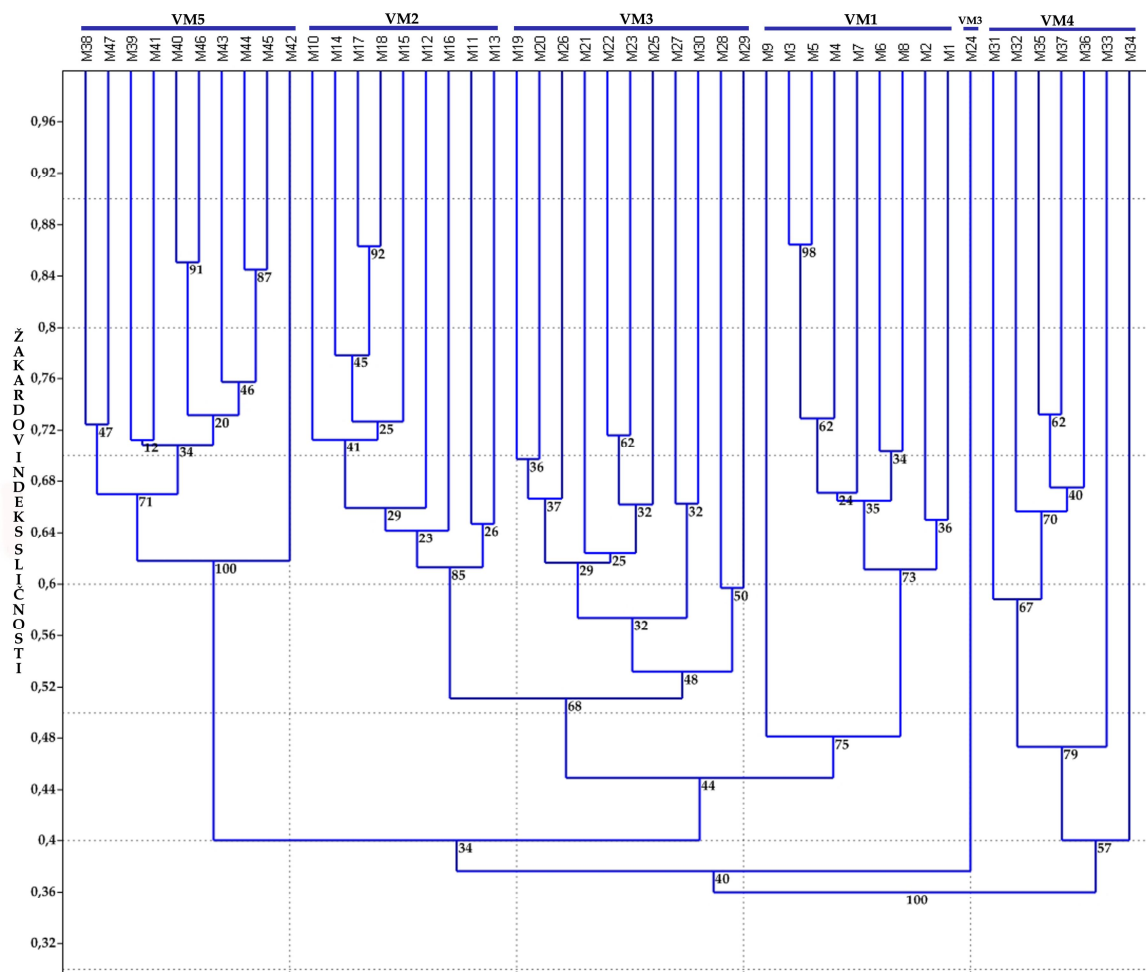


**Слика 23:** UPGMA дендрограм заснован на генетичкој сличности између јединки и популација истраживаних врсте рода *Vaccinium* добијен употребом RAPD маркера.

На дендрограму се уочава да се популације врсте *V.uliginosum* раздвајају од популација врста *V.myrtillus* и *V.vitis-idaea* при коефицијенту генетичке сличности од 0,13 уз максималну статистичку подршку од 100 %. Популације врста *V.myrtillus* и *V.vitis-idaea* се међусобно раздвајају при коефицијенту генетичке сличности од 0,16 уз релативно високу статистичку подршку од 69 %. Овакво груписање популација испитиваних врста показује да су све три врсте јасно диференцирани генетички ентитети, као и да врсте *V. myrtillus* и *V.vitis-idaea* показују већи генетички афинитет једна према другој него према врсти *V.uliginosum*. Са UPGMA дендрограма се такође уочава да су индивидуе које сачињавају популације врсте *V.vitis-idaea* генетички најмање сличне пошто се иницијална диференцијација популација ове врсте јавља при коефицијенту сличности од свега 0,20. Нешто виша генетичка сличност се уочава код популација врсте *V.uliginosum* код којих се иницијална диференцијација јавља при коефицијенту сличности од 0,29. Генетички најсличније су индивидуе које сачињавају популације врсте *V.myrtillus* које се иницијално диференцирају при коефицијенту генетичке сличности од 0,35.

На UPGMA дендрограму који приказује генетичке односе популација и јединки врсте *V.myrtillus* (Слика 24) уочава се шест кластера, што представља већи број кластера у односу на број испитиваних популација. Пет кластера одговара појединачним популацијама ове врсте док шести кластер чини само једна индивидуа, M24, из популације Vm3. Први кластер чини популација Vm4 (M 31- M 37) која се јасно одваја од осталих популација, при најнижем коефицијенту генетичке сличности од 0,35 са максималном статистичком подршком од 100 %. Затим се при коефицијенту генетичке сличности од 0,38 одваја индивидуа M24 из популацији Vm3, али са ниском статистичком подршком од 40 %. При коефицијенту генетичке сличности од 0,40 одваја се кластер који чини популација Vm5 (M38 – M47) од кластера који чине преостале три популације: Vm1 (M1 - M9), Vm2 (M10 – M18) и Vm3 (M19 – M30), али са

слабом статистичком подршком од свега 34 %. Кластер који чини популација Vm1 се раздваја од кластера који чине популације Vm2 и Vm3 при коефицијенту генетичке сличности од 0,45, такође са ниском статистичком подршком од 44 %. Кластери које чине популације Vm2 и Vm3 се раздавају при коефицијенту од 0,51 са статистичком подршком од 68 %.



**Слика 24:** UPGMA дендрограму заснован на генетичкој сличности популација и јединки врсте *V. myrtillus* добијен употребом RAPD маркера.

На основу вредности коефицијената генетичке сличности при којима долази до диференцијалне дивергенције популација код врсте *V. myrtillus* може се рећи да су популације Vm2 и Vm3 генетички

најсродније, и да је њима генетички најсроднија популација Vm1. Популација Vm5 је генетички сроднија популацијама Vm1, Vm2 и Vm3 него популацији Vm4, која се може сматрати генетички најдивергентнијом популацијом ове врсте. Такође, у оквиру ове врсте се осим генетички дистинктне индивидуе M24 из популације Vm3 уочава присуство одређених индивидуа у оквиру одређених популација, као што су M9 из популације Vm1, M33 и M34 из популације Vm4 и M42 из популације Vm5, чије позиционирање у UPGMA дендрограму у оквиру датих популација показује да су оне генетички дистинктне у односу на остале индивидуе које сачињавају те популацију врсте *V.myrtillus*.

Кластер који чини популација Vm4 садржи 7 RAPD фенотипова. Као што је већ споменуто, RAPD фенотипови M34 и M33 се јасно разликују од осталих пет RAPD фенотипова који сачињавају ову популацију. Први се одваја при коефицијенту генетичке сличности од 0,40 али уз релативно ниску статистичку подршку од 57 %, а други при коефицијенту генетичке сличности од 0,47 који је статистички значајно подржан са 79 %.

У кластеру који чини популација Vm1 уочава се 9 RAPD фенотипова. Најпре се при коефицијенту генетичке сличности од 0,48 и са значајном статистичком подршком од 75 % одваја RAPD фенотип M9 од осталих RAPD фенотипова, док се остали RAPD фенотип сукцесивно одвајају при већим коефицијентима генетичке сличности. Статистички је подржано само одвајање RAPD фенотипова M1 и M2 од осталих (73 %) као и RAPD фенотипова M3 и M5 од осталих фенотипова (98 %).

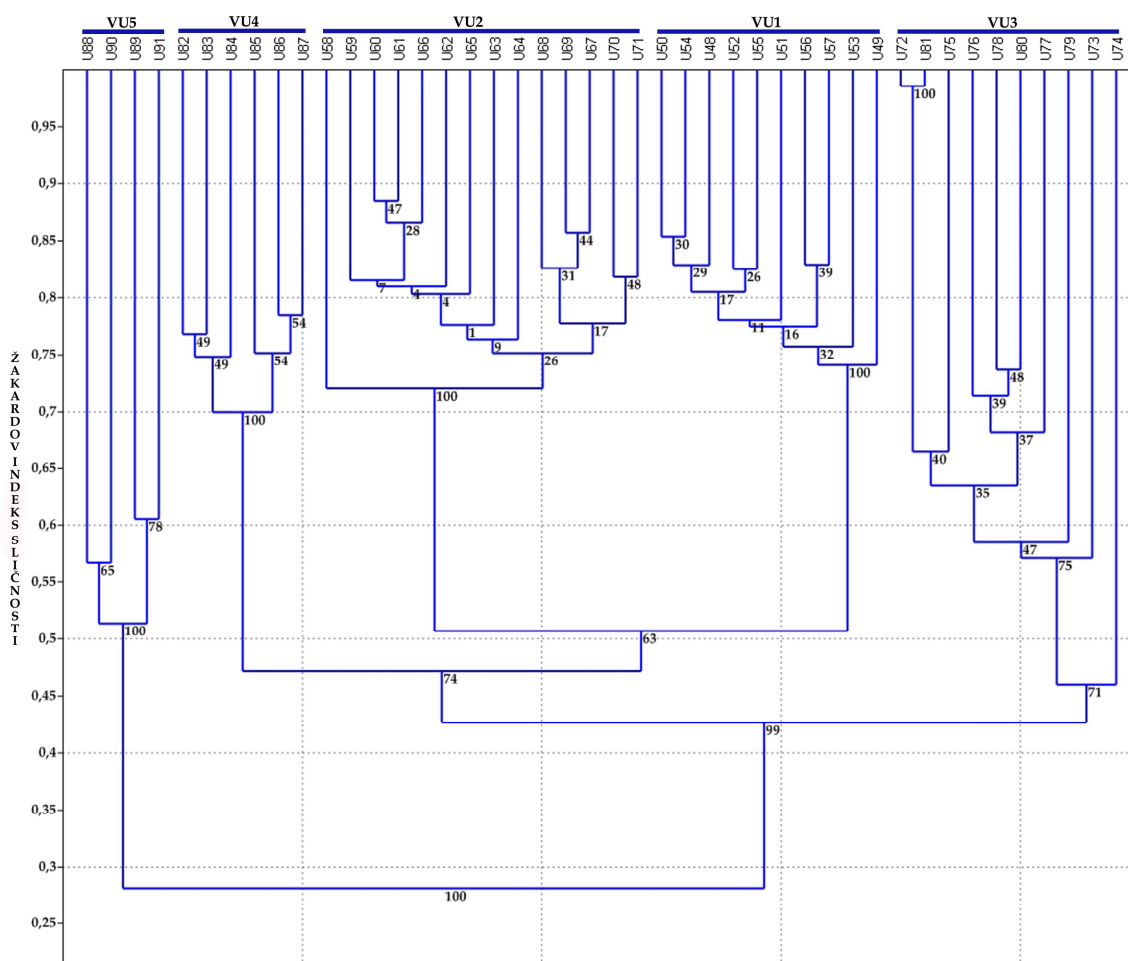
Кластер који чини популација Vm3 садржи 12 RAPD фенотипова који се раздвајају на подкластере, при коефицијентима од 0,53 до 0,72, без значајне статистичке подршке. Као што је већ напоменуто, једна индивидуа која узоркована из ове популације, M24, није груписана са осталим индивидуама ове популације, већ се одваја као засебан кластер и представља сестринску линију свим индивидуама које сачињавају популације Vm1, Vm2, Vm3 и Vm4 врсте *V.myrtillus*.

Девет RAPD фенотипова улази у састав кластера који чине индивидуе популације Vm2. Уочавају се два подкластера који се раздвајају при коефицијенту генетичке сличности од 0,61 са значајном статистичком подршком од 85 %. У оквиру овог кластера, два RAPD фенотипа, M17 и M18, се одликују високим нивоом генетичке сличности од 0,86 % који је високо статистички подржан (92 %).

Кластер који чини популација Vm5 садржи 10 RAPD фенотипова. Као што је већ напоменуто, RAPD фенотип M42 се јасно раздваја од других при коефицијенту сличности од 0,63 са максималном статистичком подршком од 100%. RAPD фенотипови M44 и M45 се раздвајају при високом коефицијенту генетичке сличности од 0,85 са статистичком подршком од 87 %, док се RAPD фенотипови M40 и M46 раздвајају такође при високом коефицијенту генетичке сличности од 0,86 и са статистички значајном подршком од 91 %.

На Слици 25 представљен је UPGMA дендрограм који приказује односе популација и јединки врсте *V.uliginosum*. На дендрограму се уочава пет кластера, а сваки кластер одговара посебној популацији ове врсте. Кластер који чине индивидуе популације Vu5 (U88 – U91) се од осталих кластера раздваја при најнижем коефицијенту генетичке сличности од 0,28 са максималном статистичком подршком од 100 %. Сви остали кластери се међусобно раздвајају при знатно вишим коефицијентима генетичке сличности, што показује да је популација Vu5 генетички најмање сродна са осталим популацијама ове врсте. Кластер који чини популација Vu3 (U72 – U81) се раздваја од кластера који чине остале популације Vu4 (U82 – U87), Vu2 (U58 – U71) и Vu1 (U48 – U57) при коефицијенту генетичке сличности од 0,43 са значајном статистичком подршком од 99 %. Кластер који чини популација Vu4 се раздваја од популација Vu2 и Vu1 при коефицијенту од 0,47 уз статистичку подршку од 74 %. Кластер који чине индивидуе популације Vu5 садржи два поткластера са по 2 RAPD фенотипа. Ови подкластери се раздвајају при

коэффициенту генетичке сличности од 0,52 уз статистичку подршку од 100 %.



Слика 25: UPGMA дендрограм заснован на генетичкој сличности популација и јединки врсте *V. uliginosum* добијен употребом RAPD маркера.

У оквиру кластера који чине индивидуе популације Vu3 уочава се дистинктни RAPD фенотип U74 који се први одваја од осталих девет фенотипова који чине ову популацију при релативно ниском коэффициенту генетичке сличности од 0,43 уз статистичку подршку од 71 %. Стога се ова индивидуа се може сматрати генетички дистинктном у односу на остале индивидуе ове популације. RAPD фенотип U73 се од осталих осам RAPD фенотипова раздваја при коэффициенту од 0,56 уз

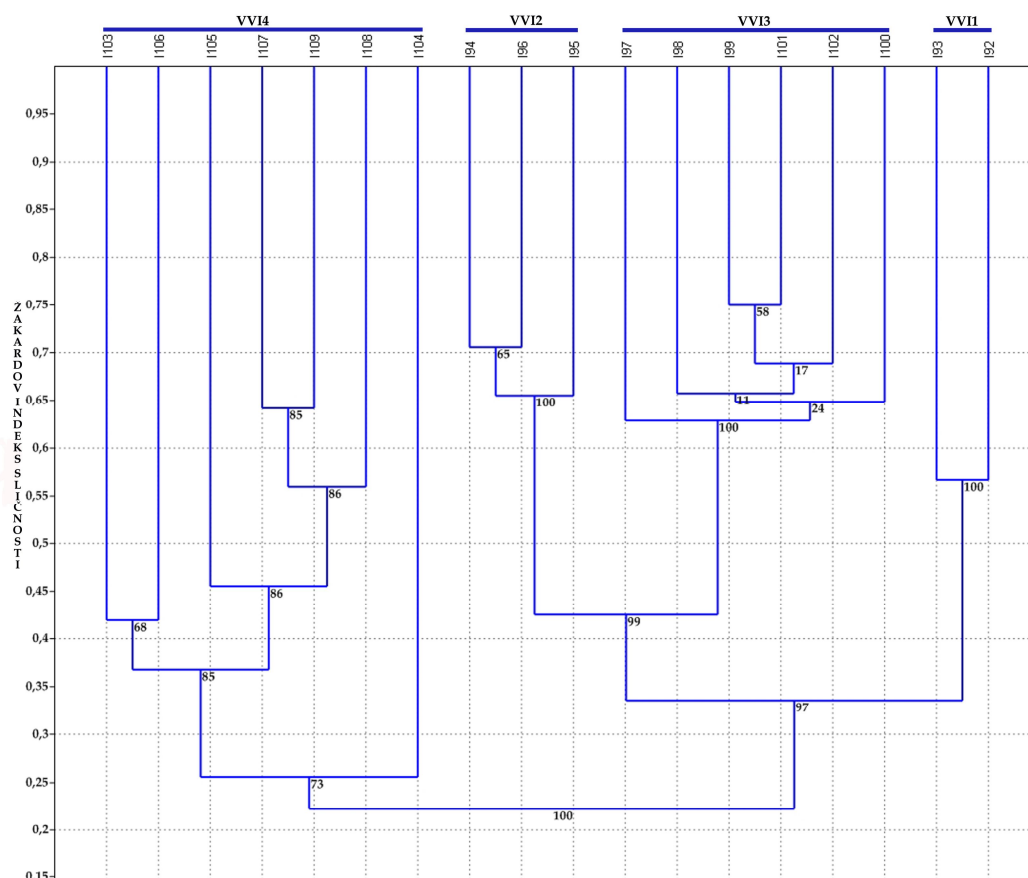
статистичку подршку од 75 %. У оквиру Vu3 кластера, уочавају се RAPD фенотипови U72 и U81 који се раздвајају при веома високом коефицијенту генетичке сличности од 0,99 уз статистичку подршку од 100 %.

Кластер који чине индивидуе популације Vu1 садржи 10 RAPD фенотипова. U49 раздваја се од осталих при коефицијенту од 0,74 при статистичкој подршци од 100 %. Кластер који чине индивидуе популације Vu2 садржи 14 RAPD фенотипова. U58 раздваја се од осталих при коефицијенту од 0,72 уз статистичку подршку од 100 %. Кластер који чине индивидуе популације Vu4 садржи 6 RAPD фенотипова. По 3 RAPD фенотипа се групише се у два подкластера који се раздвајају при коефицијенту генетичке сличности од 0,70 уз максималну статистичку подршку од 100 %.

На UPGMA дендрограму генетичке сличности популација и јединки врсте *V.vitis-idaea* (Слика 26) издваја се четири кластера који одговарају испитиваним популацијама. Кластер који чине индивидуе популације Vvi4 (I103 - I109) се издваја од кластера који чине популација Vvi3 (I97 - I102), Vvi2 (I94 - I96) и Vvi1 (I92 - I93) већ при најнижем коефицијенту генетичке сличности од 0,22 уз статистичку подршку од 100 %, што показује да је ова популација генетички најмање слична осталим популацијама ове врсте. Кластер који чини популација Vvi1 се од кластера који чини популације Vvi3 и Vvi2 раздваја при коефицијенту од 0,33 при статистичкој подршци од 97 %. Кластер који чине индивидуе популације Vvi1 садржи два RAPD фенотипа која се раздвајају при коефицијенту од 0,58 уз статистичку подршку од 100%. Кластери које чине популације Vvi3 и Vvi2 се раздвајају при коефицијенту од 0,42% уз статистичку подршку од 99 %. Кластер који чине индивидуе популације Vvi2 садржи три RAPD фенотипа од којих се I95 одваја од остала два при коефицијенту од 0,65 уз статистичку подршку од 100 %. Кластер који чине индивидуе популације Vvi3 садржи 6 RAPD фенотипова. I97 се раздваја од осталих при коефицијенту генетичке сличности од 0,62 уз статистичку подршку од 100



%. Кластер који чине индивидуе популације Vvi4 садржи 7 6 RAPD фенотипова. Њихово раздвајања је статистички подржано. Као и код врста *V.myrtillus* и *V.uliginosum*, и код врсте *V.vitis-idaea* се уочава једна генетички дистинктна индивидуа, I104, у оквиру популације Vvi4, која се јасно одваја од свих осталих индивидуа ове популације при коефицијенту генетичке сличности од свега 0,25 и уз релативно високу статистичку подршку од 73 %. Међутим, пошто је она груписана са осталим индивидуама које чине ову популацију, није третирана као засебан кластер, као што је то био случај са индивидуом M24 из популације Vm3 врсте *V. myrtillus*.



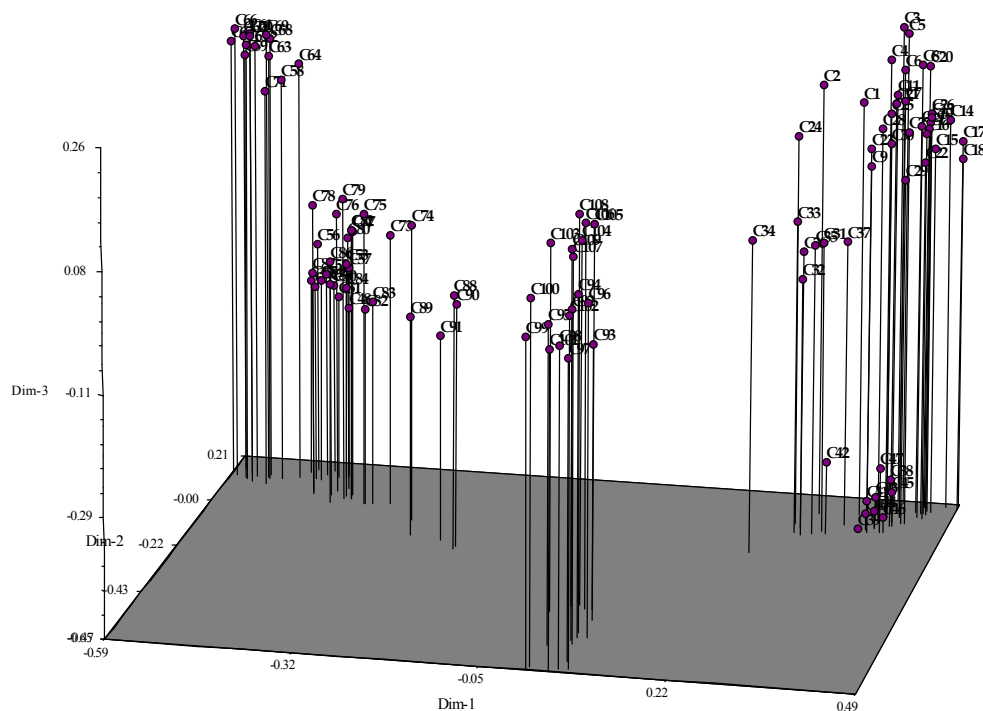
Слика 26: UPGMA дендрограм заснован на генетичкој сличности популација и јединки врсте *V. vitis - idaea* добијен употребом RAPD маркера.

### 5.2.Ѓ Анализа основних координата (PCoA) RAPD података

Тродимензионални графици дистрибуције проучаваних популација на нивоу рода и за сваку врсту (Слике 27 - 30) су генерисани трансформисањем нумеричких вредности матрице генетичке сличности. У овој анализи су све индивидуе свих испитиваних врста означене са ознакама од С1 до С109, при чему ознаке С1 до С47 одговарају индивидуама М1 до М47 врсте *V. myrtillus*, ознаке С48 до С91 индивидуама U48 до U91 врсте *V. uliginosum*, а ознаке С92 до С109 индивидуама I92 до I109 врсте *V. vitis-idaea*.

На Слици 27 је представљен графикон дистрибуције проучаваних популација. Прва основна координата (Dim - 1) описује 20,26 % укупне варијабилности, друга координата (Dim - 2) описује 7,67 % укупне варијабилности и трећа координата (Dim - 3) описује 4,49 % од укупне варијабилности. То значи да је оне кумулативно описују 32,42 % од укупне молекуларне варијабилности. Прве четири основне координате имају својствене вредности (eigenvalues) веће од 1. На Слици 27 се може уочити да се у тродимензионалном PCoA простору издвајају три веће групе. Свака група одговара посебној врсти, што се поклапа са резултатима представљеним на UPGMA дендрограму конструисаном на основу Жакардовог коефицијента генетичке сличности на нивоу рода (Слика 23). По првој координати, позитивно се одвајају популације врста *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea* у односу на *V. uliginosum* која се по првој координати одваја негативно. По другој координати, негативно се одвајају популације врсте *V. uliginosum* и једна јединка која припада популацији врсте *V. myrtillus* (С34 = М34, популација Vm4) као и 5 јединки које припадају популацијама врсте *V. uliginosum* (U74, популација Vu3; U88, U89, U90 и U91, популација Vu5). На основу одвајања популација по трећој координати, уочава се хетерогеност група. Наиме, у оквиру сваке врсте, уочава се раздвајање на по две до три подгрупе. Највећа хетерогеност се уочава код популација врсте *V. uliginosum* и *V. myrtillus*, док су популације врсте *V. vitis-idaea*

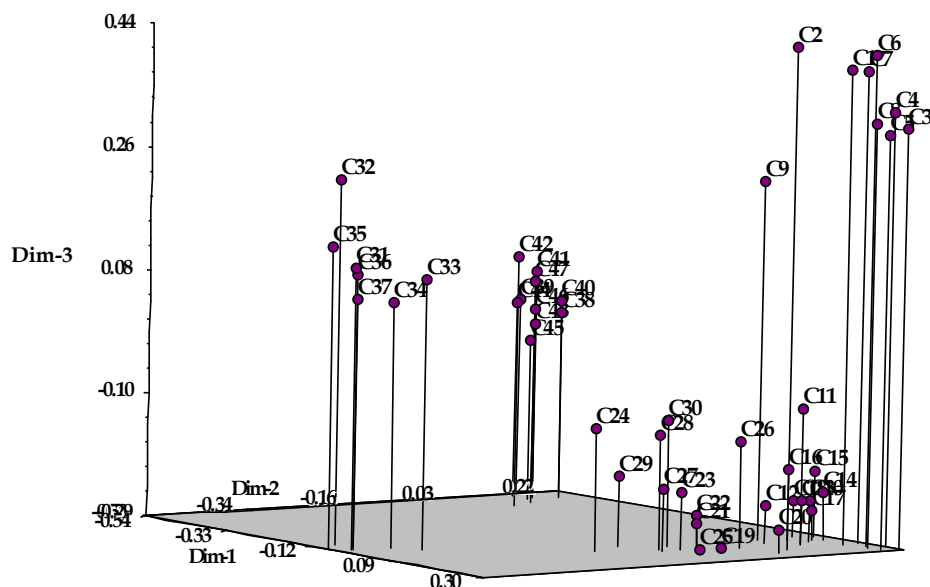
хомогеније. Овај резултат се донекле разликује од резултата представљених на UPGMA дендрограм у (Слика 17), где је највећа хетерогеност популација уочена код врсте *V. vitis-idaea*.



**Слика 27:** PCoA дијаграм дистрибуције популација врста рода *Vaccinium* на основу Жакардовог коефицијента генетичке сличности добијен RAPD маркерима.

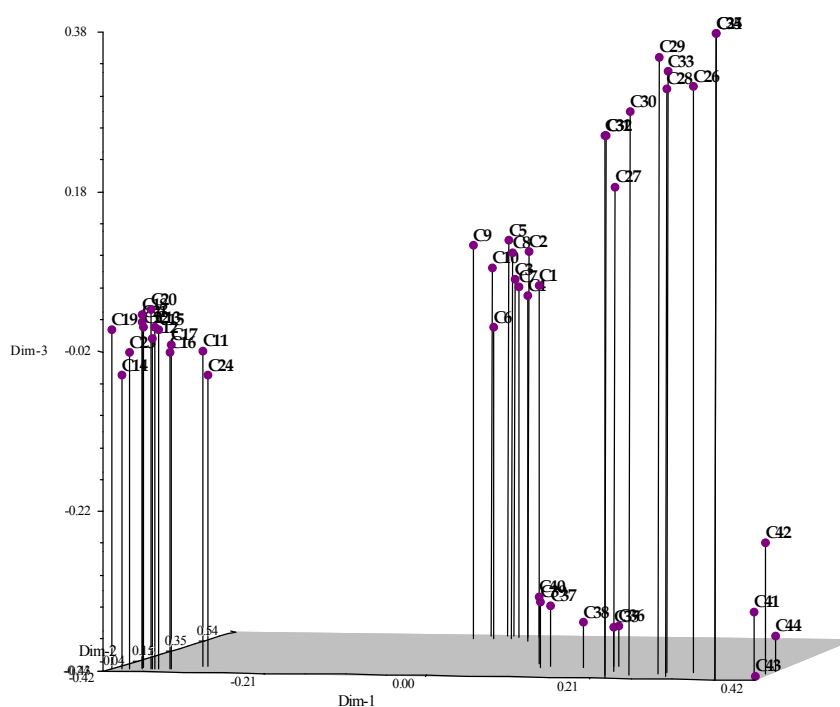
Дистибуција проучаваних популација врсте *V. myrtillus* у тродимезионалном PCoA графику је представљена на Слици 28. Прве четири основне координате имају својствене вредности (eigenvalues) веће од 1. Прва основна координата (Dim - 1) описује 13,68 % укупне варијабилности, друга координата (Dim - 2) описује 9,46 % укупне варијабилности и трећа координата (Dim - 3) описује 8,72 % од укупне варијабилности. Њихова кумулативна вредност 31,84 %. У тродимензионалном PCoA простору уочава се пет група које одговарају популацијама ове врсте. По првој координати позитивно се одвајају

популације са Камене горе, Сребрнаца (Копаоник) и Дивчибара, а на самом прелазу је и једна јединка (С33) из популације са Бабиног зуба (Стара планина). Ове популације су међусобно сличније у односу на преостале две популације ове врсте, а то се уочава и на UPGMA дендрограму (Слика 24). Негативно по првој координати одвајају се популације са Бабиног зуба (Стара планина) и Власине. По другој координати негативно се одваја популација са Бабиног зуба (Стара планина) у односу на остале популације. По трећој координати долази до раздвајања популација са Камене горе, Сребрнаца (Копаоник) и Дивчибара, и то тако што се позитивно одваја популација са Камене горе а негативно се одвајају популације са Сребрнаца (Копаоник) и Дивчибара. У оквиру популације са Камене горе RAPD фенотип С9 се одваја у односу на друге RAPD фенотипове (што се уочава и на дендрограму – Слика 24). У односу на трећу координату популације са Бабиног зуба (Стара планина) и Власине садрже јединке које се одвајају позитивно и оне које се одвајају негативно.



**Слика 28:** PCoA дијаграм дистрибуције популација врсте *V. myrtillus* на основу Жакардовог коефицијента генетичке сличности добијен RAPD маркерима.

Тродимензионални РСоА график расподеле популација врсте *V. uliginosum* представљен је на Слици 29. Као и за претходне графиконе и овде је битно напоменути да прве четири основне координате имају својствене вредности (eigenvalues) веће од 1. Прва основна координата (Dim - 1) описује 15,97 % укупне варијабилности, друга координата (Dim - 2) описује 14,98 % укупне варијабилности и трећа координата (Dim - 3) описује 10,47 % од укупне варијабилности. С тога је њихова кумулативна вредност 41,42 %. Груписање јединки се донекле разликује од груписању које је представљено на UPGMA дендрограму генетичке сличности (Слика 25).

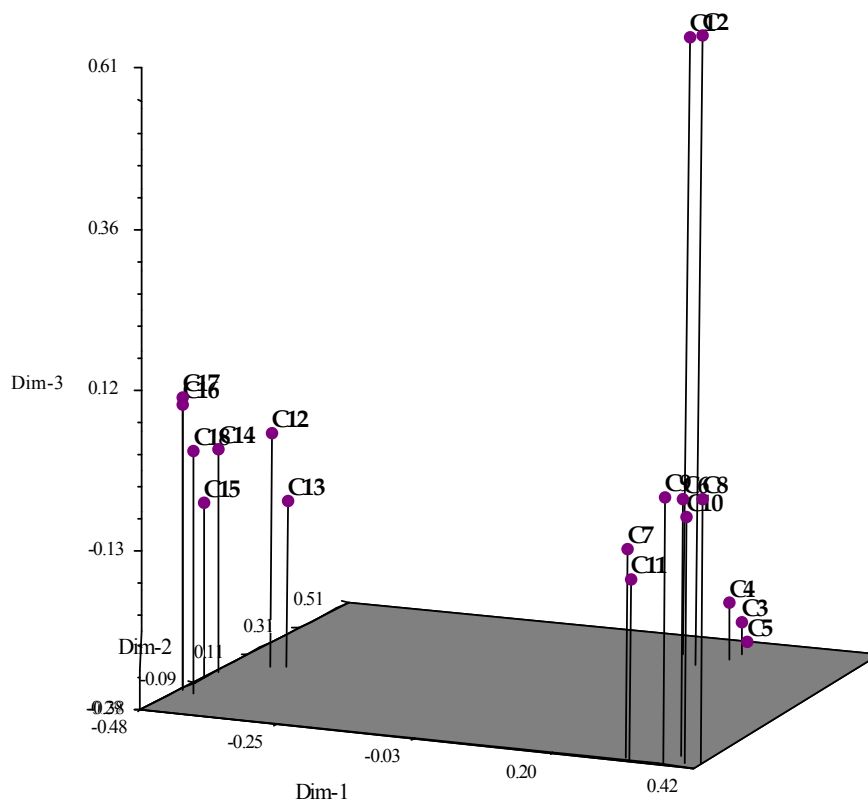


**Слика 29:** РСоА дијаграм дистрибуције популација врсте *V. uliginosum* на основу Жакардовог коефицијента генетичке сличности добијен RAPD маркерима.

Уочава се пет већих група, које одговарају појединачним популацијама. По првој координати уочава се да се популације са локалитета Пајино пресло (Копаоник) и Сребрнац (Копаоник) позитивно одвајају од свих осталих популација. То указује на генетичку дистинктност ових популација која није тако јасно добијена UPGMA анализом (Слика 25). По другој координати позитивно се одваја популација са Сребрнаца (Копаоник) од осталих популација које се одвајају негативно. По трећој координати популација са Јавора (Стара планина) се одваја позитивно, као и популација са Сребрнаца (Копаоник). Део јединки популације са Пајиног пресла (Копаоник) се одваја позитивно, део јединки негативно. Популације са Бабиог зуба (Стара планина) и Власине се одвајају негативно по трећој координати.

Дистрибуција проучаваних популација врсте *V. vitis-idaea* у тродимензионалном РСoА простору је представљена на Слици 30. Прве четири основне координате имају својствене вредности (eigenvalues) веће од 1. Прва основна координата (Dim - 1) описује 21,22 % укупне варијабилности, друга координата (Dim - 2) описује 11,94 % укупне варијабилности и трећа координата (Dim - 3) описује 9,73 % од укупне варијабилности. Њихова кумулативна вредност 42,87 %. На графикону се уочавају четири групе, као и на UPGMA дендрограму генетичке сличности (Слика 26), које одговарају појединачним популацијама ове врсте. По првој координати популација Јавор (Стара планина) је одвојена негативно и одвојена је у односу на остале популације, што показује високу генетичку дистинктност ове популације, као што је већ уочено на UPGMA дендрограму (Слика 26). По другој координати долази до раздвајања популација Пајино пресло (Копаоник), Власина и Бабин зуб (Стара планина) и то тако што се популација Пајино пресло (Копаоник) и Власина одвајају се позитивно, а популација са локалитета Бабин зуб (Стара планина) се одваја негативно. По трећој координати позитивно се одвајају популација Пајино пресло (Копаоник), Јавора (Стара планина),

док се популација Бабин зуб (Стара планина) на прелазу. Популација са Власине се по трећој координати одваја негативно.



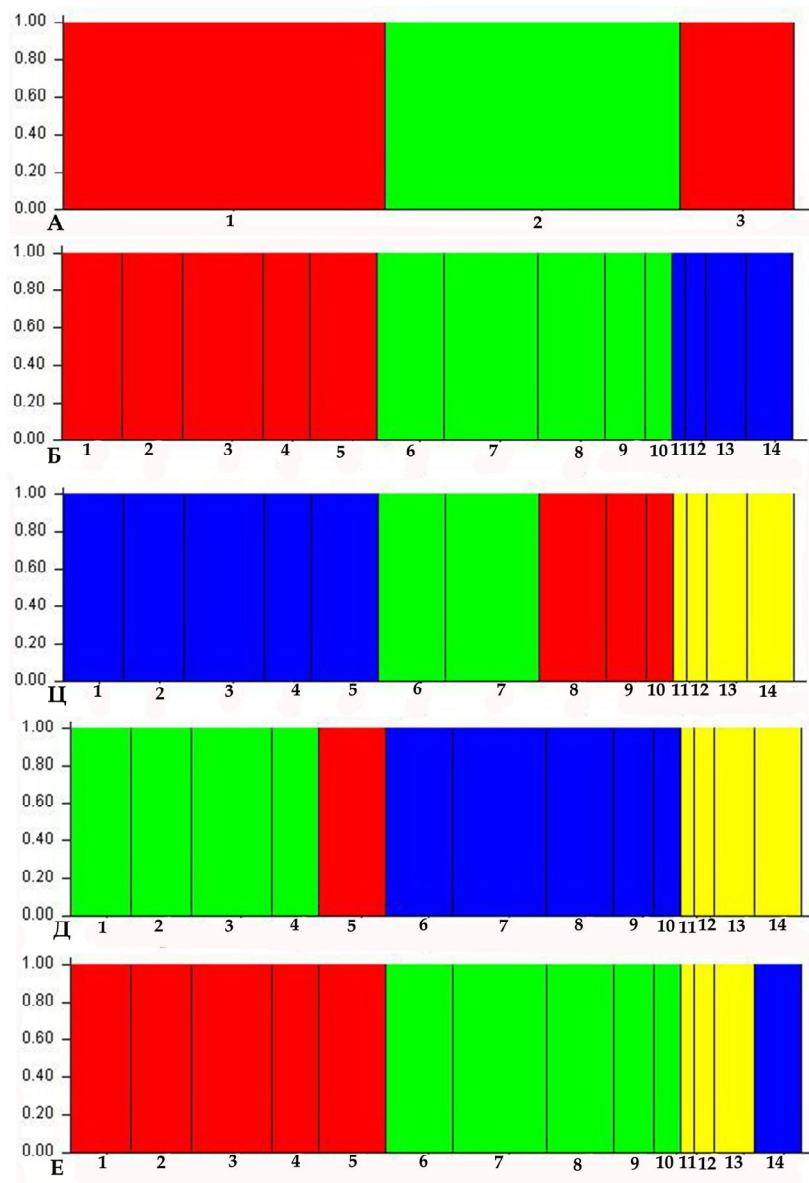
Слика 30: PCoA дијаграм дистрибуције популација врсте *V. vitis - idaea* на основу Жакардовог коефицијента генетичке сличности добијен RAPD маркерима.

### 5.2.e Model-based clustering (STRUCTURE анализа)

Најпре је урађена STRUCTURE анализа на нивоу рода *Vaccinium* у којој су све популације свих испитиваних врста заједно анализирани и тестиране на  $K = 1 - 4$  генетичких група (Слика 31). У случају када је задата вредност  $K$  била 2, прву генетичку групу су сачињавале популације врста *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea*, а другу популације врста *V. uliginosum* (Слика 31A). Овакав резултат указује на већи генетички афинитет између врста *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea* што је такође уочено на UPGMA дендрограму (Слика 23) и у PCoA анализи (Слика 27), док врста *V. uliginosum* нема

генетички афинитет ни према једној од те две врсте. За  $K = 3$ , свака од три добијене генетичке групе је одговарала једној врсти, и такво груписање је добијено у свих пет *run*-ова (Слика 31Б). То показује да свака од испитиваних врста недвосмислено представља засебан генетички ентитет. Са порастом задате вредности  $K$  на 4, у два од укупно три *run*-а се уочава диференцијација популација у оквиру врсте *V. uliginosum* пошто су популације које сачињавају ову врсту биле подељене у две генетичке групе (Слика 31Ц-1). Прву генетичку групу сачињавале су популације Vu1 и Vu2, и другу популације Vu3, Vu4 и Vu5. Овакав резултат показује да су популације врста *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea* генетички хомогеније, док су испитиване популације врсте *V. uliginosum* генетички хетерогене. Међутим, у друга два *run*-а није долазило до диференцијације у оквиру врсте *V. uliginosum* већ у оквиру врсте *V. vitis-idaea* (Слика 31Ц-2). Код ове врсте су такође добијене две генетичке групе, прва коју су сачињавале популације Vv1, Vv2 и Vv3, и другу коју је сачињавала популација Vv4. У овом случају би се могло рећи да су популације врста *V. myrtillus* и *V. uliginosum* генетички хомогеније, док су испитиване популације врсте *V. vitis-idaea* генетички хетерогене. Међутим, у петом *run*-у је добијена диференцијација популација у оквиру врсте *V. myrtillus* и то на две групе, прву коју сачињавају популације Vm1, Vm2, Vm3 и Vm4 и другу коју чини популација Vm5 (Слика 31Ц-3). У овом случају би се могло рећи да су популације врсте *V. myrtillus* генетички хетерогене док су популације врста *V. vitis-idaea* и *V. uliginosum* генетички хомогеније. Међутим, имајући у виду све *run*-ове за задати  $K = 4$ , не може се извући поуздан закључак о томе која од испитиване три врсте има генетички хетерогеније популације, иако је у UPGMA дендрограму (Слика 23) показано да су то популације врсте *V. vitis-idaea* док је у PCoA анализи добијено да су то популације врста *V. uliginosum* и *V. myrtillus*. Стога се може рећи да је једино STRUCTURE анализа указала на немогућност извођења оваквог закључка и заправо повезала резултате добијене UPGMA и PCoA анализом.

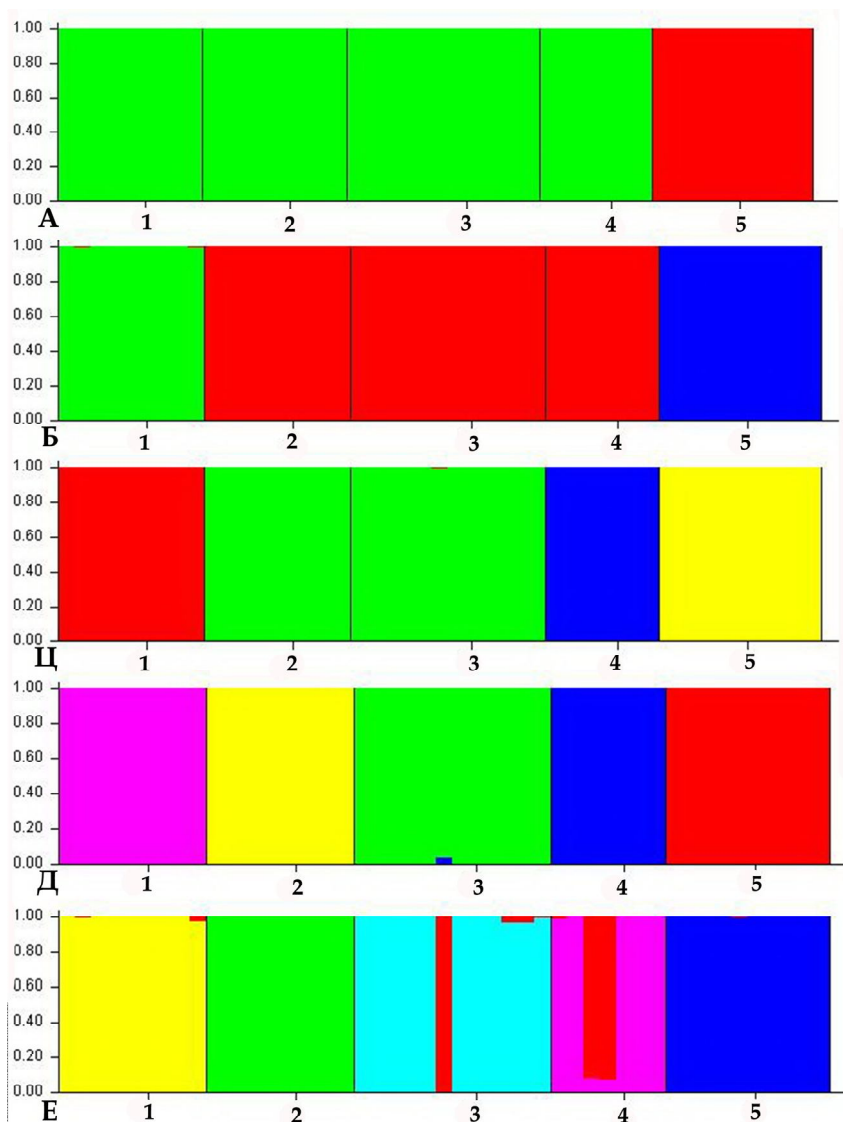




Слика 31: STRUCTURE анализа гентичке диференцијације проучаваних популација рода *Vaccinium*.

На основу постериорних вероватноћа добијених за сваки од шест  $K$  тестираних код врсте *V. myrtillus* закључено је да је оптимални број генетичких група за ову врсту  $K = 5$ . Поред тога, свака генетичка група је одговарала једној од пет испитиваних популација ове врсте (Слика 32Д). Међусобни генетички афинитети популација су уочени посматрањем

диференцијалне дивергенције популација са повећањем  $K$ . Наиме, за  $K = 2$ , популације  $Vm1$ ,  $Vm2$ ,  $Vm3$  и  $Vm4$  су сачињавале једну генетичку групу а популација  $Vm5$  другу генетичку групу (Слика 32А).

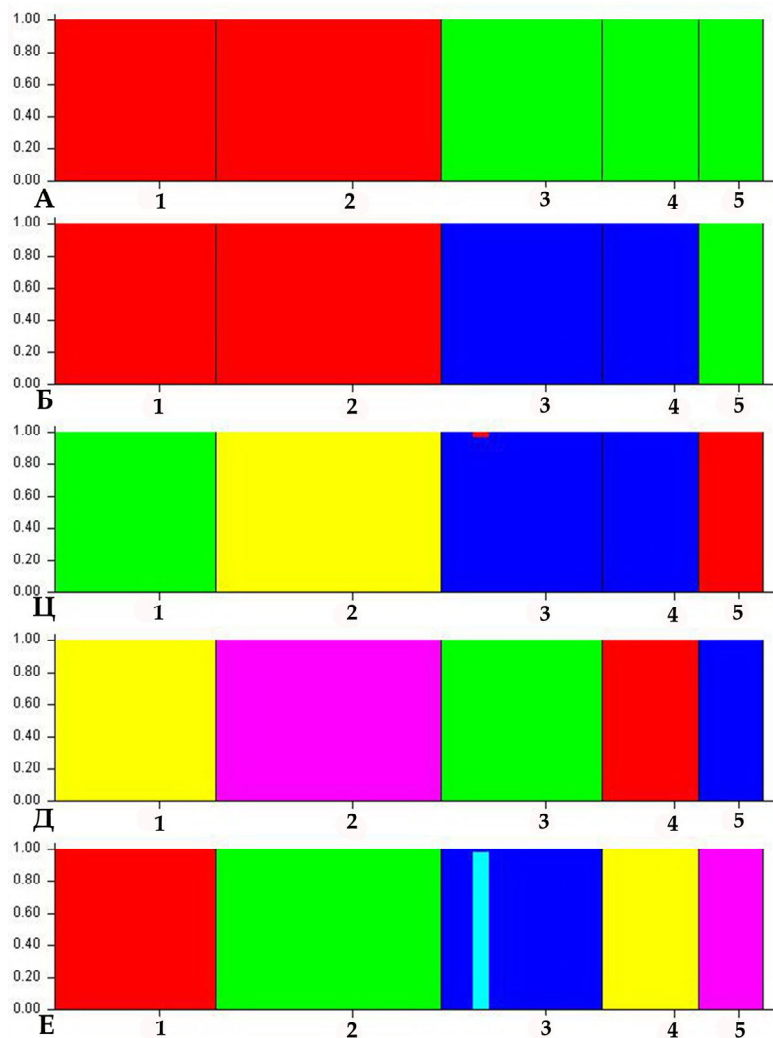


Слика 32: STRUCTURE анализа гентичке диференцијацијације проучаваних популација врсте *V. myrtillus*.

Са порастом  $K$  на 3 долази до дивергенције популација  $Vm4$  од популација  $Vm1$ ,  $Vm2$  и  $Vm3$  (Слика 32Б), а даље повећање  $K$  на 4 доводи до дивергенције популације  $Vm1$  од популација  $Vm2$  и  $Vm3$  (Слика 32Ц). Овакво груписање популација се уочава и код UPGMA и PCoA анализа.

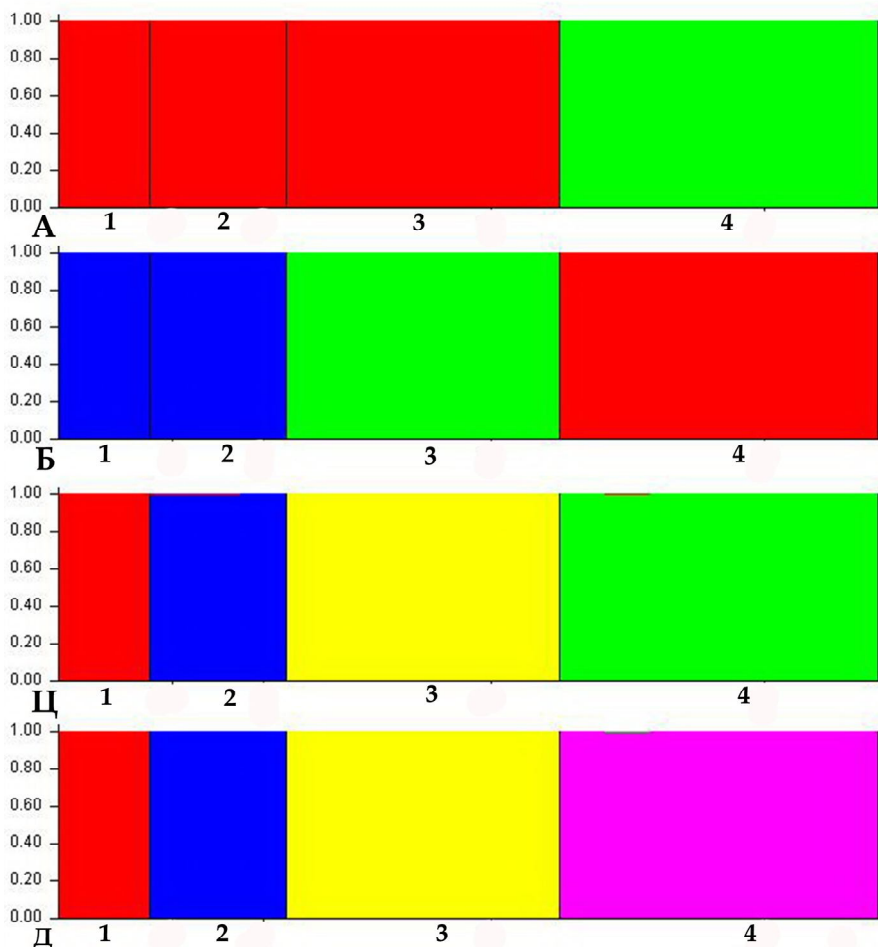
Када је код врсте *V. myrtillus* тестирано  $K = 6$ , што представља већи број генетичких група од броја испитиваних популација, уочено је да не долази до даље диференцијације ни једне од популација, већ се издваја нова, шеста генетичка група која је присутна у малој пропорцији код појединих индивидуа из популација Vm1 (индивидуе M2 и M9), Vm3 (M28, M29 и M30) и Vm4 (M31) (Слика 32Е). Ова шеста генетичка група у потпуности сачињава генотип индивидуе M24 из популације Vm3, а у великој пропорцији је присутна код индивидуа M33 и M34 из популације Vm4. Овај резултат показује да је у прошлости долазило до интрогресије неке друге генетичке групе која овом приликом није анализирана у популације Vm1, Vm3 и Vm4, као и да је индивидуа M24 скорашњи имигрант из те генетичке групе у популацију Vm3, док су индивидуе M33 и M34 имигрирале у популацију Vm4 раније, пошто је код тих индивидуа већ дошло до интрогресије генетичког материјала типичног за популацију Vm4 у генетички профил тих индивидуа.

Постериорне вероватноће за сваки од шест  $K$  тестираних код врсте *V. uliginosum* су показале да је оптимални број генетичких група за ову врсту  $K = 5$ . Као и у случају популација врсте *V. myrtillus*, свака генетичка група је одговарала једној од пет испитиваних популација ове врсте (Слика 33Д). Посматрањем диференцијалне дивергенције популација са повећањем  $K$  од 2 до 5 уочени су међусобни генетички афинитети популација. За  $K = 2$ , популације Vu1 и Vu2 су сачињавале једну генетичку групу, а популације Vu3, Vu4 и Vu5 другу групу (Слика 33А). Са порастом  $K$  на 3, долази до одвајања популације Vu5 од популација Vu3 и Vu4 (Слика 33Б), а код  $K = 4$ , одвајају се популације Vu1 и Vu2 једна од друге (Слика 33Ц). Овај резултат се донекле разликује од резултата добијеним UPGMA анализом али је у складу са резултатима добијеним PCoA анализом.



Слика 33: STRUCTURE анализа гентичке диференцијацијације проучаваних популација врсте *V. uliginosum*

Када је тестирано шест генетичких група ( $K = 6$ ), уочено је да не долази до даље диференцијације ни једне од популација, већ се издваја нова, шеста генетичка група која је присутна у високој пропорцији код индивидуе U74 из популације Vu3 (Слика 33Е). Ова индивидуа је имигрант у популацији Vu3, али се уочава да је код ње већ дошло до интрогресије генетичког материјала који је карактеристичан за ову популацију.



**Слика 34:** STRUCTURE анализа гентичке диференцијације проучаваних популација врсте *V.vitis-idaea*

На основу постериорних вероватноћа добијених за сваки од пет  $K$  тестираних код врсте *V.vitis-idaea* закључено је да је оптимални број генетичких група за ову врсту  $K = 4$ , што одговара броју испитиваних популација ове врсте (Слика 34Ц). Посматрањем диференцијалне дивергенције популација са повећањем  $K$  од 2 до 4 уочени су међусобни генетички афинитети популација. За  $K = 2$ , популације Vvi1, Vvi2 и Vvi3 чине једну генетичку групу, а популација Vvi4 другу групу (Слика 34А), као што је већ утврђено применом UPGMA и PCoA анализа. Са повећањем  $K$  на 3, долази до одвајања популације Vvi3 од популација Vvi1 и Vvi2 (Слика 34Б). Када је тестирано пет генетичких група ( $K = 5$ ), уочено је да не

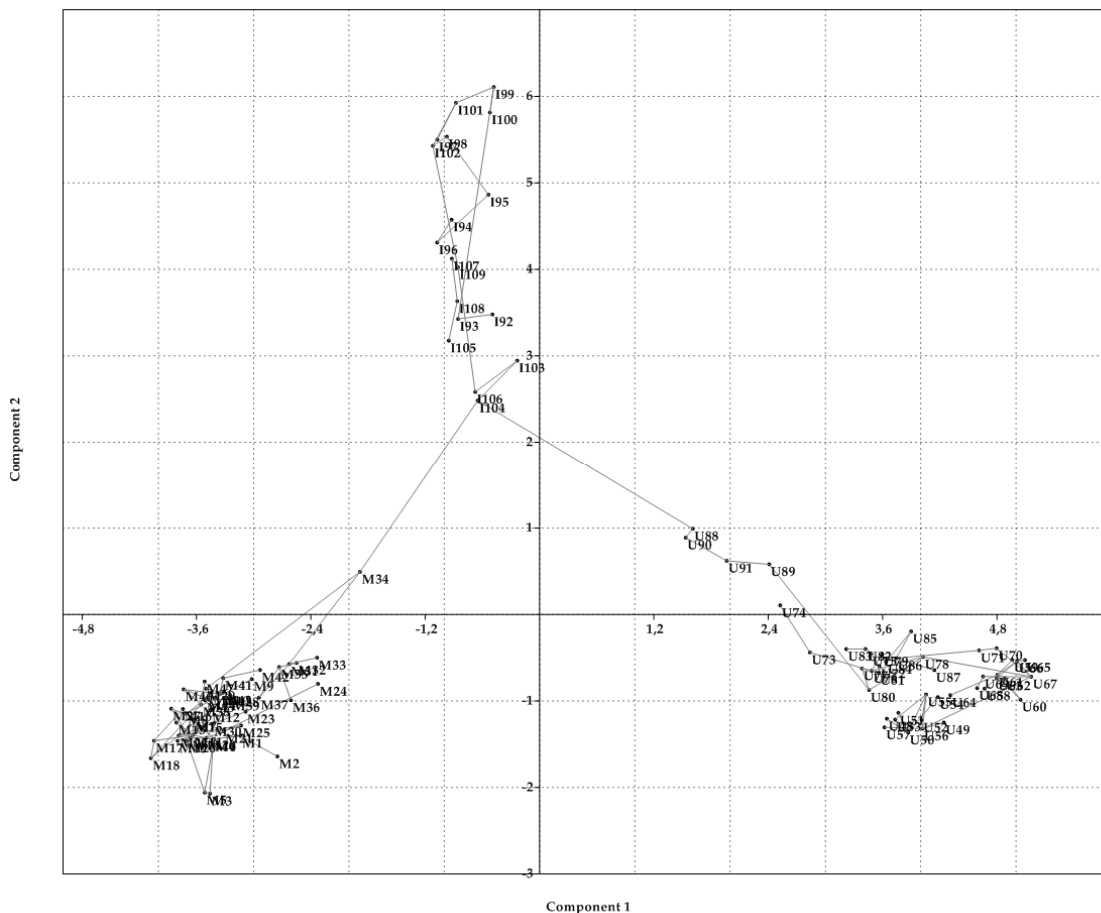
долази до даље диференцијације ни једне од популација већ да се код индивидуе I104 из популације Vvi4 уочава присуство пете генетичке групе у малој пропорцији (Слика 34Д). Ова индивидуа је окарактерисана као дистинктна и у UPGMA и PCoA анализама.

### 5.2.ж Minimum spanning trees (MST)

Генеалогски односи RAPD фенотипова на нивоу рода и појединачних врста су представљени на Сликама 35 - 38.

На Слици 35 је представљено MST стабало које приказује порекло генетичке варијабилности на нивоу рода *Vaccinium* добијено применом RAPD маркера. Као и на UPGMA дендрограму генетичке сличности између јединки и популација истраживаних врсте рода *Vaccinium* (Слика 23), PCoA дијаграму дистрибуције популација врсте рода *Vaccinium* (Слика 27) и у STRUCTURE анализи (Слика 31), уочава се јасно раздвајање врста. У оквиру сваке врсте, парови RAPD фенотипова који припадају датој врсти су међусобно сроднији него парови RAPD фенотипова који припадају различитим врстама. Међутим, у оквиру сваке врсте се уочавају и RAPD фенотипови који представљају везу између испитиваних врста. Нарочито је занимљиво позиционирање индивидуе M34 (популација Vm4, врста *V. myrtillus*) као прелазног типа између врста *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea*. Он је и у свим ранијим анализама окарактерисан као дистинктан генотип. Иако је индивидуа I104 (популација Vvi4, врста *V. vitis-idaea*) груписана заједно са осталим индивидуама ове врсте, њен положај у MST стабалу указује да је она дистинктна у односу на остале индивидуе ове врсте, што је већ уочено у претходним анализама. Исто важи и за индивидуу U74 (популација Vu3, врста *V. uliginosum*). Такође је занимљиво позиционирање у MST стабалу свих индивидуа које сачињавају популацију Vu5 врсте *V. uliginosum* (U88, U89, U90 и U91). Сви наведени генотипови су настали сукцесивним мутацијама један од другог, и показују генетички афинитет према

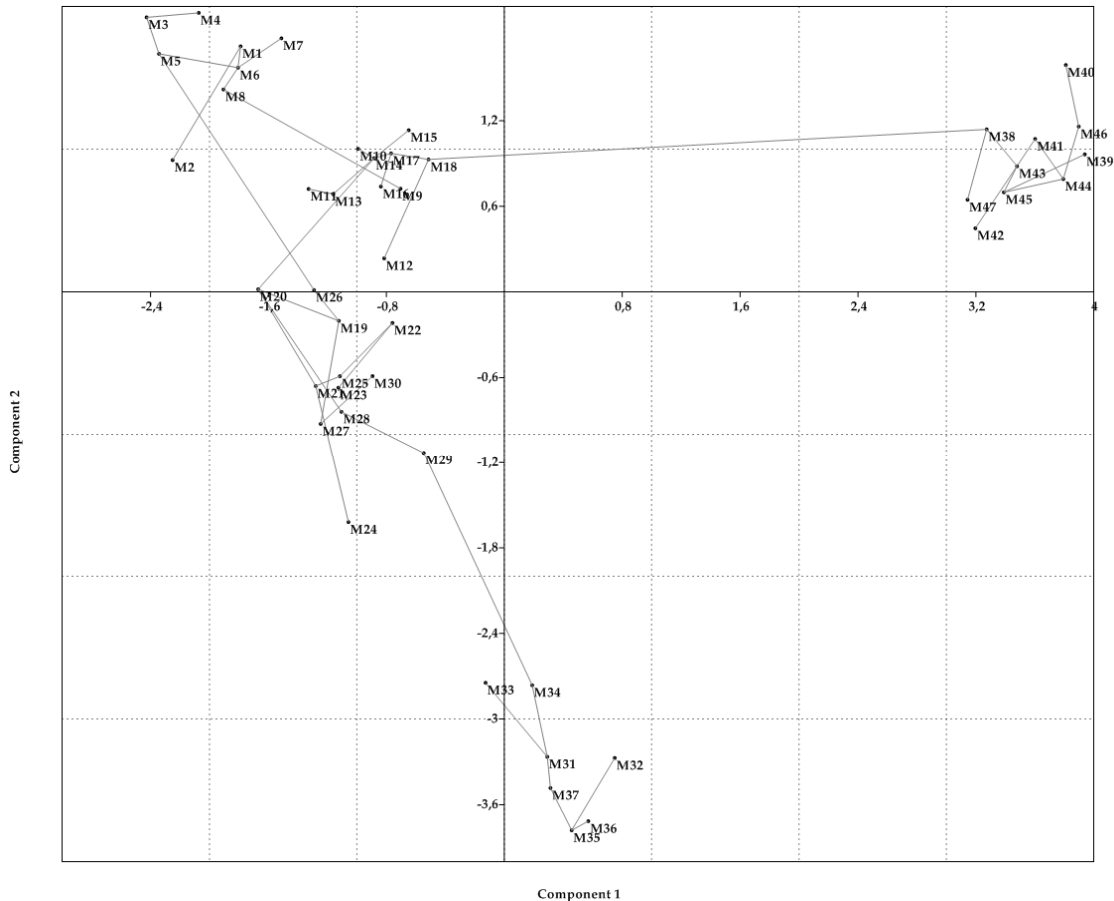
индивидуама врсте *V. vitis-idaea*. Овакав резултат може указивати на хибридно порекло свих индивидуа ове популације.



Слика 35: MST стабло RAPD фенотипова врста рода *Vaccinium* добијено RAPD маркерима.

Са MST стабла RAPD фенотипова врсте *V. myrtillus* (Слика 36) уочава се идентично груписање популација које је већ добијено UPGMA анализом (Слика 24), PCoA анализом (Слика 28) и STRUCTURE анализом (Слика 32Б). Наиме, популације Vm1, Vm2 и Vm3 су генетички међусобно сличније у односу на остале популације ове врсте, и све три популације су јасно диференциране. Уочава се да је индивидуа M9 која припада популацији Vm1 (Камена гора) имигрант из популације Vm2 (Сребрнац), као и да је индивидуа M24 вршни RAPD фенотип. RAPD фенотипови

популације Vm5 су блискији са RAPD фенотиповима популације Vm2, док су RAPD фенотипови популације Vm4 блискији са RAPD фенотиповима популације Vm3.

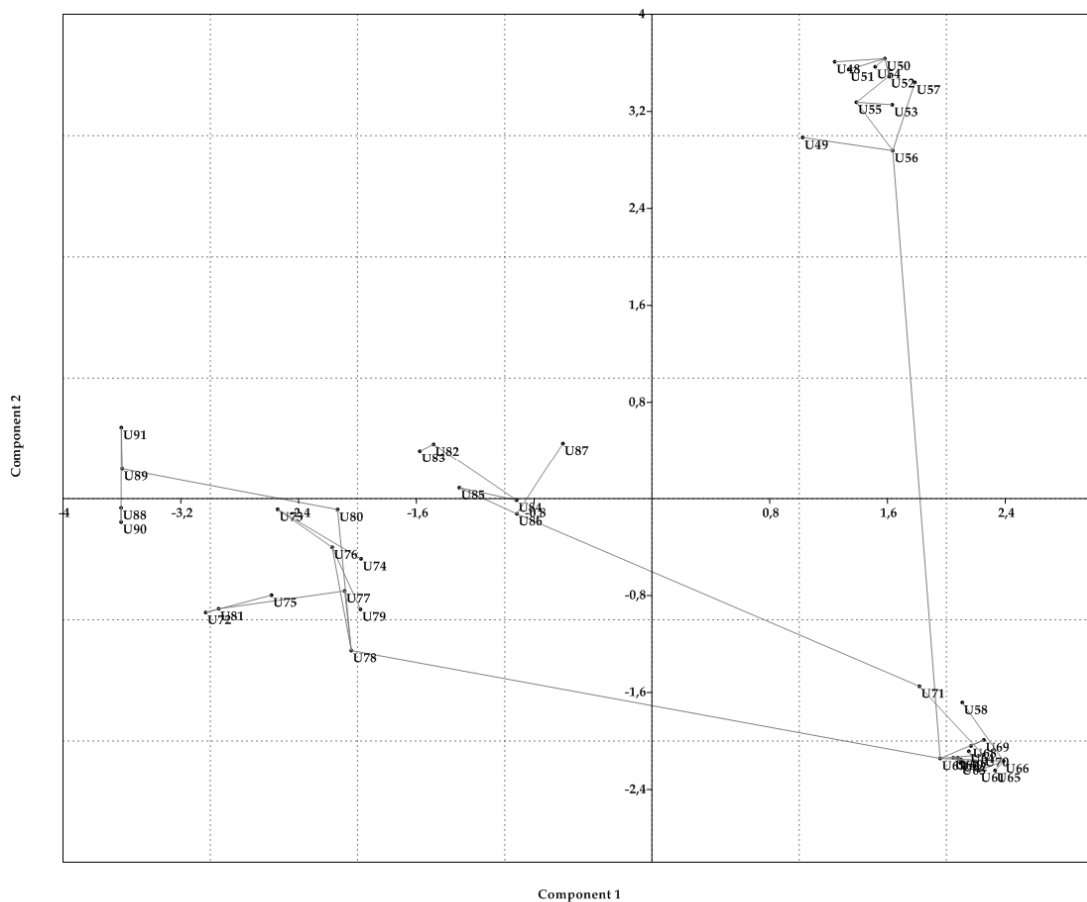


Слика 36: MST стабло RAPD фенотипова врсте *V. myrtillus* добијено RAPD маркерима.

Као и код претходне врсте, на MST стаблу RAPD фенотипова врсте *V. uliginosum* (Слика 37) примећује се јасно раздвајање свих пет популација. Међутим, код ове врсте се уочава да су генотипови популације Vu2 блиски са генотиповима који сачињавају популације Vu1, Vu4 и Vu5, а да су генотипови популације Vu5 блиски са свим генотиповима популације Vu3. Стога се популација Vu2 може сматрати исходном за све остале популације ове врсте, а популација Vu3 исходном за популацију



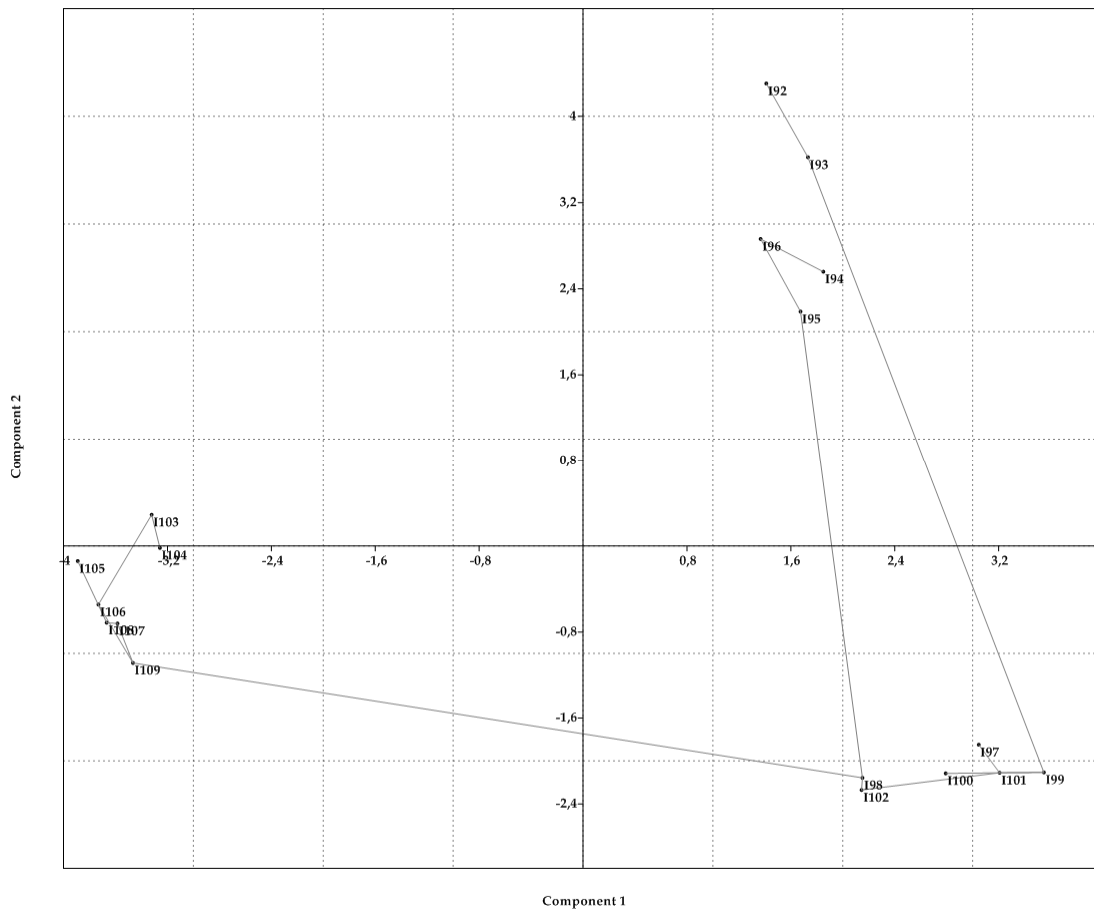
Vu5. Имајући у виду диференцијацију популација ове врсте која је добијене UPGMA анализом (Слика 25) а која се донекле разликује од диференцијације добијене PCoA анализом (Слика 29) и STRUCTURE анализом (Слика 33Б и 33Ц), овакви генеалогски односи добијени у MST стаблу RAPD фенотипова ове врсте могу објаснити наведено неслагање резултата добијених применом различитих метода за испитивање диференцијације популација.



Слика 37: MST стабло RAPD фенотипова врсте *V. uliginosum* добијено RAPD маркерима.

Са MST стабла RAPD фенотипова врсте *V. vitis-idaea* представљеним на слици 38 се такође може уочити јасно раздвајање популација. Популације Vvi1 и Vvi2 су генетички блиске и воде порекло од

популације Vvi3, као и популација Vv4, која је јасно одвојена од свих осталих. Овакви генеалошки односи добијени у MST стаблу RAPD фенотипова су у складу са диференцијацијом популација ове врсте која је добијена UPGMA анализом (Слика 26), PCoA анализом (Слика 30) и STRUCTURE анализом (Слика 34Б).



Слика 38: MST стабло RAPD фенотипова врсте *V. vitis-idaea* добијено RAPD маркерима.

### 5.3. Заједнице са врстама рода *Vaccinium* на подручју Србије

На планинским масивима Србије (Копаоник, Ртањ, Стара планина, Сува планина, Маљен, Шара и др.), на надморским висинама између 1300 и 2500 m, распрострањене су ливаде и пашњаци у којима се врсте *V. myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea*, а пре свега врста *V. myrtillus*, јављају као карактеристичне или значајне врсте. Реч је о умерено влажним и сувим заједницама, које су претежно развијене на силикату, ретко на кречњацима али је и тада матични супстрат прекривен дебелим слојем закишељеног земљишта (Којић и сар., 2004; Лакушић и сар., 2005). Неке од таквих заједница су: *Poetum violaceae* Z. Pavlović 1955, *Minuartietum recurvae* D. Lakušić 1987, *Nardetum strictae* Grebenšćikov 1950. Међу фитоценозама овог типа издваја се заједница *Vaccinio-Seslerietum comosae* Lakušić 1964., у којој се врста *Vaccinium myrtillus*, заједно са врстом *Sesleria comosa* јавља као едификатор. Заједници је опиасна на Проклетијама (Амићић и сар., 2003).

У субалпијском и алпијском појасу, на надморским висинама између 1500 и 2000 m, у брдским и планинским подручјима Србије (Копаоник, Стара планина, Сува планина, Голија, Власинска висораван, Проклетије, Шар планина, Тара и др.) развијају се жбунасте заједнице у којима су хамефитске патуљасте врсте рода *Vaccinium* (пре свега *V. myrtillus*, а потом и *V. uliginosum*) главни едификатори. Заједнице у којима се врста *V. myrtillus* јавља као едификатор су следеће: *Vaccinio-Junipero-Piceetum subalpinum* Mišić et Popović 1954 (1960), *Vaccinio-Juniperetum nanae* Mišić 1964, *Vaccinio-Bruckenthalietum spiculifoliae* R. Jovanović 1972, *Vaccinietum myrtilli* R. Jovanović 1963, *Homogyno-Pinetum mughi-Vaccinietum* D. Pavl. & M. Jank. 1998., *Vaccinio-Salicetum appendiculatae* D. Lakušić 1990. Као едификатор, врста *V. uliginosum* се јавља у следећим заједницама: *Vaccinietum uliginosi* R. Jovanović 1978, *Empetro-Vaccinietum balcanicum* Ht. 1935, *Hyperici-Vaccinietum* Lakušić et al. 1979, *Cetrario-Vaccinietum uliginosi* Gančev 1963. На подручју Србије нису

забележене жбунасте фитоценозе у којима је едификатор врста *V. vitis-idaea*. Међутим, ова врста се у многим наведеним жбунастим заједницама јавља у великој бројности и са великим степеном присуства, па је означена као карактеристична врста таквих заједнице (Лакушић и сар., 2005).

Заједница *Vaccinio-Junipero-Piceetum subalpinum* Mišić et Popović 1954 (1960) указује на посебне климатске и едафске услове станишта. Мишић и сар. (1978), за неколико локалитета на Старој планини, наводе да се у спару дрвећа ове заједнице скоро искључиво јавља субалпијска смрча (*Picea abies* subsp. *subalpina*) чија се бројност и социјалност креће око 1.2, док је степен присуства V. У неким снимцима са Старе планине у спрату дрвећа забележена су појединачна стабла јеле (*Abies alba*) (Мишић, 1978). У спрату жбуња са степеном покровности V (бројност и социјалност: 1.1. до 3.3) јавља се врста *Juniperus nana*. У спрату зељастих биљака доминира врста *Vaccinium myrtillus* са степеном присуства V (бројност и социјалност: 2.2 до 5.5). Поред ове врсте са степеном покровности V, али са нижом бројношћу и социјалношћу јављају се следеће врсте: *Vaccinium uliginosum* (+.1 до 4.4), *Gentiana asclepiadea* (+.1 до 2.2), *Poa violacea* (+.1 до 2.2), *Luzula luzuloides* (1.1 до 2.2), *Vaccinium vitis-idaea* (1.1 до 2.2). Врсте које у изградњу ове заједнице улазе са степеном покровности IV јесу: *Senecio nemorensis* (+ до 3.2), *Potentilla ternata* (+ до 1.1), *Luzula silvatica* (+ до 2.2), *Polygonum bistorta* (+.1 до 2.1), *Hylacomium proliferum* (1.1 до 3.2), *Campanula abietina* (+ до 1.2), *Crocus veluchensis* (+ до .2). У састав заједнице *Vaccinio-Junipero-Piceetum subalpinum* са степеном покровности III улазе следеће врсте: *Rubus idaeus* (+.1 до 1.2), *Rumex acetosella* (+ до 1.2), *Veratrum lobelianum* (+ до 1.2), *Bruckenthalia spiculifolia* (2.2 до 4.4), *Cetraria islandica* (1.1 до 4.3).

У заједници ниске клеке и боровнице *Vaccinio-Juniperetum nanae* Mišić 1964, на неколико локалитета на Старој планини (Три чуке, Копрен и Браткова страна), одсуство смрче је омогућило гушћи склоп спрата ниске клеке и боровнице (Мишић, 1968). Едификатори ове заједнице су врсте *Juniperus nana* и *Vaccinium myrtillus*. Поред њих јављају се и следеће

карактеристичне врсте ове заједнице: *Vaccinium vitis -idaea*, *V. uliginosum*, *Bruckenthalia spiculifolia*, *Luzula luzuloides*, *Luzula silvatica*, *Polygonum bistorta*, *Rosa violacea*, *Gentiana asclepiadea*. За разлику од претходне заједнице, заједница *Vaccinio-Juniperetum nanae* садржи мањи број врста. Изузев клеке и боровнице, број јединки осталих врста је мали (Мишић, 1978).

Заједница *Vaccinio-Bruckenthalietum spiculifoliae* R. Јовановић 1972 се јавља изнад горње шумске границе у висинском дијапазону од 1600m до 1850m (Ранђеловић, 2002). Едификатори заједнице су врсте *Bruckenthalia spiculifolia* и *Vaccinium myrtillus*. Карактеристичне врсте ове заједнице су: *Vaccinium vitis -idaea* (степен присуства - V; бројност и социјалност - +.2 - 1.2), *Deschampsia flexuosa* (степен присуства - III; бројност и социјалност - +.2), *Vaccinium uliginosum* (степен присуства - II; бројност и социјалност - +.2 - 1.2), *Rosa pendulina* (степен присуства - II; бројност и социјалност - +), *Gentiana asclepiadea* (степен присуства - II; бројност и социјалност - +), *Calamagrostis arundinacea* (степен присуства - II; бројност и социјалност - +.2). Поред карактеристичних врста, са степеном присуства V јављају се следеће врсте: *Thymus praecox* subsp. *jankaе* (бројност и социјалност: 1.2 - 2.2), *Linum capitatum* (бројност и социјалност: + - 1.1), *Agrostis capillaris* (бројност и социјалност: +.2 - 1.2), *Genista depressa* (бројност и социјалност: + - 1.1), док су са степеном присуства IV забележене следеће врсте: *Ranunculus montanus* (бројност и социјалност: + - 1.1), *Crocus veluchensis* (бројност и социјалност: +). Оваква структура заједнице забележена је на локалитетима Мали Стрешер и Велики Стрешер на Власинској висоравни (Ранђеловић, 2010).

*Vaccinietum myrtilli* R. Јовановић 1963 је заједница која је по флористичкој структури јасно одвојена од заједнице *Vaccinio-Junipero-Piceetum subalpinum* (Мишић и сар., 1968). Едификатор заједнице је врста *Vaccinium myrtillus* (бројност и социјалност: 5.5). Врсте које се, према Мишићу и сар. (1968) на локалитету Суво Рудиште (Кобаоник) као и едификатор, јављају са степеном присуства V су: *Luzula nemorosa* f. *rubeola* (бројност и социјалност: 3.2), *Thymus glabrescens* V (бројност и социјалност:

4.3), *Campanula abietina* (бројност и социјалност: 1.2). Са степеном присуства IV, забележене су следеће врсте: *Agrostis vulgaris* (бројност и социјалност: 2.3), *Deschampsia flexuosa* (бројност и социјалност: 2.2), *Hypocheris alpigenum* (бројност и социјалност: 2.1), *Polygonum bistorta* (бројност и социјалност: 2.1), *Potentilla ternata* (бројност и социјалност: 1.2), *Genista depressa* (бројност и социјалност: 1.2), *Anthoxatum odoratum* (бројност и социјалност: 1.2), *Polytrichum commune* (бројност и социјалност: 1.1).

Заједница *Homoguno-Pinetum mughi-Vaccinietum* D. Pavl. & M. Jank. 1998. је заједница описана на подручју Косова (Амиџић и сар., 2003). Реч је о заједници *Pinus mugo* (бор кривуљ) са врстама *Homogune alpina* и *Vaccinium myrtillus*. Поред њих у заједници су забележене следеће карактеристичне врсте: *Vaccinium uliginosum*, *Luzula sylvatica*, *Armeria canescens*, *Bromus fibrosus*, *Bruckenthalia spiculifolia*, *Festuca heterophylla*, *Gentiana punctata*, *Gentiana verna*, *Geum montanum*, *Helianthemum alpestre*, *Luzula luzulina*, *Luzula nemorosa*, *Nephrodium austriacum*, *Nephrodium filix-mas*, *Rubus idaeus*, *Saxifraga rotundifolia*, *Scorzonera rosea*, *Thymus* sp., *Wulfenia carinthiaca* и др.

*Vaccinio-Salicetum appendiculatae* D. Lakušić 1990 је жбунаста субалпијска заједница у којој доминира врста *Salix appendiculata*. Поред ове врсте у заједници су бројне следеће врсте: *Vaccinium myrtillus*, *Juniperus nana*, *J. intermedia*, *Vaccinium uliginosum*, *Cotoneaster tomentosa*, *Luzula sylvatica*, *Daphne mezereum*, *Luzula luzuloides*, *Luzula sylvatica* и друге. Заједница је описана на локалитету Суво Рудиште на Копаонику (Јакушић и Ранђеловић, 1995).

*Vaccinietum uliginosi* R. Јовановић 1978 је заједница ниских жбунова (Мишић, 1978). Едификатор заједнице је врста *Vaccinium uliginosum* (бројност и социјалност: 2.3 – 5.5). Поред ове врсте, на неколико локалитета на Старој планини, са степеном присуства V забележене су и врсте *Vaccinium vitis – idaea* (бројност и социјалност: +.1 – 1.1) и *Luzula luzuloides* var. *suprina* (бројност и социјалност: + – 2.2). Са степеном присуства IV забележене су следеће врсте: *Vaccinium myrtillus* (бројност и социјалност: +.1 – 2.2), *Cytisus albus* (бројност и социјалност: +.1 – 2.2), *Juniperus nana*

(бројност и социјалност: + - +.1), *Festuca supina* (бројност и социјалност: 1.1 - 2.2), *Crocus veluchensis* (бројност и социјалност: +.1 - 2.2), *Luzula campestris* (бројност и социјалност: 1.1), *Potentilla ternata* (бројност и социјалност: + - 1.1) и *Asphodelus albus* (бројност и социјалност: +.2 - 2.2).

Заједница *Empetro-Vaccinietum balcanicum* Нт. 1935 је описана на подручју Косова (Амиџић и сар., 2003). Реч је о ниским полеглим жбунастим заједницама чији су едификатори врсте *Empetrum nigrum* и *Vaccinium uliginosum*. Поред њих, веома су бројне лишајеви из родова *Cetraria*, *Cladonia* и *Thamnolia*, као и маховине из родова *Polytrichum* и *Hylocomium*. У групи значајних врста ове асоцијације су: *Vaccinium myrtillus*, *Juniperus nana*, *Luzula spicata*, *Sesleria comosa*, *Jasione orbiculata*, *Juncus trifidus*, *Euphrasia minima*, *Campanula alpina* и др.

За заједнице *Hyperici-Vaccinietum* Lakušić et al. 1979 и *Cetrario-Vaccinietum uliginosi* Gančev 1963. је карактеристична доминација врсте *Vaccinium uliginosum*. Поред ње у овим заједницама са значајном бројношћу јављају се врсте: *Vaccinium myrtillus*, *Hypericum alpinum*, *Asphodelus albus*, *Crocus veluchensis*, *Cytisus albus*, *Festuca supina*, *Juniperus nana*, *Luzula campestris* subsp. *multiflora*, *Luzula luzuloides* var. *cuprina*, *Potentilla ternata*, *Vaccinium vitis-idaea*. Заједнице су забележене на Косову на Шар планини и Проклетијама (Лакушић и сар., 2005).

Провизорно одређене заједнице у којима су врсте рода *Vaccinium* едификатори на Шар планини, Проклетијама, према Лакушићу и сар. (2005) су: *Luzulo luzulinae-Pinetum mugi-peucis-Vaccinio myrtillae* М. Janković 1998 ass. nova prov. , *Vaccinio-Pinetum mugo peucis* М. Janković 1998 ass. nova prov., *Jasione orbiculati-Nardetum-Pinetum mughi-Vaccinio-Juniperi* М. Janković 1998 ass. nova prov., *Luzulo luzulinae-Pinetum mugi-peucis-Vaccinio myrtillae* М. Janković 1998 ass. nova prov., *Junipero nanae myrtylii-Pinetum peucis-Piceae* М. Janković 1998 ass. nova prov. и *Piceo-Pinetum peucis-Vaccinio-Festuco heterophylli* М. Janković 1998 ass. nova prov. Провизорно одређене заједнице са истим едификаторским врстама на Шар планини: *Rhododendretum ferruginei-*

*Festuco paniculatae-Vaccinietum uliginose* M. Jank. prov. 1995., *Vaccinio-Polygonetum alpini* prov. D. Lakušić 1996.

Са друге стране, поред наведених фитоценоза, у субалпијском и алпијском појасу на подручју Србије, констатоване су жбунасте заједнице у којима се проучаване врсте рода *Vaccinium* јављају у великој бројности и са високим степеном присуства због чега се сматрају карактеристичним врстама. Неке од таквих фитоценоза су: *Junipereto nanae-Bruckenthalietum spiculifoliae* Нт. 1935, *Bruckenthalio-Juniperetum* Нт. 1938, *Juniperetum sibiricae-intermediae* В. Јовановић 1953, *Pinetum mugo typicum* М. Јанковић 1972 и др. Ове заједнице се развијају у алпијском и субалпијском појасу на Копаонику, Старој планини, Власинској висоравни, планини Дукат, на Проклетијама, Шари.

Врсте рода *Vaccinium* такође улазе у састав шумских фитоценоза брдских и планинских подручја Србије. Констатоване су пре свега, у четинарским шумама, али и у мешовитим лишћарско - четинарским шумама, као и у неким лишћарским шумама.

На подручју Маљена, Сувобора, Гоча и Копаоника јављају се мешовите ацидофилне буково-јелове шуме са боровницом на серпентиниту (на киселим земљиштима) *Abieti-Fagetum toesiacum* В. Јовановић 1953 *myrthylletosum* В. Јовановић 1959. Посебна одлика ових заједница је веће присуство маховина и фацијеса боровнице (*Vaccinium myrtillus*) (Томић, 1992).

Значајна бројност врста рода *Vaccinium* је забележена и у мешовитим смрчево-буковим шумама. Мешовите смрчево - букове шуме са боровницом (*Ass. Piceeto-Fagetum subalpinum* В. Јовановић 1953 *myrthylletosum* В. Јовановић 1953) се развија у средњепланинском појасу на надморским висинама од 600 и 1600 m на Голији, Јавору, Тари, Маљену, Повлену, Сувобору, Гочу, Златару, Копаонику и др.

На Гочу, на надморској висини између 700 и 1300 m, на хумусно-силикатним или смеђим земљиштима на серпентиниту или перидотиту



развија се Ass. *Potentillo-Pinetum gočensis* B. Jovanović 1959 *myrthylletosum* B. Jovanović 1959. Реч је о шумама црног бора (*Pinus nigra*) и врсте *Potentilla heptaphylla* са фаџијесима боровнице (*Vaccinium myrtillus*) (Гајић, 1954).

Монодоминантне шуме смрче (*Picetum abietis*) се развијају на надморским висинама од 1200 до 1800 m, на силикатној, кречњачкој или серпентинитској подлози, на кисело хумусно-силикатним, смеђе подзоластим или смећим кречњачким земљиштима. У тој зони на Голији, Старој планини и Копаонику развија се зједница смрче са боровницом *Piceetum abietis serbicum* Rudski 1947 *vaccinietosum* Mišić et Popović 1960 (Мишић, 1978; Гајић, 1989, Томић 1992).

Заједница смрче и јеле на хрптовима са боровницом (Ass. *Abieti-Piceetum serbicum* Mišić et Popović (1954) 1978 *vaccinietosum* Mišić et Popović 1976) констатована је на Старој планини. Насељава стрме, истакнуте, уске хрптове у средњепланинском појасу, на висинама од 1350 до 1600 m н.в., на киселим земљиштима (Мишић, 1978).

У оквиру буковог висинског појаса, на надморским висинама између 640 и 1320 m, на изразито киселим земљиштима развијају се ацидофилне шуме букве са боровницом Ass. *Vaccinio - myrtilli - Fagetum moesiacaе* Fukarek 1969 (*Syn. Fagetum montanum myrtilletosum* B. Jovanović 1973). У Србији ова заједница је развијена на Голији, Јавору, Тари, Маљену, Повлену, Сувобору, Гочу, Златару, Копаонику и др. Томић (2006) наводи да се са највећим степеном присуства у овој асоцијацији јављају врсте *Fagus moesiaca* (IV - V) и *Vaccinium myrtillus* (V). Значајан степен присуства забележен је и за следеће врсте: *Luzula luzuloides* (V), *Hieracium murorum* (V), *Deschampsia flexuosa* (V), *Festuca drimeya* (IV), *Luzula sylvatica* (IV).  
Заједница је забеле

Томић (1992) наводи да се на подручју западне и југозападне Србије развијају ацидофилне шуме цера (*Quercus cerris*) у чијем је приземном спрату најдоминантнија боровница (*Vaccinium myrtillus*) - *Vaccinio-Quercetum cerris* Glišić 1972 и *Myrtillo-Quercetum cerris* Blečić et al. 1974.

Заједнице се развијају на изразито киселим и еродираним земљиштима (Томић, 1992).

Лакушић и сар. (2005) наводе постојање ацидофилних шума китњака (*Quercus petraea*) у чијем је приземном спрату најдоминантнија боровница (*Vaccinium myrtillus*) - *Vaccinio-Quercetum petraeae* D.Muratspahić-Pavlović 2003 prov. и *Quercetum sessiliflorae* Z. Pavlović 1951 *lilieto - vaccinietosum* Z. Pavlović 1951. Заједнице се развијају на изразито киселим земљиштима. Према Лакушићу и сар. (2005) локалитети на којима су забележене ове заједнице су: Велики Вис, Оштри Врх, Дуги рт, Трајан, врх Видојевице, Кумовац, Манастирска коса, Оштра коса и др.

#### 5.4. Основне физичка и хемијска својства проучаваних земљишта и садржа тешких метала у биљкама

##### 5.4.а Физичке карактеристике проучаваних земљишта

Према механичком саставу земљишта на истраживаним локалитетима припадају следећим класама: класи иловаче до прашкасте иловаче (локалитет Пајино пресло, односно локалитет Дивчибаре), класи иловаче до песковите иловаче (локалитети на Старој планини), класи прашкасте иловаче (локалитети Сребрнац и Камена Гора) и класи иловаче (локалитет Власина). У односу на текстурну класу (СЕС, Soil Map, 1985), проучавана земљишта припадају средњој класи, изузев земљишта са локалитета Копрен (Стара планина) које је у крупној класи (Табела 33).

Табела 33: Текстуrne класе проучаваних земљишта

Локалитет	Песак %	Прах %	Глина %	Текстурна класа
Пајино пресло (Копаоник)	41,7	45,9	12,4	иловача
Дивчибаре	30,7	58,1	11,2	прашкаста иловача
Сребрнац (Копаоник)	30,9	53,9	15,2	прашкаста иловача
Камена Гора	30,4	50,4	19,2	прашкаста иловача
Бабин Зуб (Стара планина)	49,5	41,4	9,1	песковита иловача
Власина	46,9	40,1	13	иловача
Јавор- Крвавае बारे (Стара планина)	36,4	45,5	18,1	иловача
Копрен (Стара планина)	67,9	22,7	9,4	песковита иловача

#### 5.4.6 Хемијске карактеристике проучаваних земљишта

Проучавана земљишта се карактеришу умерено киселом реакцијом на локалитету Дивчибаре, јако киселом реакцијом на локалитетима Камена Гора, Пајино пресло, Сребрнац и Власина, односно јако киселом до екстремно киселом реакцијом на локалитетима на Старој планини (Табела 34). Земљишта су незасићена базама. Садржај хумуса у површинском слоју је висок. Однос C:N је широк у земљишту на локалитету Дивчибаре и Јавор на Старој планини, док је на локалитетима Бабин Зуб и Копрен на Старој планини C:N узак. На локалитетима на Копаонику: Пајино пресло и Сребрнац, однос C:N у земљишту је узак, као и на локалитетима Камена Гора и Власина. Земљиште на локалитету Дивчибаре је врло ниско обезбеђено лакоприступачним облицима  $P_2O_5$ . Врло ниску обезбеђеност лакоприступачним облицима  $P_2O_5$  имају и проучавана земљишта на локалитетима Камена Гора, Сребрнац (Копаоник) и Власина, док земљишта на локалитетима Старе планине имају средњу (Бабин Зуб) до ниску (Копрен и Јавор) обезбеђеност лакоприступачним облицима  $P_2O_5$ . Земљиште на локалитету Пајино пресло (Копаоник) се, такође одликује ниском обезбеђеношћу лакоприступачних облика  $P_2O_5$ . Обезбеђеност лакоприступачним облицима  $K_2O$  у земљишту је ниска на локалитету Дивчибаре, средња на локалитетима Сребрнац (Копаоник) и Камена Гора, висока на локалитетима Пајино пресло (Копаоник) и Власина, док је у земљиштима Старе планине врло висока (Бабин Зуб и Јавор) до средња (Копрен).

Табела 34: Хемијска својства проучаваних земљишта

Локалитет	pH		Y <sub>1</sub> ccm 0.1M NaOH	Адсорптивни комплекс mg equiv / 100 g soil			V %	Хумус %	C %	N %	C / N	Лако приступачни у mg на 100 g земље	
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>		(T - S)	T	S						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Пајино пресло (Копаоник)	4,53	3,92	73,84	47,70	1,60	49,60	3,22	15,26	8,85	0,78	11,3	8,30	28,00
Дивчибаре	5,60	4,86	48,75	31,69	27,80	59,90	6,73	5,56	9,02	0,41	22,0	0,80	8,20
Сребрнац (Копаоник)	4,85	4,13	71,07	46,20	00	46,20	0	16,60	9,63	0,82	11,7	2,30	16,00
Камена гора	4,98	4,17	47,50	30,88	00	30,88	0	7,78	4,51	0,36	12,5	1,60	13,00
Бабин зуб (Стара планина)	4,16	3,60	95,83	62,29	11,20	73,49	15,24	38,63	22,40	1,63	13,7	12,20	>40,00
Власина	4,80	4,02	65,89	42,83	0,40	43,23	0,93	15,74	9,13	0,61	14,9	4,20	22,60
Јавор (Стара планина)	4,66	4,00	79,38	51,59	2,40	53,99	4,44	21,86	16,81	0,92	18,3	8,00	22,60
Копрен (Стара планина)	4,25	3,56	50,00	32,50	00	32,50	0,0	7,94	4,60	0,34	13,5	4,80	14,30

#### 5.4.в Садржај тешких метала у проучаваним земљиштима

На основу добијених резултат може се уочити да су највеће вредности садржаја истраживаних елемената у земљишту, изузев олова (Pb), добијене на локалитету Дивчибаре (Табела 34). Садржај гвожђа (Fe) у проучаваним земљиштима се налази у знатно већим концентрацијама у односу на друге елементе. Локалитет Бабин зуб (Стара планина) такође се може издвојити на основу високих садржаја цинка, олова и кадмијума у земљишту (Табела 34). Најниже вредности садржаја тешких метала, изузев кадмијума (Cd), су измерене у земљишту са локалитета Копрен (Стара планина) (Табела 35).

Табела 35: Просечне вредности садржаја елемената у земљиштима

Локалитет	Просечне вредности					
	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Fe
	mg·kg <sup>-1</sup>					
Пајино пресло (Копаоник)	48,25	31,02	0,088	10,153	16,965	19907,6
Дивчибаре	102,33	52,94	0,116	1036,57	489,87	83652,5
Сребрнац (Копаоник)	66,29	37,17	0,026	16,902	40,545	42715,1
Власина	58,90	52,18	0,024	9,789	41,671	57106,1
Јавор (Стара планина)	69,63	24,47	0,009	16,649	32,147	48669,6
Копрен (Стара планина)	13,84	22,08	0,033	2,322	5,628	8145,7
Бабин зуб (Стара планина)	74,40	99,83	0,643	10,568	14,179	15433,3
Камена гора	34,96	42,04	0,032	9,478	37,304	28894,2

#### 5.4.г Садржај тешких метала у изданцима проучаваних врста рода

##### *Vaccinium*

Највеће вредности садржаја цинка (Zn) и кадмијума (Cd), када су у питању изданци проучаваних врста, су измерене код врсте *V. uliginosum* (Табела 35). Највеће концентрације олова (Pb), никла (Ni) и хрома (Cr) су

измерене у изданцима врсте *V. myrtillus* са локалитета Дивчибаре. Анализом резултата садржаја тешких метала у изданцима проучаваних врста (Табела 35), врста *V. uliginosum* се може издвојити по вишим концентрацијама олова (Pb) и никла (Ni) у односу на остале врсте. Најниже концентрације Zn, Pb, Ni и Cr су измерене у изданцима врсте *V. myrtillus* са локалитета Камена гора (Табела 36).

Табела 36: Просечни садржаји Pb, Zn, Cd и Fe у изданцима проучаваних врста.

Врста	Локалитет	Просечни садржај (mg.kg <sup>-1</sup> )					
		Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Fe
<i>V. myrtillus</i>	Дивчибаре	26,08	6,52	0,21	4,85	3,97	534,0
	Сребрнац (Копаоник)	26,80	0,32	0,08	1,83	0,18	56,3
	Власина	29,46	1,04	0,02	1,12	1,94	40,9
	Копрен (Стара планина)	19,60	0,59	0,04	0,89	0,89	60,2
	Бабин зуб (Стара планина)	10,56	0,91	0,03	0,83	1,14	90,5
	Камена Гора	4,73	0,33	0,08	0,83	0,05	91,5
<i>V. vitis-idaea</i>	Пајино пресло (Копаоник)	34,02	0,84	0,01	1,00	0,71	103,2
	Власина	32,23	0,83	0,01	1,24	1,29	285,1
	Јавор (Стара планина)	32,07	1,35	0,05	0,28	0,94	112,7
	Копрен (Стара планина)	23,46	0,52	0,08	0,24	1,39	46,3
	Бабин зуб (Стара планина)	20,87	0,77	0,08	0,37	1,55	66,5
<i>V. uliginosum</i>	Сребрнац (Копаоник)	58,06	0,86	1,27	2,12	1,98	106,1
	Пајино пресло (Копаоник)	57,31	1,51	2,67	1,57	1,61	11,5
	Власина	52,05	1,22	1,17	2,38	2,01	56,7
	Јавор (Стара планина)	58,80	1,32	0,62	1,06	0,67	174,0
	Бабин зуб (Стара планина)	27,37	0,60	0,43	0,82	1,33	72,9

### 5.5. Промене у саставу фитоценоза проучаваних локалитета у односу на сценарио ацидификације земљишта

На основу улазних података који су објашњени у поглављу Материјал и методе у Табели 37 су представљене критичне вредности киселих депозиција сумпора (S) и азота (N), прекорачења и статус екосистема (за рН 4,0).

**Табела 37:** Критичне вредности киселих депозиција сумпора (S) и азота (N), прекорачења и статус екосистема (за рН 4,0).

Локалитети	CL.S/2100	CL.N/2100	прекорачење S - 2100	прекорачење N-2100	Статус екосистема у односу на ацидификацију
	eq/ha/год.	eq/ha/год.	eq/ha/год.	eq/ha/год.	
	рН 4,0				
Дивчибаре	2766,5	2766,5	0	0	S-2010
Камена гора	1895,9	1895,9	0	0	S-2010
Крваве баре (Стара планина)	2123,7	2123,7	0	0	S-2010
Пајино пресло (Копаоник)	2742,9	2742,9	0	0	S-2010
Сребрнац (Копаоник)	2029,9	2029,9	0	0	S-2010
Власина	2010,8	2010,8			
Копрен (Стара планина)	1974,5	1974,5	0	0	S-2010
Бабин зуб (Стара планина)	3169,8	3169,8	0	0	S-2010

Легенда: CL (S, N) – критичне вредности киселих депозиција сумпора, односно азота; S-2010: S – стабилан (безбедан) екосистем.

Из Табела 37 и 38 се може уочити да су земљишта на локалитетима Дивчибаре, Пајино пресло и Бабин зуб мање осетљива на киселе депозиције S и N у односу на земљишта са осталих локалитета. Управо на



овим локалитетима забележен је највиши капацитет катјонске измене као и садржај базних катјона у земљишту.

Добијени резултати указују да се на проучаваним локалитетима за изабрану критичну вредност рН 4.0 у односу на досадашњи тренд смањења киселих депозиција не очекујују прекорачења критичних вредности S и N. Симулација показује да су последња прекорачења (за изабрани критеријум рН 4.0) забележена између 1975. и 1980. год., и да се након фазе опоравка ови локалитети налазе у стабилном стању.

**Табела 38:** Критичне вредности киселих депозиција сумпора (S) и азота (N), прекорачења и статус екосистема (за рН 4,2).

Локалитети	CL.S/2100	CL.N/2100	прекорачење S - 2100	прекорачење N-2100	Статус екосистема у односу на ацидификацију
	eq/ha/год.	eq/ha/год.	eq/ha/год.	eq/ha/год.	
	рН 4,2				
Дивчибаре	1659,7	1659,7	120,17	120,17	S-2010
Камена гора	1361,1	1361,1	238,92	200	D-2010
Крваве баре (Стара планина)	1439,2	1439,2	180,4	180,4	D-2010
Пајино пресло (Копаоник)	1651,6	1651,6	0	0	S-2010
Сребрнац (Копаоник)	1407	1407	196,48	196,48	D-2010
Власина	1400,5	1400,5	199,76	199,76	D-2010
Копрен (Стара планина)	1388	1974,5	0	0	S-2010
Бабин зуб (Стара планина)	1797,9	3169,8	0	0	S-2010

Легенде: CL (S, N) – критичне вредности киселих депозиција сумпора, односно азота; S-2010: S – стабилан, безбеда; D-2010: D-оштећен екосистем.

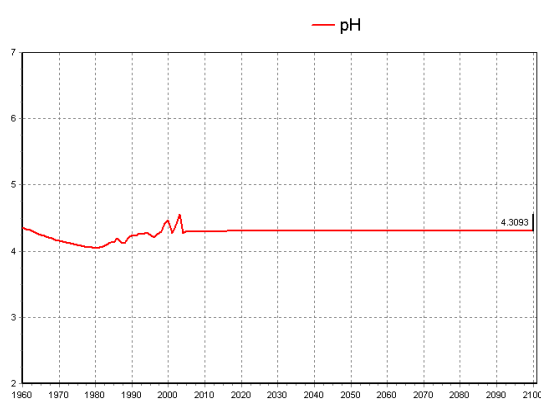
Са друге стране, модел показује да, уколико се као гранични критеријум за изабране локалитете дефинише рН 4.2 прекорачења депозиција S и N постоје, изузев у земљиштима на локалитетима Пајино

пресло, Бабин зуб и Копрен (Табел 37). Када је реч о стабилности екосистема у периоду до 2100. год. при истој вредности рН, из табеле 37 се уочава да модел предвиђа да ће екосистеми на локалитету Дивчибаре, Пајино пресло, Бабин зуб и Копрен бити стабилни, док се у осталим екосистемима проучаваних локалитета, уколико се настиви овакав тренд киселих депозиција, могу очекивати негативне последице (оштећења).

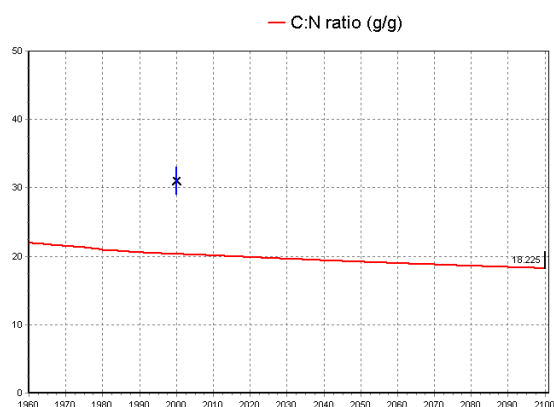
Поред наведених анализа, VSD моделом, за дате услове, за сваки локалитет, приказан је тренд односа рН вредности и C/N (однос угљеника и азота) за временски период од 1960. до 2100. године, у слоју земљишта до 20 cm. Такође, за сваки локалитет издвојене су врсте које се у фитоценозама јављају са највећом покровношћу, како би се моделом анализирао промена покривности тих врста и врста рода *Vaccinium* у заједници, током времена.

### 5.5.a Дивчибаре

У зависности од промене рН и C/N у земљишту, током времена може доћи и до промене у структури биљне заједнице. Из тог разлога је за сваки локалитет представљена промена ових вредности у земљишту током дефинисаног времена.



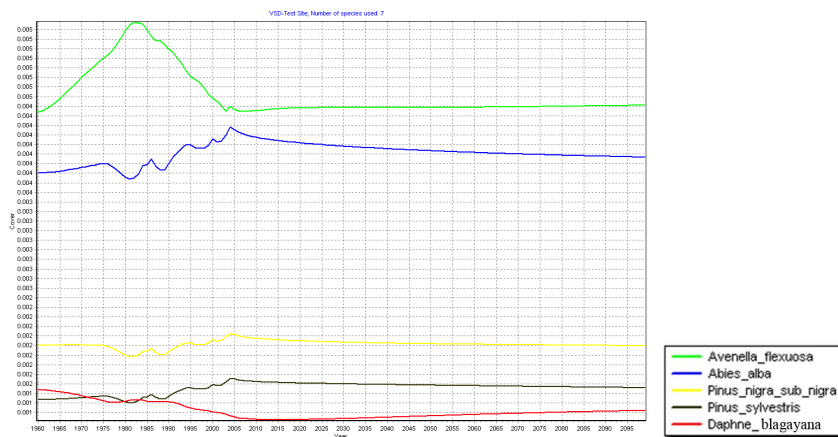
Слика 39: Промена рН вредности у земљишту током времена на локалитету Дивчибаре.



Слика 40: Промена C/N у земљишту током времена на локалитету Дивчибаре.

На Сликама 39 и 40 је приказан тренд рН вредности и однос С/Н за временски период од 1960. до 2100. године, у слоју земљишта до 20 cm за локалитет Дивчибаре.

На локалитету Дивчибаре, моделом је праћена промена покривности следећих врста: *Pinus nigra*, *P. sylvestris*, *Erica herbacea* (Syn. *Erica carnea*), *Daphne blagayana*, *Avenella flexuosa* (Syn. *Deschampsia flexuosa*) и *Vaccinium myrtillus*. На основу резултат који су приказани на Слици 41 се може уочити да модел не предвиђа промене покривности за врсте *Vaccinium myrtillus* и *Erica herbacea*. Од осталих врста, које су праћене у моделу, значајније промене у покривности су се дешавале у периоду између 1960 и 2004. год. (Слика 31).

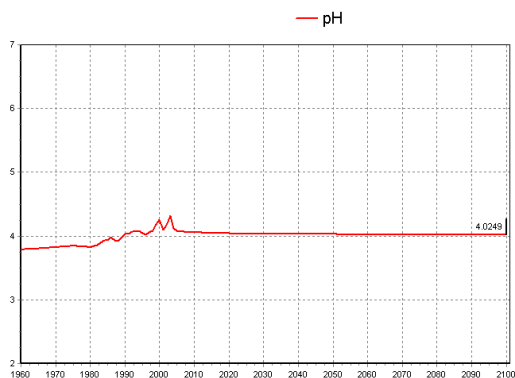


**Слика 41:** Промена покривности карактеристичних врста фитоценозе током времена на локалитету Дивчибаре.

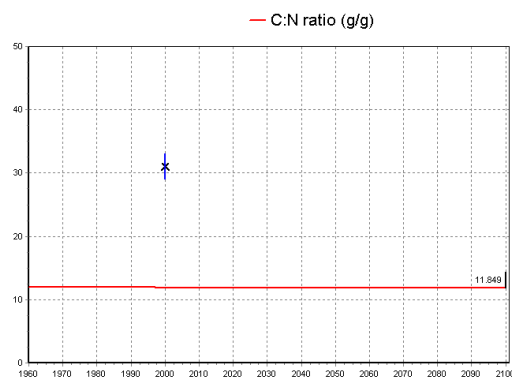
Од 2010. год. до 2100. год. покривност врста *Daphne blagayana* и *Avenella flexuosa* ће расти, док ће се покривност врста *Pinus nigra*, *P. sylvestris* и *Abies alba* смањивати. Међутим, ове промене нису велике.

### 5.5.6 Камена гора

Тренд рН вредности и односа С/Н (однос угљеника и азота) за временски период од 1960. до 2100. године, у слоју земљишта до 20 cm за локалитет Камена гора приказан је на Сликама 42 и 43.

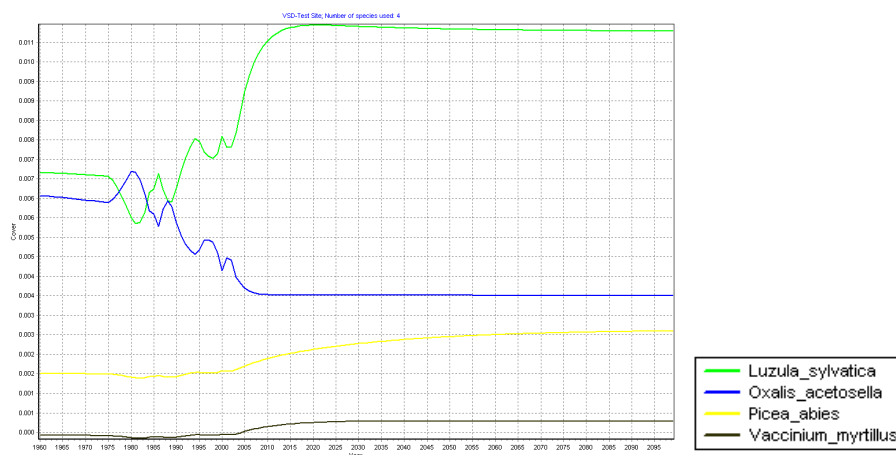


Слика 42: Промена рН вредности у земљишту током времена на локалитету Камена гора.



Слика 43: Промена С/Н у земљишту током времена на локалитету Камена гора.

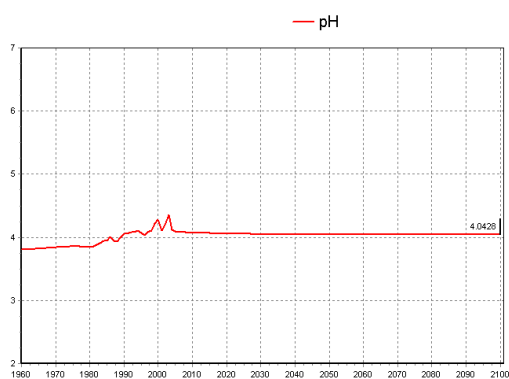
Врсте чија је покривност праћена током времена на локалитету Камена гора су: *Picea abies*, *Luzula sylvatica*, *Oxalis acetosella* и *Vaccinium myrtillus* (Слика 44). На графикону се уочава да до 2010. год. покривност врсте *Oxalis acetosella* се мења, расте и опада, али је у односу на 1960. покривност ове врсте у 2010. мања. Од 2010. до циљне године њена покривност остаће непромењена. Покривност врста *Picea abies* и *Luzula sylvatica* расте од 2002. год., при чему је тај пораст упадљивији код врсте *Luzula sylvatica*. Од 2005. год. покривност врсте *Vaccinium myrtillus* расте.



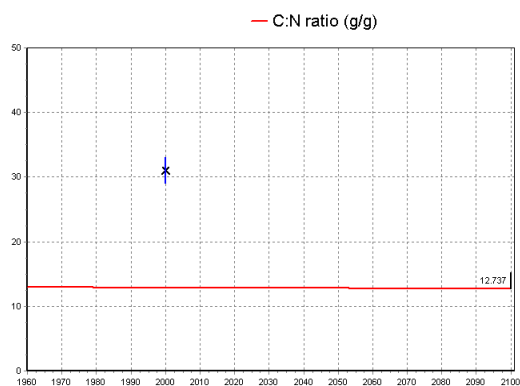
Слика 44: Промена покривности карактеристичних врста фитоценозе током времена, на локалитету Камена гора.

### 5.5.в Сребрнац (Копаоник)

На основу резултата који се односе на тренд промене рН вредности и односа С/Н у земљишту током времена (Слика 45 и 46) се уочава да на локалитету Сребрнац (Копаоник) нема значајних промена.

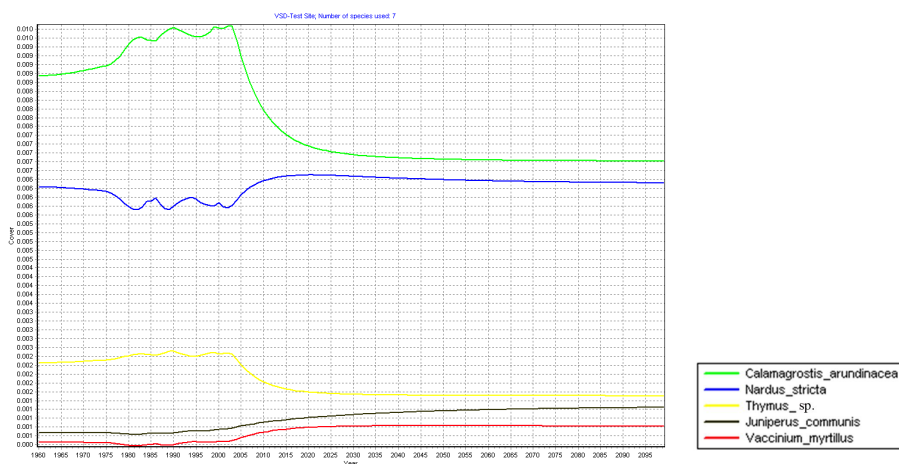


Слика 45: Промена рН вредности у земљишту током времена на локалитету Сребрнац (Копаоник).



Слика 46: Промена С/Н у земљишту током времена на локалитету Сребрнац (Копаоник).

Врсте чија се промена покривности прати, током времена, на овом локалитету су: *V. myrtillus*, *V. uliginosum*, *Juniperus communis*, *Calamagrostis arundinacea*, *Nardus stricta* и *Thymus sp.* (Слика 47).

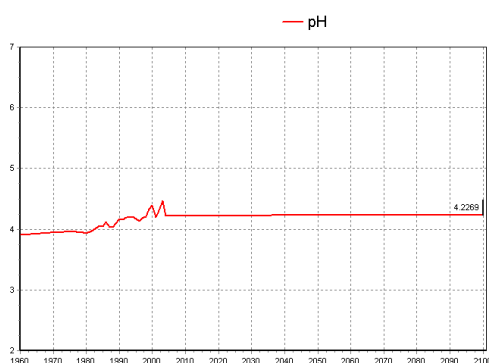


Слика 47: Промена покривности карактеристичних врста фитоценозе током времена.

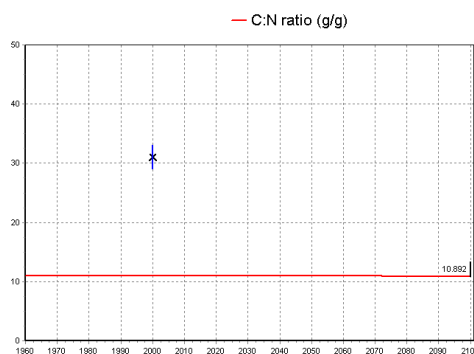
Највеће промене у покровности врста се констатују за врсту *Calamagrostis arundinacea* чија покровност од 2003. год. нагло пада до 2025., након чега ће се наставити благи пад покровности до циљне године. Покровност врсте *Nardus stricta* по моделу показује осцилације у периоду између 1975. и 2015. год., након чега ће покровност остаати стабилна све до 2100. год. Од 2005. до 2015. год. покровност врсте *Thymus sp.* опада, након чега ће до циљне године остати непромењена. Промене покровности врста *V. myrtillus* и *Juniperus communis* имају исти тренд. Покровност ове две врсте расте постепено од 2000 до 2035. год., а даље, до 2100. ће бити стабилна. Међутим, модел не предвиђа промене покровности врсте *V. uliginosum* на овом локалитету.

#### 5.5.г Пајино пресло (Копаоник)

Примењени модел предвиђа да ће однос C/N током праћеног периода бити стабилан, а да се рН вредност мења до 2005., а затим је стабилан (Слике 48 и 49).

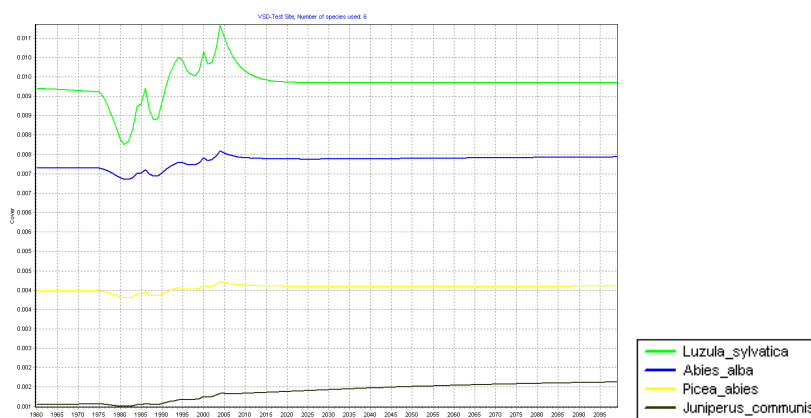


Слика 48: Промена рН вредности у земљишту током времена на локалитету Пајино пресло (Копаоник).



Слика 49: Промена C/N у земљишту током времена на локалитету Пајино пресло (Копаоник).

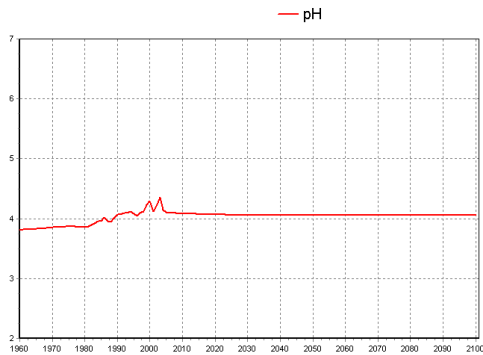
На Слици 50 је приказан тренд промене покривности за одређене врсте на локалитету Пајино пресло (Копаоник). Врсте које су овим моделом праћене су: *Luzula sylvatica*, *Picea abies*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Abies alba* и *Juniperus communis*. Модел не предвиђа промене покривности за врсте *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea* и *V. uliginosum*. Према моделу, до 2004. године покривност врсте *Luzula sylvatica* се значајно није мењала, повећавала се и смањивала (Слика 50). Од 2004. до 2015. покривност врсте пада и остаје стабилна до циљне године. Покривност врсте *Abies alba* током праћеног периода показује варирања, али она нису од великог значаја, што се може констатовати и за врсту *Picea abies*. Покривност врсте *Juniperus communis* ће се повећавати од 1980. до циљне године, али у малом степену (Слика 50).



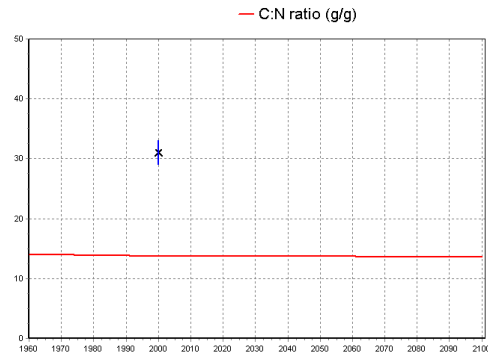
Слика 50: Промена покривности карактеристичних врста фитоценозе током времена, на локалитету Пајино пресло (Копаоник).

#### 5.5.д Власина

На Сликама 51 и 52 је приказан тренд рН вредности и однос С/Н (однос угљеника и азота) за временски период од 1960. до 2100. године, у слоју земљишта до 20 cm за локалитет Власина.

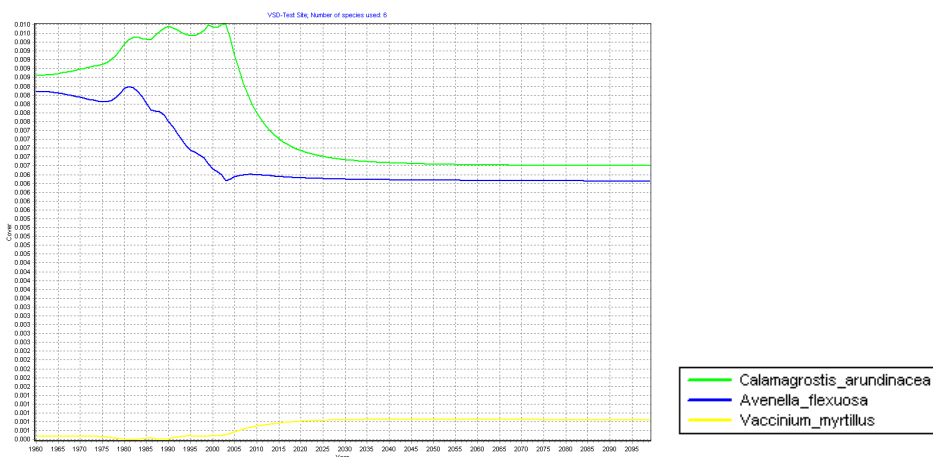


Слика 51: Промена рН вредности у земљишту током времена на локалитету Власина.



Слика 52: Промена С/Н у земљишту током времена на локалитету Власина.

На локалитету Власина током времена моделом је праћена покривност следећих врста: *Bruckenthalia spiculifolia*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Avenella flexuosa* и *Calamagrostis arundinacea* (Слика 53).



Слика 53: Промена покривности карактеристичних врста фитоценозе током времена, на локалитету Власина

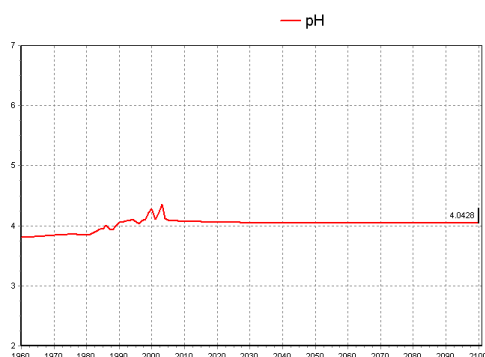
За врсте *V. vitis-idaea* и *V. uliginosum* модел не региструје промене покривности, као ни за врсту *Erica herbacea*. Тренд промене покривности врсте *Calamagrostis arundinacea* на локалитету Власина, исти је као и на локалитету Сребрнац (Копаоник). Наиме, највеће промене покривности се констатују за врсту *Calamagrostis arundinacea* чија покривност од 2003. год.



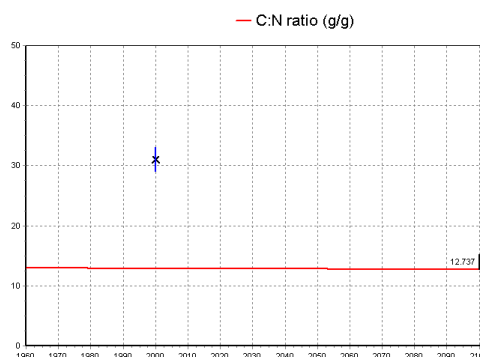
нагло пада до 2025., након чега ће се наставити благи пад покровности до циљне године. Покровност врсте *Avenella flecuosa* се смањивала у периоду између 1976. и 2003. год. Даље, током времена покровност врсте остаје стабилна. Модел предвиђа повећање покровности врсте *Vaccinium myrtillus* од 2000. до 2015., након чега ће уследити стабилан период.

### 5.5.б Копрен (Стара планина)

Примењени модел предвиђа да ће тренд рН вредности и односа С/Н остати стабилан за постављени низ година (Слика 54 и 55).



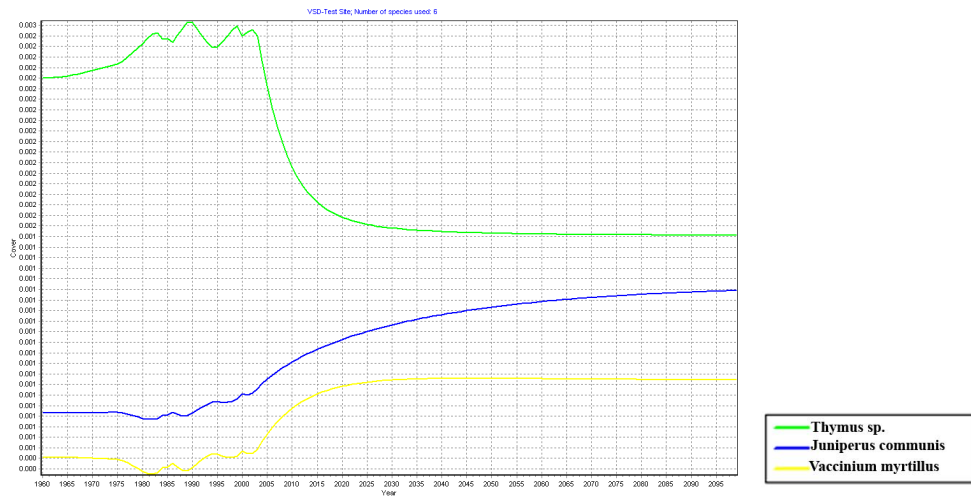
Слика 54: Промена рН вредности у земљишту током времена на локалитету Копрен (Стара планина).



Слика 55: Промена С/Н у земљишту током времена на локалитету Копрен (Стара планина).

На Слици 56 је представљен тренд промене покровности издвојених врста током времена. Врсте чија је покровност праћена моделом су: *V. myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Bruckenthalia spiculifolia*, *Juniperus communis*, *Luzula multiflora* и *Thymus sp.*. Од наведених врста модел предвиђа промене покровности за три врсте: *V. myrtillus*, *Juniperus communis* и *Thymus sp.* (Слика 46). Највеће промене у покровности модел предвиђа за врсту *Thymus sp.*, код које долази до смањења покровности од 2003. до 2020. године, након чега ће се покровност постепено стабилизовати. Од 2004. за друге две врсте предвиђа се повећање покровности до 2030. за врсту *V.*

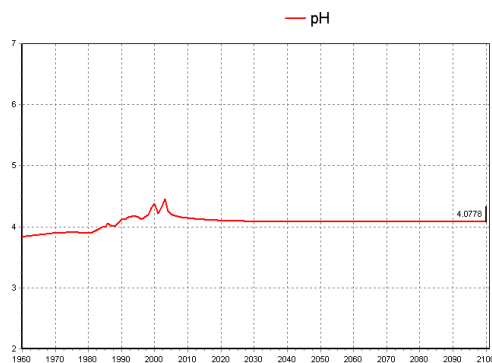
*myrtillus*, од када ће почети стабилизација, односно до 2090. за врсту *Juniperus communis*, након чега ће уследити стабилизација (Слика 56).



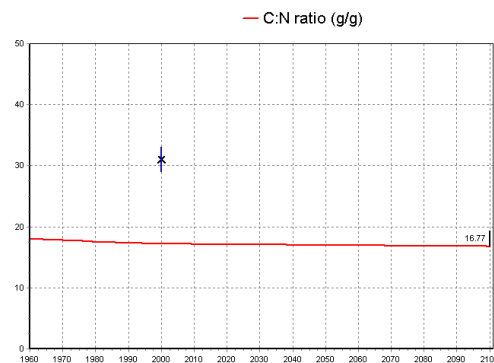
Слика 56: Промена покровности карактеристичних врста фитоценозе током времена, на локалитету Копрен (Стара планина).

#### 5.5.е Кржаве баре (Стара планина)

Примењени модел предвиђа да ће тренд рН вредности и односа С и N остати стабилан за постављени низ година (Слика 57 и 58).

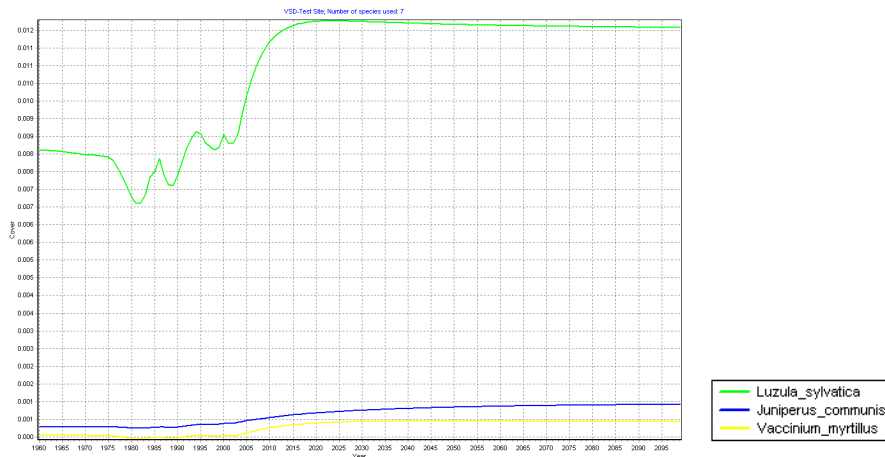


Слика 57: Промена рН вредности у земљишту током времена на локалитету Кржаве баре (Стара планина).



Слика 58: Промена С/Н у земљишту током времена на локалитету Кржаве баре (Стара планина).

На Слици 59 је представљен тренд промене покривности издвојених врста током времена. Врсте чија је покривност праћена моделом су: *Juniperus communis*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Bruckenthalia spiculifolia*, *Luzula luzuloides*, *Luzula sylvatica*. Од наведених врста модел предвиђа промене покривности за три врсте: *V. myrtillus*, *Juniperus communis* и *Luzula sylvatica* (Слика 49). Према моделу промене покривности ове врсте у смислу смањења и повећања дешавале су се у периоду између 1975. и 2002. Од 2002. до 2020. Покривност ће се повећати, да би до циљне године била, може се рећи, стабилна. Покривност врсте *V. myrtillus* и *Juniperus communis* расте од 2005. године (Слика 48).

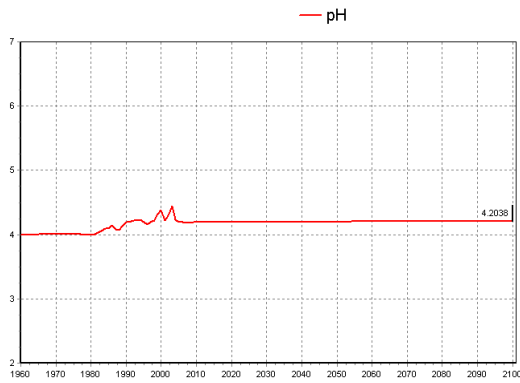


Слика 59: Промена покривности карактеристичних врста фитоценозе током времена, на локалитету Крваве баре (Стара планина).

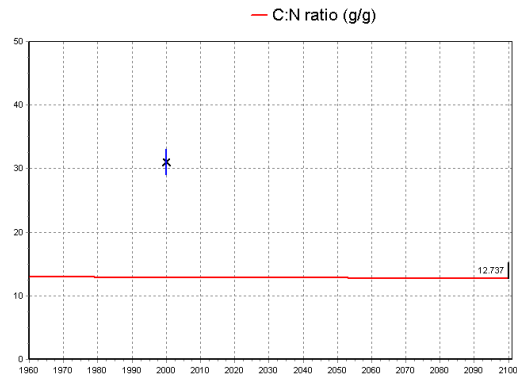
### 5.5.ж Бабин зуб (Стара планина)

Примењени модел, за локалитет Бабин зуб (Стара планина) предвиђа да ће тренд рН вредности и однос С/Н остати стабилан за постављени низ година (Слике 60 и 61).

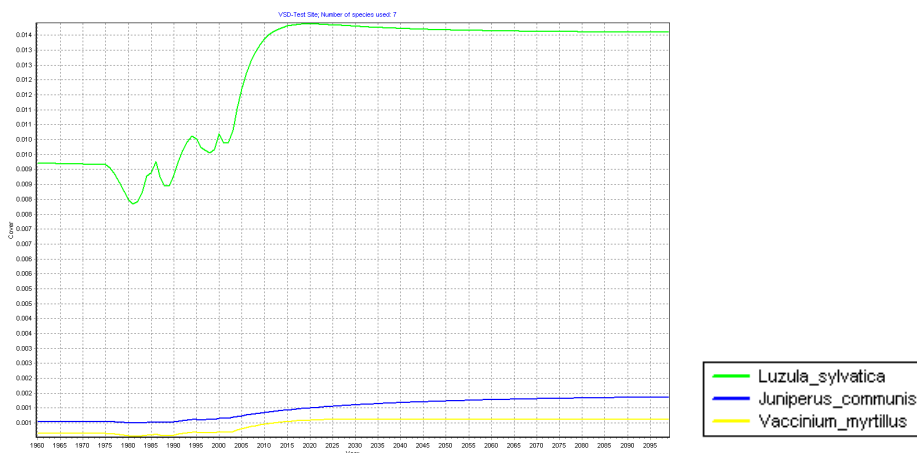
На Слици 62 је представљен тренд промене покривности издвојених врста током времена. Врсте чија је покривност праћена моделом су: *Juniperus communis*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Bruckenthalia spiculifolia*, *Luzula luzuloides*, *Luzula sylvatica*.



Слика 60: Промена рН вредности у земљишту током времена на локалитету Бабин зуб.



Слика 61: Промена С/Н у земљишту током времена на локалитету Бабин зуб.



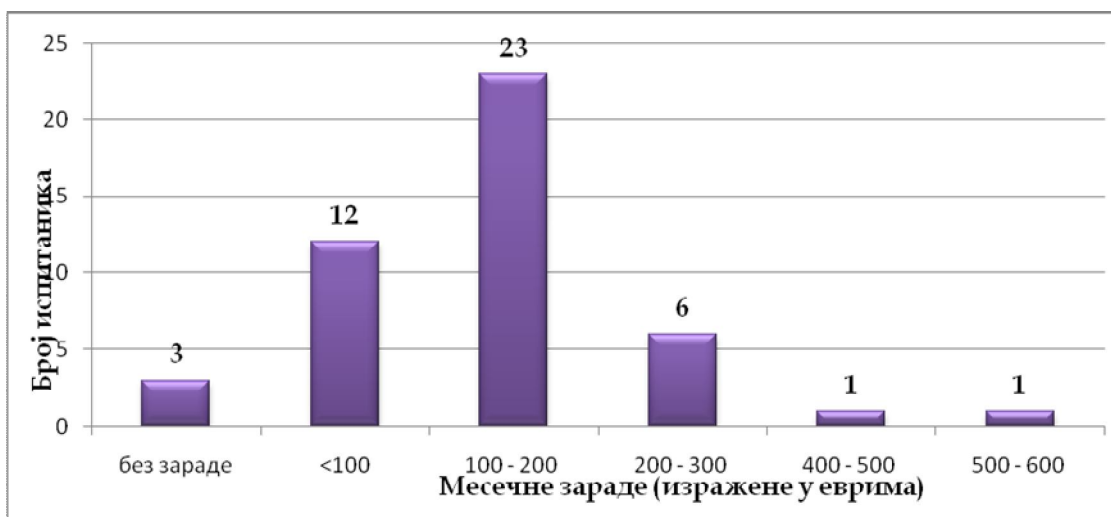
Слика 62: Промена покровности карактеристичних врста фитоценозе током времена, на локалитету Бабин зуб (Стара планина).

Од наведених врста модел предвиђа промене покровности за три врсте: *V. myrtillus*, *Juniperus communis* и *Luzula sylvatica* (Слика 62). Према моделу промене покровности ове врсте у смислу смањења и повећања дешавале су се у периоду између 1975. и 2002. Од 2002. до 2020. покровност ће се повећати, да би до циљне године била, може се рећи, стабилна. Покровност врсте *V. myrtillus* и *Juniperus communis* расте од 2005. године (Слика 52).

## 5.6. Социоекономски аспекти сакупљања врсте *Vaccinium myrtillus* на подручју Националног Парка Копаоник

### 5.6.a Социоекономски подаци

У истраживањима социјалних аспеката сакупљања врсте *Vaccinium myrtillus* (боровница) је учествовало становништво из неколико села са подручја општине Брус (Равниште, Жиљци, Грашевци, Блажево, Паљевштица, Влајковци и Брзеће). Разлог због ког је одабрана ова група испитаника је тај што становништво ових села сакупља боровницу активно дужи низ година (20 до 30 година). Истраживањем су обухваћена 52 домаћинства. Из сваког домаћинства је одабран по један представник. Од укупно 52 испитаника, 78% испитаника живи у генерално тешким материјалним условима (без месечне зараде или без редовних примања) (Слика 63).



Слика 63: Месечна зарада испитаника.

Испитаници су изјавили да поред боровнице сакупљају и друге недрвне шумске производе (као што су различите врсте гљива, клека, жир,

лешник, глог и др.), као и лековите биљке (Табела 39). Када су у питању недрвни шумски производи, испитаници их сакупљају пре свега ради продаје, а само мали део користе за сопствене потребе. Лековите биљке такође сакупљају за продају, али велики део користе у домаћинству. Сви испитаници су изјавили да највише сакупљају боровницу.

**Табела 39:** Спсак лековитих биљака и гљива које локално становништво сакупља.

Лековите биљке	Гљиве
<i>Vaccinium myrtillus</i>	<i>Boletus edulis</i>
<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Cantharellus cibarius</i>
<i>Thymus sp.</i>	<i>Suillus granulatus</i>
<i>Mentha longifolia</i>	<i>Entoloma sepium</i>
<i>Sambucus nigra</i>	<i>Amanita caesarea</i>
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Craterellus cornucopioides</i>
<i>Rosa canina</i>	<i>Morchella esculenta</i>
<i>Salix alba</i>	
<i>Symphytum officinale</i>	
<i>Geranium robertianum</i>	
<i>Melissa officinalis</i>	
<i>Urtica dioica</i>	
<i>Crataegus monogyna</i>	
<i>Galium verum</i>	
<i>Centaureum erythraea</i>	

### 5.6.б Сакупљање боровнице - употреба, количине и продаја

На основу података, добијених од седамнаест испитаника, је уочено да се количина сакупљених плодова повећава из године у годину, услед финансијских проблема локалног становништва условљених постојећом економском ситуацијом. Према испитаницима тренд повећања сакупљања боровнице је условљен и повећањем природних популација боровнице. Наиме, према њиховим запажањима (посебно оних испитаника који боровницу сакупљају 20 до 30 година, као и оних у чијим се породицама боровница сакупљала генерацијама) боровница се „шири“ и на она

подручја која су некада служила за испашу стоке, које данас на Копаонику нема. Спирманов коефицијент корелације (Spearman's correlation coefficient) између варијабли „тренд у сакупљању боровнице“ и „конфликт“ је  $.301 * (df = 52, p < .05)$  што показује да испитаници који из године у годину сакупљају све веће количине боровнице имају конфликт са администрацијом ЈП „НП Копаоник“ (Табела 40).

**Табела 40:** Коорелације између социо - економских варијабли.

Варијабле	Године	Образовање	Зарада	Тренд	Количина	Продаја	Конфликт
Пол	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Године		NS	NS	NS	NS	-. 336	NS
Образовање			NS	NS	NS	NS	NS
Зарада				NS	NS	NS	NS
Тренд					NS	NS	.301
Количина						NS	NS
Продаја							NS
Конфликт							

**Легенда:** Пол – Пол испитаника; Године – Године испитаника; Зарада – Зарада по домаћинству; Тренд – Тренд у сакупљању врсте; Количина – Количина сакупљених плодова; Продаја – Потреба за продајом сакупљених плодова; Конфликт – Конфликт са администрацијом НП.

NS – статистички није значајно

Ниво значајности установљен т –тестом:  $P < 0,05$ .

Сви испитаници су изјавили да боровницу сакупљају како у комерцијалне сврхе, тако и за употребу у домаћинству. Оно што је битно приметити је да млађи берачи боровницу сакупљају, првенствено да би је продавали. Спирманов коефицијент корелације (Spearman's correlation coefficient) између варијабли „године испитаника“ и „сакупљање боровнице ради продаје“ износи  $-. 336 * (df = 52, p < .05)$  и показује да старији берачи имају негативан став према продаји боровнице (Табела 40).

Када је реч о начину на који се сакупљају плодови боровнице, 49 од 52 испитаника је одговорило да у ту сврху користи бераљку или гребен. Са друге стране, сви испитаници су информисани да је употреба техничких средстава за брање боровнице забрањена, а да је једини дозвољен начин сакупљања плодова боровнице руком.

На питање да ли су упознати са ограничењима која се односе на количину сакупљених плодова боровнице, двадесет шест испитаника су одговорили да ограничења не постоје, двадесет један испитаник је изјавио да зна да ограничења постоје али не и колика су, док су пет испитаника одговорили да није упознато са тим да ли таква ограничења постоје.

Међу локалитетима, које су испитаници навели као места на којима сакупљају боровницу, су и они који се налазе на простору са режимом заштите I степена (као што су Гобеља, Дубока, Јелак, Метође, Суво рудиште, Јанкове баре и др.), у којима је, иначе, забрањено коришћење природних ресурса.

Једно од најважнијих питања постављено испитаницима се односило на њихову спремност да учествују у програмима едукације о одрживом сакупљању боровнице, односно природних ресурса уопште. Тридесет осам испитаника (73%) су одговорили да би учествовали у оваквим програмима, док четрнаест сматра да такви програми нису потребни с обзиром на то да већ деценијама сакупљају боровницу.

На основу спроведеног интервјуа, уочава се да су сви испитаници упознати са лековитим карактеристикама врсте. У домаћинствима од ове врсте се употребљавају плодови и листови.

## 5.6.в Резултати интервјуа са експертима

Резултати разговора са експертима из ЈП „НП Копаоник“ и Завода за заштиту природе Србије указују на чињеницу да постоји конфликт између берача и администрације НП. Сви експерти се слажу да је сакупљање боровнице на територији НП неодрживо. Употреба бераљки



или гребена за сакупљање плодова, време почетка бербе, сакупљање боровнице на просторима са режимом заштите I степена, као и неконтролисано и прекомерно сакупљање на просторима са режимом заштите II и III степена су разлози због којих се овакво сакупљање може окарактерисати као неодрживо.

Поред тога, сви експерти препознају да је сиромаштво најзначајнији фактор који условљава неодрживу експлоатацију природних ресурса у заштићеним добрима. Наиме, локално становништво сакупља све веће количине боровнице, пошто све више зависи од оваквог вида зараде што је последица губитка посла. У том смислу, сви експерти се слажу да када би локално становништво имало бољи економски статус имало би позитивнији став према заштићеним подручјима.

Експерти Завода за заштиту природе Србије сматрају да је Законом о заштити природе (Службени гласник РС, бр. 9/2010) јасно прописан начин на који се врши контрола сакупљања недрвних шумских производа и лековитих биљака, али да ЈП „НП Копаоник“ не имплементира закон, иако је то његова обавеза као стараоца овог добра. Такође, експерти износе чињеницу да ЈП „НП Копаоник“ не врши едукацију берача за сакупљање природних ресурса, иако је у обавези да то ради.

## 6. ДИСКУСИЈА

### 6.1. Морфо-анатомска истраживања листова проучаваних врста

Да би опстале у различитим условима спољашње средине, морфолошке особине широко распрострањених биљних врста, често, варирају у значајној мери. Листови биљака су изложени утицајима из спољашње средине више него било који други биљни орган, па се промене њихових карактеристика тумаче као адаптације на специфичне услове станишта (Leymarie *et al.*, 1999; Charles *et al.*, 2003).

Kofidis *et al.* (2007) су проучавали величину листова врсте *Clinopodium vulgare* и пронашли да су то органи који подносе значајне промене услед комбинованог дејстава надморске висине и годишњег доба. Листови биљака које су расле на најнижим надморским висинама били су најситнији у августу и октобру, у поређењу са оним врстама које су расле на вишим надморским висинама. Пре јула, најмањи листови констатовани су код биљака које су расле на највишим надморским висинама.

Када је реч о проучаваној врсти *V. myrtillus*, дужина и ширина листова се не може повезати са променом надморске висине локалитета, са којих су биљке узорковане. Међутим, у случају измереног карактера „површина листа“ може се констатовати да индивидуе са локалитета који се налазе на најнижим надморским висинама Дивчибаре (960 m) и Камена гора (1226 m) имају највеће измерене вредности овог карактера, у поређењу са биљкама које су узорковане на локалитетима који се налазе на вишим надморским висинама: Јавор (Стара планина - 1561 m), Сребрнац (Копаоник -1762 m) и Копрен (Стара планина - 1797 m). Код врста *V. vitis - idaea* и *V. uliginosum* се не може констатовати повезаност између надморске висине локалитета и варирања у испитиваним морфолошким карактеристикама.

Према неким ауторима (Morecroft и Woodward, 1996; Cordell *et al.*, 1998; Као и Chang, 2001), у великом броју случајева, ситнији листови врста које расту на већим надморским висинама условљени су ниском температуром ваздуха. У случају проучаване врсте *V. myrtillus*, најмање вредности за карактер „површина листа“ управо су констатоване код оних популација узоркованих са локалитета Копрен (Vm1), Јавор (Vm4) и Сребрнац (Vm2) где су просечне годишње температуре ниже у односу на просечне годишње температуре Дивчибара и Камене горе.

Према Velazquez-Rosas *et al.* (2003), највећа варијабилност листова у зависности од надморске висине на којој биљке расту пронађена је за неке анатомске карактере листова (дебљина листа, као и дебљина палисадног и сунђерастог ткива). Таква варијабилност повезана је са морфометријским варијаблама, посебно површином листа. Смањење површине листа са повећањем надморске висине могло би се повезати са редукцијом температуре (Dilcher, 1973; Leigh, 1975; Dolph и Dilcher, 1980; Ohsawa, 1990; Tang и Ohsawa, 1999).

Membrives *et al.* (2003) су установили повезаност између процента глине у земљишту и дужине листа. Према њиховим истраживањима биљке које су расле на земљиштима са већим процентом глине имале су мање листове и обрнуто. Међутим, према резултатима који су добијени за проучаване врсте рода *Vaccinium*, дискусија би била супротна. Најдужи листови код све три врсте констатују се за оне популације које су расле на земљишту са највећим процентом глине: на локалитету Дивчибаре за врсту *V. myrtillus*, на локалитету Јавор (Стара планина) за врсту *V. vitis-idaea* и на локалитетима Јавор (Стара планина) и Сребрнац (Копаоник) за врсту *V. uliginosum*. Стевановић и Јанковић (2001) наводе да индивидуе, одређене врсте, које расту на земљиштима развијеним на серпентиниту одликују листови који су ситнији или ужи, у односу на индивидуе које расту на земљиштима која се развијају на кречњаку или другим земљиштима. Када је реч о проучаваним врстама, једино популације врсте

*V. myrtillus*, узорковане на локалитету Дивчибаре, се развијају на серпентинитском земљишту. Међутим, компарацијом мерених морфолошких карактера листова свих популација врсте *V. myrtillus*, може се констатовати да листови популација са локалитета Дивчибаре нису ситнији у односу на листове других популација.

Membrives *et al.* (2003), такође у својим истраживањима, износе податак да врсте које расту у подручјима са већом количином падавина имају дуже листове. Резултати добијени за врсту *V. myrtillus* показују исти тренд. Најдужи листови за ову врсту констатовани су на локалитетима Дивчибаре и Камена гора, где је годишња количина падавина већа у односу на друге анализиране локалитете. Међутим, оваква коорелација између количине падавина и дужине листова се не може коментарисати за друге две врсте (*V. vitis – idaea* и *V. uliginosum*).

Анализе основних компонената (РСА) указује да су карактери „дебљина листа“ и „површина листа“ имале значајан утицај, било у оквиру РС1 било у оквиру РС2, на распоред појединачних јединки у популацијама све три проучаване врсте.

На основу кластер анализе, за врсту *V. myrtillus* се може рећи да географска блискост локалитета није условила начин повезивања популација. Оно што је утицало на овакву конекцију може бити надморска висина, као и у случају карактера „површина листа“. Листови врсте *V. myrtillus*, оних популација које су сакупљене на локалитетима који се налазе на највишим надморским висинама Копрен – Стара планина (1797 м), Сребрнац – Копаоним (1762 м) имају дебље листове у поређењу са листовима врста популација које су сакупљене на нижим надморским висинама. Такође, ниво везивања популација врста *V. vitis – idaea* и *V. uliginosum* није условљен близином локалитета са којих популације потичу. Међутим, међу популацијама врста *V. vitis – idaea* и *V. uliginosum* нису пронађене разлике у дебљини листова, које су условљене променом надморске висине. Са друге стране, ако се обрати пажња на надморске

висине локалитета са којих су узорковане јединке ове две врсте, може се уочити да разлике између надморских висина локалитета нису тако изражене. Поред тога, на основу добијених резултата за популације врсте *V. myrtillus*, уочава се да су наведени локалитети на којима су измерене највеће вредности за карактер „дебљина листа“ имали нижу просечну годишњу температуру ваздуха, у односу на оне популације које су сакупљене са локалитета где је просечна годишња температура виша.

У односу на све срединске факторе, ниске температуре имају најзначајнији утицај на метаболизам биљака и издвајају се као најважнији фактори који детерминишу структурне и физиогномске карактеристике биљака (Leigh, 1975; Grubb, 1977; Whitmore, 1984; Jones, 1992; Cavelier, 1996). Leigh (1975) је утврдио да ниже температуре утичу на смањење раста ћелија.

Поређењем измерених вредности за све проучаване карактере, свих популација, уочава се да врста *V. vitis-idaea* има највеће вредности за карактере: „дебљина палисадног ткива“, „дебљина сунђерастог ткива“ и „дебљина листа“. Овакви резултати су очекивани с обзиром да се ради о врсти која има вечнозелене склерификоване листове. Вечнозелени склерификовани листови се одликују дебљим листовима у односу на листове мезофита, као и снажније развијеним мезофилом (Levitt, 1980; Larcher, 1995).

Кластер анализа морфо-анатомских карактеристика листова проучаваних врста потврђује постојање генетичке варијабилности између популација, као и постојање диференцијације између врста.

## 6.2. Молекуларно-генетичка истраживања

### 6.2.1. Веродостојност података добијених RAPD молекуларним маркерима

У популационој биологији користе се различите PCR технике (eng. polymerase chain reaction – полимеризована ланчана реакција). Међу њима, најчешће коришћене су RAPD, AFLP, ISSR и SSR технике (Maheswaran, 2004).

RAPD техника (engl. Random amplified polymorphic DNA - насумично амплификована полиморфна DNA) подразумева употребу арбитрарног, најчешће, десетимерног прајмера (10 бп) који хибридује са комплементарним фрагментом ДНК (Li *et al.*, 2006). Техника је погодна јер се користи прајмер произвољне секвенце да би се амплификовао анонимни регион генома, што значи да претходно познавање циљне секвенци ДНК није неопходно (Weder, 2002; Semagn *et al.*, 2006). RAPD техника омогућује брзо добијање резултата, мање је скупа метода у поређењу са другим PCR методама (Arif и Khan, 2009). Пошто у оквиру генома постоји више места на којима може доћи до хибридизације једног истог RAPD маркера, то значи да један RAPD маркер детектује велики број локуса у геному те се ова метода сматра мулти-локус методом као и AFLP метода (IPGRI and Cornell University, 2003). Дакле, предности ове методе су брзина, једноставност и чињеница да раније информације о генотипу биљке нису неопходни (Li *et al.*, 2006; Arif *et al.*, 2010). Као резултат оваквих карактеристика технике, RAPD молекуларни маркери често су коришћени за таксономску и систематску анализу биљака (Bartish *et al.*, 2000), као и за проучавање генетичког диверзитета и генетичких односа различитих биљних таксона (Ranade *et al.*, 2001; Archak *et al.*, 2003).

Са друге стране, ова техника има и своје недостатке (IPGRI and Cornell University, 2003; Semagn *et al.*, 2006). RAPD маркери су доминантни, због чега се на сваком локусу може детектовати само два алела (присуство

или одсуство траке). То значи да се хетерозиготи и доминантни хомозиготи не могу разликовати (IPGRI and Cornell University, 2003; Semagn *et al.*, 2006). Поред тога, одсуство траке као резултат недостатка циљне секвенце се не може разликовати од одсуства траке као резултат начина амплификације (лош квалитет ДНК), што доприноси двосмислености у тумачењу резултата. Следећи проблем је репродуцибилност (поновљивост), који може настати из различитих разлога: осетљивост методе на промену квалитета ДНК, PCR компоненте, PCR услови (Wolff *et al.*, 1993). Из тог разлога је веома важно добро стандаризовати услове под којима се ради (Micheli *et al.*, 1994; Ellsworth *et al.*, 1993; Skroch и Nienhuis, 1995; Kresovich *et al.*, 1992; Yang и Quiros, 1993). Хомологија трака се представља као још један проблем. Наиме, присуство траке идентичне молекулске тежине код различитих индивидуа није доказ, сам по себи, да те индивидуе деле исти (хомологи) ДНК фрагмент (Thormann *et al.*, 1994; Pillay и Kenny, 1995). Траке које су на основу дужине на гелу окарактерисане као идентичне могу да садрже различите редоследе нуклеотида те стога представљају не-хомологе ДНК фрагменте. То се дешава из тог разлога што гел за електрофорезу који се користи може да раздвоји ДНК квантитативно (на пр. по величини) а не може да раздвоји фрагменте исте величине квалитативно, односно на основу редоследа нуклеотида (IPGRI and Cornell University, 2003).

Међутим, упркос недостацима на које указују различити аутори, у последњој деценији употреба RAPD маркера у различитим истраживањима је честа. Велики број аутора (Wang *et al.*, 2005; Lu *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2007; Zheng *et al.*, 2008) је користио RAPD маркере за процену генетичког диверзитета различитих угрожених биљних врста. RAPD се често користи за детекцију генетичке варијабилности биљних врста. Ова техника се показала веома употребљивом за идентификацију и генотипизацију украсних биљака (De Benedetti *et al.*, 2001). Коришћењем RAPD маркера могуће је разликовати таксоне испод нивоа врсте (Vanijajiva

*et al.*, 2005; Choo *et al.*, 2009). Иста техника омогућује утврђивање постојања међуврсних хибрида у природи и избор репрезентативних биљних узорака за *ex situ* конзервацију, што је посебно битно за угрожене биљне таксоне (Garkava - Gustavsson *et al.*, 2005). Значајно је поменути да постоје радови у којима су поређени резултати генетичког диверзитета добијени RAPD и AFLP маркерима (Albert *et al.*, 2003), као и RAPD, AFLP и ISSR маркерима (Nybom, 2004) који су у корелацији.

Како би се ефекти евентуалних недостатака RAPD технике минимално одразили на резултате истраживања генетичког диверзитета и генетичке структуре врста рода *Vaccinium* на подручју Србије, услови под којима је RAPD технике рађена добро су стандардизовани. Наиме, протокол је оптимизован. Присуство секундарних метаболита, као што су полифеноли, танини и полисахариди код „бобичастих“ биљака (врста са плодовима у виду бобица) инхибира или омета PCR реакцију (Porebski *et al.*, 1997; Skorić и сар., 2012). Са старењем садржај полифенола, танина и полисахарида у листовима се повећава, што отежава добијање чисте ДНК (Porebski *et al.*, 1997). Из тог разлога, изолација ДНК је вршена из младих листова, како би принос ДНК био већи. Да би се избегла изолација поменутих секундарних метаболита употребљен је екстракциони пуфер који садржи катјонски детергент цетилтриметиламонијум бромид (СТАВ). СТАВ заједно са високим концентрацијама NaCl који се такође налази у саставу овог пуфера омогућује уклањање полисахарида, док поливинил пиролidon (PVP – polyvinyl pyrrolidone) формира комплекс са полифенолима одвајући их од ДНК, чиме се редукује садржај полифенола у крајњем продукту (Porebski *et al.*, 1997; Saghai-Marooф *et al.*, 1984). Такође, у састав пуфера улази и једињење Tris-EDTA које уклања полисахариде, полифеноле и друге обојене материје (Zhang и Stewart, 2000). Да би се из крајњег продукта уклонили протеини (који такође могу ометати детекцију ДНК), приликом изолације употребљена је смеша хлороформ : изоамил алкохол. Како би се из продукта одстранила РНК, приликом изолације



ДНК употребљена је РНаза, у трајању од 1h на температури од 37°C, што је било довољно да се РНК деградира до малих рибонуклеозида који се не могу детектовати електрофорезом на гелу (Porebski *et al.*, 1997). С циљем да се избегне проблем репродукцибилности трака, најпре је тестирано је 15 десетомерних RAPD прајмера, од којих је за даље анализе издвојено 9 на основу квалитета профила и репродукцибилности трака. Иницијално су тестиране температуре на којима су вршене денатурација, хибридизација и елоганција, као и број циклуса, како би се дошло до оптималних услова који су представљени у поглављу **Материјал и методе**.

Један од параметара који указује на успешност примењене технике је и параметар PIC. Henry (1997), De Riek *et al.* (2001) и Bolaric *et al.* (2005) наводе да је максималан вредност параметра PIC, за доминантне маркере, 0,5. Просечно, вредности за PIC су се кретале од 0,273 до 0,300, што говори да је информативност прајмера велика. На основу добијених резултата може се уочити да прајмер ОРА-13 има највећу вредности за PIC код врста *V. myrtillus* (PIC износи 0,342) и код врсте *V. vitis - idaea* (PIC износи 0,323). Информативност истог прајмера је висока и код врсте *V. uliginosum* (PIC износи 0,323), док је највећу информативност код ове врсте показао прајмер ОРА-07 (PIC износи 0,338).

### **6.2.2. Генетички диверзитет и генетичка диференцијација проучаваних популација**

Велики број емпиријских студија као и теоретских предикција током последњих неколико деценија јасно показује да на ниво генетичког диверзитета и генетичку диференцијацију популација врста у највећој мери утичу биолошке карактеристике самих врста, као што су репродуктивна стратегија, генерацијско време, животна форма, итд. (Hamrick и Godt, 1990; Bartish *et al.*, 1999; Nybom и Bartish, 2000), али и еволуциони фактори који делују на њихове популације: генетички дрифт, уска грла, ефекат оснивача, инбридинг, итд. (Ellstrand и Elam, 1993; Leimu,

*et al.* 2006; Honnay и Jacquemyn, 2006). Популације биљака се разликују по величини, густини и интерпопулационом растојању, а све то може утицати на популациону динамику, проток гена, селекционе процесе и адаптације (Wade и Goodnight, 1998; Thompson, 1999). Међутим, утицај историјских фактора је такође велики, и они могу довести до значајног одступања од очекивања заснованих на карактеристикама врста и ефектима деловања еволуционих фактора (Schaal *et al.* 1998).

Испитиване врсте рода *Vaccinium*: *V. myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea* су дугоживеће, једнодоме и страноопходне врсте код којих је у одређеном степену присутна и самоопходња. Њихови цветови су хермафродитни и опрашују их инсекти а семена разносе птице (Ritchie, 1955, 1956; Jacquemart, 1996; Jacquenart и Thompson, 1996). Код врста са таквим карактеристикама се очекује висок ниво генетичког диверзитета у популацијама и самим врстама, као и мала диференцијација њихових популација услед ефикасног протока гена (полена и семена) између њихових популација (Hamrick и Godt, 1990; Bartish *et al.*, 1999; Nybom и Bartish, 2000). Међутим, све три врсте се могу размножавати и вегетативно и због таквог мешовитог начина размножавања спадају у групу клоналних биљака. Предност оваквог начина размножавања се састоји у могућности смене генеративног и вегетативног начина размножавања у зависности од услова животне средине а у циљу опстанка у хетерогеним условима животне средине. Удео клонског размножавања у репродуктивној стратегији оваквих врста може бити различит те стога може у различитом степену утицати на ниво генетичког диверзитета и диференцијацију популација. Наиме, код клоналних биљака, очекивања у вези нивоа генетичког диверзитета и структурирања популација су другачија, и показано је да велики број таквих биљака поседује низак ниво генетичког диверзитета (Hamrick и Godt, 1990; Bartish *et al.*, 1999; Nybom и Bartish, 2000). Уколико код таквих биљака преовладава вегетативно размножавање, не постоји могућност да се генетички диверзитет у популацији повећа

осим у случају појаве соматских мутација које су релативно честе код клонова (Vallejo-Marín *et al.*, 2010). Поред тога, показано је да и начин вегетативног размножавања, односно *guerilla* или *phalanx* тип вегетативног размножавања такође имају утицаја на диверзитет и структурирање популација клоналних биљака (Albert *et al.*, 2004). У случају да преовладава генеративно размножавање, постоји могућност да дође до повећања генетичког диверзитета у оквиру популација пошто је генеративно размножавање важан извор генетичке варијабилности у популацијама. Код клоналних биљака могућност повећања генетичке варијабилности у великој мери зависи од процента мобилизације семена и младих биљака насталих након сексуалне репродукције (Eriksson, 1989; Petersson и Gustavsson, 2001; Albert *et al.*, 2004).

Досадашња испитивања генетичког диверзитета и диференцијације код *V. myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis – idaea*, уз неколико изузетака, су се углавном фокусирала на диверзитет и структурирање клонова у оквиру популација ових врста (на пр. Persson и Gustavsson, 2001; Albert *et al.* 2003; Albert *et al.* 2004). С обзиром на то да је циљ овог истраживања био да се испита генетички диверзитет врста *V. myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis – idaea*, а не диверзитет клонова, најпре су током узорковања предузете одређене мере да би се избегло узорковање клонова, а затим је утврђен удео клонског размножавања у репродуктивној стратегији сваке од три испитиване врсте. Наиме, на основу података из литаратуре према којима се ризоми врста рода *Vaccinium* протежу од 20 cm па до 30m испод земље (Nestby *et al.*, 2010; Persson и Gustavsson, 2001), узорковање листова на истраживаним локалитетима је вршено тако да је минимално растојање између одабраних јединки било 30 m чиме је максимално смањена могућност узорковања клонова. Затим је код све три врсте удео молекуларне варијације на унутарпопулационом нивоу добијен применом AMOVA анализе упоређен са оним добијеним на нивоу ремета, и показано је да је удео клонског размножавања незнатан код популација

врста *V. myrtillus* и *V. uliginosum*, али да је он у нешто већем обиму присутан код врсте *V. vitis - idaea*. Присуство клонова је нарочито изражено код популације са локалитета Пајино пресло на Копаонику (Vvi1) код које је пронађено да се од 13 узоркованих јединки чак 12 одликује идентичним RAPD фенотипом те се могу сматрати клоновима. Због присуства само два RAPD фенотипа у овој популацији, вредности Шеноновог информационог индекса (0,0897, ст. дев. 0,2154) као и Nei's gene diversity (0,0615, ст. дев. 0,1475) добијене за ову популацију су биле међу најнижим вредностима добијеним код свих испитиваних популација свих врста. Нешто ниже вредности су добијене за популацију исте врсте са локалитета Власина (Vvi2, Шенонов информациони индекс = 0,0862, ст. дев. = 0,2077; Nei's gene diversity = 0,0582, ст. дев. = 0,1425), а узрок томе је мала величина узорка са овог локалитета у којем је од пет узоркованих индивидуа пронађено само три RAPD фенотипа. Имајући у виду велики број емпиријских студија као и теоријских предикција које показују да смањење величине популације доводи до рапидне ерозије генетичког диверзитета (Ellstrand и Elam, 1993; Leimu *et al.*, 2006; Honnay и Jacquemyn, 2007), низак ниво генетичког диверзитета у популацији са локалитета Пајино пресло на Копаонику (Vvi1) је последица мале величине ове популације. У случају популације са локалитета Власина (Vvi2), изузетно ниске вредности параметара генетичког диверзитета су последица мале величине узорка пошто је на том локалитету присутна популација са већим бројем индивидуа него на локалитету Пајино пресло на Копаонику. То значи да би у овом случају повећање величине узорка вероватно довело до детекције додатних RAPD фенотипова чиме би се и вредности параметара диверзитета повећале што, међутим, не би био случај са популацијом са локалитета Пајино пресло.

Међутим, низак генетички диверзитет је уочен и код две популације врсте *V. uliginosum* са Копаоника, Vu1 са локалитета Сребрнац (Шенонов информациони индекс = 0,0885, ст. дев. = 0,2027; Nei's gene diversity =

0,0582, ст. дев. = 0,1384) и Vu2 са локалитета Пајино пресло (Шенонов информациони индекс = 0,0936, ст. дев. = 0,2008; Nei's gene diversity = 0,0603, ст. дев. = 0,1355). На овим локалитетима су присутне популације са већим бројем индивидуа и са оба локалитета је узорковано по 14 индивидуа код којих је детектовано 10 RAPD фенотипова (Vu1) и 14 RAPD фенотипова (Vu2). Ове две популације, иако географски блиске, су орографски јасно изоловане. С обзиром да се ни величина узорка, ни величина популација, као ни клонско размножавање не могу сматрати примарним факторима који су довели до ниског новог генетичког диверзитета у овим популацијама, одлучујући допринос се може приписати изолованости популација и њиховим географским положајем у односу на централни ареал врсте што се, генерално, може применити на све испитиване популације (објашњено је касније).

Код свих осталих популација све три врсте, добијене вредности параметара диверзитета су биле нешто више и указивале су на нешто виши генетички диверзитет тих популација. На нивоу врста, средње вредности Шеноновог информационог индекса за све три проучаване врсте су биле умерене и износиле су 0,2428 (ст. дев. = 0,2428) за врсту *V. myrtillus*, 0,2665 (ст. дев. = 0,2655) за врсту *V. uliginosum* и 0,2552 (ст. дев. = 0,2552) за врсту *V. vitis - idaea*. Вредности овог индекса, као и ниске вредности параметра Nei's gene diversity (*V. myrtillus*: 0,1383, ст. дев. = 0,1682; *V. uliginosum*: 0,1577, ст. дев. = 0,1862; *V. vitis - idaea*: 0,1864, ст. дев. = 0,1804) указују на генерално низак до умерен ниво генетичког диверзитета ових врста, од којих се врста *V. myrtillus* одликује најмањим генетичким диверзитетом, а врста *V. vitis - idaea* највишим генетичким диверзитетом. Наведене вредности Шеноновог информационог индекса су скоро упола ниже од оних које су добили неки аутори за исте врсте на подручју Белгије, Шведске и Норвешке. Persson и Gustavsson (2001) су израчунали да Шенонов информациони индекс за врсту *V. vitis - idaea* износи 0,568, Albert *et al.* (2003) наводе да тај индекс за врсту *V. myrtillus* износи 0,546, а за

врсту *V. uliginosum* 0,647 (Albert, et al. 2005) што указује на велик генетички диверзитет. Са друге стране, Alsos et al. (2002) су установили низак ниво генетичког диверзитета у популацијама врсте *V. uliginosum* ( $D = 0,29$ ;  $H_{ep} = 0,082$ ) на подручју Свалбарда (Арктички Архипелаг) који је последица мале величине и изолованости популација.

Добијене релативно ниске вредности за параметре генетичког диверзитета свих испитиваних врста и њихових популација се стога могу објаснити превасходно изолованошћу популација услед географских и еколошких фактора, пошто су у Србији популације ових врста дисјунктно распоређене, везане за одређени тип земљишта, надморску висину и температуру ваздуха, тако да су међусобно изоловане и географски и орографски. Такође, изузетно је значајан и географски положај популација у односу на целокупни ареал испитиваних врста. Све већи број студија показује да се популације које су присутне у централном делу ареала врсте одликују високим генетичким диверзитетом, док је у популацијама које су дислоциране у односу на главни ареал врсте, ниво генетичког диверзитета низак, а генетичке варијанте које су у њима присутне се могу разликовати од оних које су присутне у централном делу ареала (Vucetich и Waite, 2003). Све испитиване популације се налазе у подручју које се може сматрати маргиналним делом ареала свих испитиваних врста с обзиром да врста *V. myrtillus* има циркумполарно распрострањење а врсте *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea* имају бореално распрострањење. Истраживања које су спровели Eidesen, et al. (2007) на популацијама врсте *V. uliginosum* које су обухватале целокупни ареал врсте, односно, подручја Берингије, западног Сибира, планинских подручја јужне Европе и југоисточне Скандинавије, су показала да се популације са планина јужне Европе одликују малим генетичким диверзитетом у односу на остале испитиване популације. Иако ови аутори нису испитивали популације из Србије које су обухваћене овом студијом,

резултати добијени у овој студији се подударају са резултатима Eidesen *et al.* (2007).

Поред тога, све испитиване популације су расуте по Балкану за који је познато да је служио као глацијани рефугијум током Плеистоцена (2,8 милиона година) за велики број умерено-континенталних врста, као и да су неке врсте биле у континуитету присутне на Балкану још од Терцијера. Услед тога, на подручју Балкана су честе изоловане, реликтне и генетички мало варијабилне популације великог броја биљних врста (Petit *et al.* 2005).

Други изузетно важан део ове студије се односи на генетичку диференцијацију популација врста *V. myrtillus*, *V. uliginosum* и *V. vitis - idaea*. Према Hamrick и Godt (1990, 1996), Bruederle *et al.* (1991, 1996) и Mahy *et al.* (2002) за дугоживеће дрвенсте врсте, врсте које опрашују инсекти и чије семе разносе животиње није карактеристична велика генетичка диференцијација између популација због тога што је проток гена између популација, односно, размена полена и семена, врло ефикасна. То је и потврђено од стране неких аутора за неке врсте овог рода (Albert *et al.*, 2003, 2004, 2005; Persson и Gustavsson, 2001; Garkava - Gustavsson *et al.*, 2005; Kreher, 2000 и др.).

Међутим, код свих врста испитиваних у овој студији добијене су високе вредности параметра генетичке диференцијације које показују да су њихове популације значајно генетички диференциране. Код врсте *V. myrtillus*  $G_{st}$  је износио 0,4033, код врсте *V. uliginosum* овај параметар је био нешто виши, 0,5742, а највиша вредност је добијена код врсте *V. vitis-idaea*,  $G_{st} = 0,6028$ . Овако висока диференцијација популација свих врста може бити последица ниског протока гена између популација. Проток гена је квантификован у овој студији, и код све три врсте је добијено да су  $N_m$  вредности мање од 1, односно, да се мање од једног мигранта по генерацији размени између популација.  $N_m$  вредност за врсту *V. myrtillus* је износила 0,7398, за врсту *V. uliginosum* 0,3708, а за врсту *V. vitis-idaea*: 0,3221. Познато је да географска удаљеност, неки орографски и еколошки

фактори могли би да допринесу изолацији популација (Arias *et al.*, 2012) као и да је проток гена врло ограничен између фрагментираних популација (Young *et al.*, 1996). Испитиване популације све три врсте у Србији данас јесу изоловане услед географских и еколошких фактора. Оне су дисјунктно распоређене, везане за одређени тип земљишта, надморску висину и температуру ваздуха, тако да су међусобно изоловане и географски и орографски. Када је реч о популацијама врсте *V. myrtillus* овакви резултати се могу објаснити великом географском удаљеношћу између истраживаних популација. Исто се може констатовати и за популације друге две истраживане врсте *V. uliginosum* и *V. vitis – idaea*, с тим што се у случају популација које су узорковане на различитим локалитетима на истом планинском масиву (Стара планина, односно Копаоник) може говорити и о орографској изолацији популација.

Потребно је нагласити да се сматра да су вредности Nm параметра које се заснивају на параметру генетичке диференцијације (Gst) у већој мери одраз историјског него садашњег протока гена и да на вредност овог параметра у великој мери утичу историјски процеси (Bossart и Prowell, 1998; Sork *et al.*, 1999). Стога се може рећи да овако ниске вредности Nm параметра добијене у овој студији одражавају не само на садашњу врло високу изолованост свих популација између којих скоро да нема размене генетичког материјала, већ дају основ да се претпостави да су популације испитиваних врста већ неки дужи временски период међусобно изоловане. Све то наводи на закључак да је овако висока садашња диференцијација популација, у оквиру сваке од три испитиване врсте, у највећој мери последица давних фрагментација једне веће генетичке групе на низ мањих популација које су затим наставиле своје еволутивне путање независно једна од друге, као и да је проток гена између тих новонасталих популација био врло лимитиран. Поред тога, велики број студија показује да су фрагментације обично праћене и ефектима оснивача, уским грлима и генетичким дрифтом који доводе до даље дивергенције новонасталих



популација али и до смањења нивоа генетичке варијабилности у популацијама (Young *et al.*, 1996). Стога се може рећи да је оваква врло комплексна историја популација све три испитиване врсте из Србије праћена наведеним еволутивним процесима за које је познато да имају велики утицај на генетички диверзитет и генетичко структурирање (Ellstrand и Elam 1993; Leimu *et al.*, 2006; Honnay и Jacquemyn, 2007) заправо основни узрок уоченог садашњег смањеног нивоа генетичког диверзитета у популацијама као и њихове високе генетичке диференцијације. Слично објашњење је дато и од стране Alsos *et al.* (2002) као основни узрок високе диференцијације између популација *V. uliginosum* са подручја Свалбарда (Арктички Архипелаг). Аутори наводе да је ретка сексуална репродукција у комбинацији са повећаним инбридингом и генетичким дрифтотом након фрагментације и каснијим уским грлима за време леденог доба основни узрок високе диференцијације популација ове врсте у испитиваном подручју.

Такође, Eidesen *et al.* (2007) наводе да су популације врсте *V. uliginosum* са планина јужне Европе високо диференциране. Због такве високе диференцијације тих популација као и њиховог ниског генетичког диверзитетом, ови аутори предпостављају да је врста *V. uliginosum* преживела последњу глацијацију у оквиру неколико мањих периферних рефугија у том подручју. Међутим, аутори нису дефинисали потенцијалне рефугијуме ове врсте у јужној Европи највероватније због врло малог узорка са локалитета у јужној Европи.

Генетичка дистинктност популација све три испитиване врсте се огледа и у другачијој расподели молекуларне варијабилности на унутарпопулациону и међупопулациону компоненту у односу на ону која се очекује код врста са сличним карактеристикама. Наиме, према Hamrick и Godt (1990), Bartish *et al.* (1999), Nybom и Bartish (2000), код врста које су дугоживеће и које се размножавају генеративно и вегетативно а њихова семена разносе птице, очекује се да удео унутарпопулационе

варијабилности у укупној молекуларној варијабилности буде висок, а удео међупопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности низак. То је и показано у истраживањима која су вршена на подручју Белгије где је уочен велики удео унутарпопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности у проучаваним популацијама врста *V. myrtillus* (86,19 %) и *V. uliginosum* (96,20 %) (Albert *et al.*, 2003, 2005). Слична пропорција генетичке варијансе за популације врсте *V. vitis - idaea* (89,2 %) примећене су на подручју Шведске (Persson и Gustavsson, 2001).

Међутим, анализа молекуларне варијансе у овој студији је показала да је удео унутарпопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности знатно нижи (*V. myrtillus* - 56,81 %; *V. uliginosum* - 42,38; *V. vitis - idaea* - 48,80 %). Када су у питању врсте рода *Vaccinium* низак ниво удела унутарпопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијабилности од 41 - 57 % добијен је и за врсту *V. oxycoccus* на подручју Литваније (Žukauskienė *et al.*, 2009). Оваква унутарпопулациона варијабилност је објашњена изолованошћу проучаваних популација што је условљено постгласијалним повлачењем врсте. Све ово говори у прилог раније наведеној тврдњи да су испитиване популације све три врсте са подручја Србије генетички дистинктне и изоловане током дугог временског периода.

Мантелов тест је показао да је коефицијент корелације генетичких дистанци и географски дистанци између популација врсте *V. uliginosum* низак и без статистичке подршке (0,077,  $P = 0,212$ ) што значи да се код ове врсте генетички сличне популације могу налазити на већим географским дистанцама док просторна близина популација не мора да одражава и њихову генетичку сличност. Имајући у виду да су у STRUCTURE анализи за  $K = 2$  популације из централне Србије најпре биле одвојене од популација из источне Србије (Слика 33), што је потврђено и PCoA анализом која је ове групе популација одвојила по првој оси (Слика 29), а да је затим уследило раздвајање популација из источне Србије и то тако

што је популација Vu5 са Власине одвојена од популација са Старае планине са локалитета Јавор (Vu3) и Бабин зуб (Vu4), јасно је да су три популације из источне Србије иако географски међусобно удаљене око 70 км, генетички диференциране. Важно је напоменути да је на основу коефицијената генетичке сличности у UPGMA анализи добијено да је заправо популација са Власине генетички најмање слична са свим осталим популацијама (Слика 25). С друге стране, MST (Слика 37) стабло је указало на могућност да је популација са Пајиног пресла, Копаоник исходна популација за другу популацију из централне Србије као и за популације са Старе планине али не и за популацију са Власине, за коју је популација са Јавора исходна популација. Поред тога, STRUCTURE анализа за  $K = 6$  је указала на присуство имигранта у популацији са Јавора који су пореклом из непознате генетичке групе. Све то наводи на закључак да су све испитиване популације ове врсте пореклом од једне исходне генетичке групе код које је у прошлости дошло до фрагментације на више независних група, као и да су на Власини данас присутне индивидуе које су вероватно пореклом од индивидуа са Јавора. Стога би се могло рећи да се потенцијани глацијални рефугијум за врсту *V. uliginosum* највероватније налазио у централној Србији. Алтернативно, популација са Власине може представљати генетички јако дистинктну популацију врсте *V. uliginosum*, као што је и показано у UPGMA анализи (Слика 25) која је током последњег леденог доба опстала у неком другом рефугијуму у односу на остале испитиване популације ове врсте, као и да ова популација представља реликтну генетичку линију код које перзистенција анцестралних полиморфизама доводи до оученог повећаног генетичког афинитета према генотиповима друге врсте. Овакви двосмислени резултати захтевају даље анализе које су неопходне и због тога што је на подручју Јавора детектована непозната генетичка група из које имигранти доспевају у популацију Vu3. То је врло интересантан резултат који указује на потребу даљег узорковања са овог подручја. А кад се узму у обзир

резултати статистичке парсимоније са све три врсте, где се уочава генетички афинитет популације са Власине која је пореклом од популације са Јавора ка другој врсти (*V. vitis - idaea*, Слика 35), ови резултати могу указивати не међуспецијску хибридизацију која се у прошлости одвијала на подручју југоисточне Србије, што такође указије на потребу детаљнијег испитивања популација из југоисточне Србије.

Вредност коефицијента корелације између генетичких дистанци и географских дистанци између популација врсте *V. myrtillus* је низак (0,130) и маргинално статистички значајан ( $P = 0,070$ ), што значи да постоји индикација да су географски блискије популације код ове врсте и генетички сличније. Имајући у виду то да су све методе груписања популација (UPGMA анализа - Слика 24, PCoA анализа - Слика 28 и STRUCTURE анализа - Слика 32) јасно одвојиле популације из западне и централне Србије од популација из источне Србије, као и то да су популације из западне и централне Србије географски доста удаљене једна од друге али генетички блиске, може се рећи да је оваква дистрибуција генетичке варијабилности у простору која показује одређене сличности са isolation-by-distance (IBD) патерном била индицирана Мантеловим тестом. То наводи на закључак да су све испитине популације ове врсте пореклом из једног извора, и да је у прошлости дошло до фрагментације те генетичке линије на више група чији потомци чине данашње популације врсте *V. myrtillus*. Из MST стабла RAPD фенотипова (Слика 36) присутних у популацијама ове врсте даље се може закључити да је за популацију Vm5 са Власине највероватнија исходна Vm2 са Сребрнца са Копаоника, док је за популацију Vm4 са Бабиног зуба са Старе планине највероватнија исходна популација Vm3 са Дивчибара. То наводи на закључак да је потенцијални глацијални рефугијум ове врсте највероватније био лоциран у западној и централној а не у источној Србији. Важно је напоменути да је STRUCTURE анализа за  $K = 6$  (Слика 32) указала на постојање још једне генетичке групе која није обухваћена овом

студијом а која је извор имиграната за популације са Камене горе (Vm1), Дивчибара (Vm3) и Бабиног зуба на Старој планини (Vm4). Овакви резултати такође захтевају даље анализе.

Једино код врсте *V. vitis - idaea* коефицијент корелације између генетичких дистанци и географских дистанци између популација је био висок (0,6703) и статистички значајан ( $P = 0,040$ ). Стога се једино за ову врсту може са сигурношћу тврдити да су њене географски блиске популације и генетички сличније, тако је код ње присутан isolation-by-distance (IBD) патерн који одражава постгласијалну експанзију из једног центра. Имајући у виду генеалогске односе RAPD фенотипова у популацијама ове врсте приказаним на MST стаблу (Слика 38) који показују да је популација Vvi3 са локалитета Бабин зуб, Стара планина исходна популација за преостале две популације из источне Србије (Vvi2, Власина и Vvi4, Јавор, Стара планина) али и за популацију из централне Србије (Vvi1, Пајино пресло, Копаоник), експанзија популација ове врсте се одвијала са истока у правцу централне Србије. То наводи на закључак да је потенцијални гласијални рефугијум врсте *V. vitis - idaea* био у источној Србији као и да се експанзија одвијала ка југоисточној и централној Србији. Важно је напоменути да су UPGMA анализа (Слика 26) и PCoA анализа (Слика 30) омогућиле да се популација Vvi4 са Јавора, Стара планина окарактерише као генетички најдивергентнија популација, а да је STRUCTURE анализа за  $K = 5$  (Слика 34) показала да узрок томе присуство непознате генетичке групе у том подручју која је извор миграната за популацију Vvi4.

Резултати приказани у овој студији имају великог значаја за боље разумевање генетичког диверзитета, генетичког структурирања и историје популација три врсте рода *Vaccinium* са подручја Србије од којих врста *V. myrtillus* има велику примену, како у народној медицини, тако и у фармацеутској и прехранбеној индустрији. Поред тога, ова студија показује да је генетичко структурирање популација на Балкану веома

комплексно, и да врсте које припадају истом роду имају глацијалне рефугијуме на различитим локалитетима као и различите путеве постглацијалне експанзије.

### 6.3. Фитоценолошка анализа

Врсте рода *Vaccinium* на подручју Србије су забележене у различитим ливадским и шумским фитоценозама. Анализом радова многобројних аутора, који су приказани у одељку Резултати, се може уочити да ове врсте у различитим фитоценозама представљају карактеристичне, односно значајне врсте. Такође, неке од проучаваних врста јављају се и као едификатори одређених заједница. Наиме, на подручју Србије забележено је неколико фитоценоза у којима је врста *Vaccinium myrtillus* једна од едификатора, док је издвојено пет фитоценоза у којима се врста *V. uliginosum* јавља као едификатор. Анализом флористичког састава заједница (у којима су забележене ове врсте) уочава се да је врста *V. myrtillus* заступљенија у фитоценозама у односу на врсте *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea*. Заједнице у којима се јављају проучаване врсте развијају се у брдским и планинским регионима на надморским висинама између 600 и 2500 m.

Анализом заједница које су представљене у поглављу Резултати, може се уочити да су врсте *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea* везане искључиво за станишта у субалпијској и алпијској зони што је у складу са њиховом припадношћу бореално - циркумполарном флорном елементу. За разлику од ове две врсте врста *V. myrtillus* се спушта и на станишта која се налазе на нижим надморским висинама, што је такође у складу са припадношћу ове врсте суббореално-циркумполарном флорном елементу.

Генерално, врсте рода *Vaccinium* у Србији су забележене на следећим типовима станишта: станишта у субалпијском и алпијском појасу, листопадне шуме, четинарске шуме и брдске ливаде и пашњаци. Заједнице које се јављају на таквим стаништима развијене су на киселим земљиштима на серпентиниту или силикату (Томић, 2006; Ранђеловић, 2010; Јанковић 1998; Мишић, 1964). Такође, анализом представљених

заједница, може се приметити да се као едификатори ове врсте јављају, пре свега у алпском и субалпском појасу. У заједницама у којима се врста *V. myrtillus* јавља као едификатор најчешће се срећу и друге две врсте: *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea*. Као што је наведено, земљишта на којима се развијају заједнице и у којима су присутне врсте рода *Vaccinium* се одликују ниским рН вредностима, односно реч је о киселим земљиштима, што се закључује и на основу карактеристичних врста, или оних које се јављају са високим степеном присуства у тим заједницама. Такве врсте које се јављају у скоро свим представљеним заједницама су: *Bruckenthalia spiculifolia*, *Luzula luzuloides*, *Luzula silvatica*, *Deschampsia flexuosa*, *Juniperus nana*, *Crocus veluchensis*.



## 6.4. Анализа садржаја тешких метала у земљишту и биљном материјалу

### 6.4.1. Садржај тешких метала у земљишту

Према досадашњим истраживањима (Кадовић и Кнежевић, 2002) концентрације гвожђа у шумским земљиштима Србије се крећу од 10443 mg.kg<sup>-1</sup> у песковитом чернозему, до 80681 mg.kg<sup>-1</sup> у еутричном хумусносиликатном земљишту. Укупне концентрације микроелемента Fe у минералним слојевима земљишта варирају у широком опсегу од 100 - 100000 mg.kg<sup>-1</sup> према Jones и Jervis (1981). Измерене концентрације гвожђа у проучаваним земљиштима се крећу у наведеном опсегу, односно ове концентрације се могу означити као „нормалне“.

Бројни аутори (Adriano, 2001; Кастори, 1991; Kabata-Pendias и Pendias, 2000 и др.), наводе да се укупан Zn у земљишту креће између 10 и 300 mg.kg<sup>-1</sup>. Неки аутори, међутим, сматрају да постоји шири дијапазон од 1 - 900 mg.kg<sup>-1</sup>, са просечним садржајем од 90 mg.kg<sup>-1</sup>. Adriano (2001), наводи просек за светска земљишта од 50 mg.kg<sup>-1</sup>, док Aubert и Adriano (2001), указују на просечан распон од 50 - 100 mg.kg<sup>-1</sup>. Према Уредби о програму систематског праћења квалитета земљишта („Службени гласник“, бр. 88/2010) гранична вредност за садржај Zn у земљишту је 140 mg.kg<sup>-1</sup>. Просечно измерене концентрације Zn се и налазе у границама критичних концентрација за мултифункционално коришћење земљишта.

Према Кадовић и Кнежевић (2002) максимално прихватљиве концентрације (МРС) Pb у земљишту крећу се до 39,81 mg.kg<sup>-1</sup>. То значи да су измерене концентрације Pb у проучаваним земљиштима веће од МРС сем у земљишту на локалитетима Пајино пресло, Сребрнац, Јавор и Копрен (Табеле 34). Све измерене концентрације Pb у проучаваним земљиштима су ниже од критичних према Kabata - Pendias и Pendias (1992) и налазе се у границама критичних концентрација за мултифункционално коришћење земљишта (100 -400 mg.kg<sup>-1</sup>). Према Уредби о програму систематског праћења квалитета земљишта

(„Службени гласник“, бр. 88/2010) гранична вредност за садржај Pb у земљишту је  $85 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Изузев на локалитету Бабин зуб (Стара планина), измерене концентрације Pb у земљишту не прелазе ову вредност. С обзиром да је реч о локалитету који се налази уз новоизграђену ски стазу на Старој планини, може се претпоставити да су повишене вредности последица антропопресије.

Према Kabata - Pendias и Pendias (1992) све концентрације Cd веће од  $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$  указују на антропогено порекло, што је, у овом истраживању, случај са локалитетом Бабин зуб (Стара планина). Према Уредби о програму систематског праћења квалитета земљишта („Службени гласник“, бр. 88/2010) гранична вредност за садржај Cd у земљишту је  $0,8 \text{ mg.kg}^{-1}$  и све измерене концентрације Cd се налазе у том опсегу. Просечне концентрације Cd у проучаваним земљиштима су ниже према критеријумима Кадовић и Кнежевић, (2002) према којима се МРС крећу до  $0,69 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Станковић и сар. (2011) наводе да се, на основу мишљења многих аутора, концентрација никла у земљишту креће од 5 –  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ , односно до  $500 \text{ mg.kg}^{-1}$ , чак и до  $600 \text{ mg.kg}^{-1}$  у земљиштима која су формирана на серпентиниту (Убавић и сар., 1993). Према Уредби о програму систематског праћења квалитета земљишта („Службени гласник“, бр. 88/2010) гранична вредност за садржај Ni у земљишту је  $35 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Измерене концентрације никла у проучаваним земљиштима су у оквиру граница природних концентрација, изузев на локалитету Дивчибаре. Земљиште на Дивчибарама је развијено на серпентиниту. Оваква земљишта се карактеришу повећаним садржајем тешких метала, пре свега Ni и Cr.

Природне концентрације хрома (Cr) у земљишту се крећу од 10 до  $50 \text{ mg.kg}^{-1}$  у зависности од матичног супстарата (Shanker *et al.*, 2005). У серпентинитским земљиштима хром се налази у концентрацијама и до  $125 \text{ g.kg}^{-1}$  (Adriano, 2001). Kabata-Pendias и Pendias (1992) наводе да се

критичне концентрације хрома у земљишту крећу од 75 до 100 mg.kg<sup>-1</sup>. Као и у случају никла, измерене концентрације хрома у проучаваним земљиштима су у дозвољеним границама, изузев на локалитету Дивчибаре. Према Уредби о програму систематског праћења квалитета земљишта („Службени гласник“, бр. 88/2010) гранична вредност за садржај Cr у земљишту је 100 mg.kg<sup>-1</sup>.

Дакле, на основу добијених резултата, а према представљеним критеријумима, измерене концентрације Pb и Cd у земљишту на локалитету Бабин зуб (Стара планина) прелазе дозвољене границе, док су на осталим локалитетима у оквиру дозвољених граница. Измерене концентрације Ni и Cr прелазе дозвољене границе на локалитету Дивчибаре. На осталим локалитетима они су у оквиру дозвољених граница. На свим проучаваним локалитетима измерене концентрације Fe и Zn су у оквиру дозвољених граница.

#### 6.4.2. Садржај тешких метала у биљном материјалу

Природни садржај Fe у биљном материјалу, према Kabata – Pendias и Pendias (1992), креће се од 18-1000 mg.kg<sup>-1</sup> суве материје. Гвожђе се ретко јавља у вишку у биљкама, због чега има мало таквих података у литератури (Кадовић и Кнежевић, 2002). Измерени садржаји гвожђа (Fe) у изданцима проучаваних врста су у границама природне концентрације према Kabata–Pendias и Pendias (1992).

Процењено је да садржај цинка (Zn) у биљкама значајно варира у зависности од фактора средине и генотипа врсте (Kabata-Pendias и Pendias, 1992). Природне концентрације цинка у биљкама крећу се од 12 до 47 mg.kg<sup>-1</sup> према Kabata – Pendias и Pendias (1992), односно према ECCE (1994) просечан садржај цинка у биљкама се креће од 15 до 150 mg.kg<sup>-1</sup>. De Vries и Bakker (1996) наводе да се садржај цинка у биљкама у умереном региону креће од 30 до 70 mg.kg<sup>-1</sup>. Према наведеним критеријумима садржај цинка се у свим узорцима налази у оквиру природних граница,

али је у већој концентрацији измерен у листовима и стабљикама врсте *V. uliginosum*.

Цинк и гвожђе су есенцијални елементи за биљке који су укључени у неколико значајних метаболичких процеса (Påhlsson, 1989; Pugh *et al.*, 2002).

Просечни садржаји олова (Pb) у биљкама према ЕССЕ (1994) се креће од 0,1 до 5 mg·kg<sup>-1</sup>. Према De Vries и Bakker (1996) природне концентрације олова у биљкама умерене зоне се крећу од 1 до 3 mg·kg<sup>-1</sup>, а према Bowen (1979) између 0,2 и 20 mg·kg<sup>-1</sup>. Kabata-Pendias и Pendias (1992) наводе да се критичне концентрације олова у биљном материјалу (сува маса) крећу између 30 и 300 mg·kg<sup>-1</sup>. Према критеријума De Vries и Bakker (1996) и ЕССЕ (1994) концентрације олова измерене у изданцима врсте *V. myrtillus* са локалитета Дивчибаре су изван граница природних концентрација, док су према Bowen (1979) све измерене концентрације у оквиру граница природних концентрација. Садржаји Pb су такође у већим концентрацијама измерени у изданцима врсте *V. uliginosum* (Табела 35).

Кадмијум (Cd) је тешки метал који има значајан токсичан утицај на биљке. Szabová *et al.* (1998) наводе да се веће концентрације кадмијума акумулирају у ткивима корена, а ниже концентрације у листовима, плодовима и семенима. Природна концентрација кадмијума у биљном материјалу се креће у границама између 0,1 до 2,4 mg·kg<sup>-1</sup> (суве масе) (Bowen, 1979), односно 0,05 до 0,26 mg·kg<sup>-1</sup> (De Vries и Bakker, 1996), док се критичне концентрације крећу од 5 до 30 mg·kg<sup>-1</sup> (суве масе) (Kabata-Pendias и Pendias, 1992). Садржај Cd у изданцима је, у односу на критеријуме de Vries и Bakker (1996) у оквиру граница за врсте *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea*, док је у случају *V. uliginosum* на свим локалитетима знатно већи од горње границе. У односу на критеријуме Kabata-Pendias и Pendias (1992) садржај кадмијума је у оквиру граница, изузев концентрације измерене у листовима и стабљикама код врсте *V. uliginosum* на локалитету Пајино пресло.

Већина земљишта садржи значајне количине хрома (Cr), али је његова доступност биљкама знатно ограничена (Kabata-Pendias и Pendias, 1992). Према Kabata-Pendias и Pendias (1992) уобичајени ниво хрома у биљном материјалу се обично креће од 0,02 до 0,2 mg·kg<sup>-1</sup> (суве масе). Bowen (1979) наводи да се природне концентрације хрома у биљном материјалу крећу између 0,03 и 14 mg·kg<sup>-1</sup> (суве масе). Различити аутори наводе различите вредности фитотоксичних концентрација хрома. Kloke *et al.* (1984) су пронашли да веома ниске концентрације хрома, чак од 1 до 2 mg·kg<sup>-1</sup> (суве масе) инхибирају раст осетљивих биљака. Према Masnicol и Beckett (1985) токсичне концентрације хрома су много шире и крећу се од 1 до 10 mg·kg<sup>-1</sup> (суве масе). Измерене концентрације хрома у проучаваним врстама рода *Vaccinium* се крећу од 0,05 до 3,97 mg·kg<sup>-1</sup>. Имајући у виду напред наведено, измерени садржаји хрома у проучаваним врстама се могу коментарисати различито, у односу на наводе различитих аутора. Односно, према критеријумима Kabata-Pendias и Pendias (1992) измерене концентрације хрома у свим проучаваним узорцима налазе се изван уобичајених. Према критеријумима Bowen (1979) измерене концентрације хрома су у оквиру граница природних концентрација, док су према наведеним критеријумима Masnicol и Beckett (1985) концентрације хрома измерене у изданцима највећег броја узорака токсичне.

Према Bowen (1979) природне концентрације никла (Ni) у биљном материјалу се крећу од 0,02 до 5,00 mg·kg<sup>-1</sup> (суве масе). Kabata-Pendias и Pendias (1992) наводе да се критичне или токсичне концентрације никла у већини биљних врста крећу од 10 до 100 mg·kg<sup>-1</sup>. Измерене концентрације никла у проучаваним врстама рода *Vaccinium* су у оквиру природних концентрација. Највеће вредности овог метала су измерене у изданцима врсте *V. myrtillus* са локалитета Дивчибаре (Табела 35), што се може објаснити чињеницом да је врста расла на земљишту које је развијено на серпентиниту.

На основу добијених резултата уочава се да се према нивоу акумулираних метала у листовима и стабљикама, генерално, може издвојити врста *V. uliginosum*. Уколико се обрати пажња на локалитете на којима су узорковане све три проучаване врсте, као и на оне на којима је *V. uliginosum* узоркована са врстама *V.vitis-idaea* или *V. myrtillus*, примећује се да је садржај тешких метала на тим локалитетима највиши у изданцима врсте *V. uliginosum*. Садржаји измерених количина тешких метала код врсте *V. uliginosum* били су виши 1,5 до 2, па и више пута у односу на друге две врсте са истог локалитета (Табела 35). Дакле, при истим условима садржај тешких метала код проучаваних врста се јасно разликује. Једини локалитет, који се у овом смислу издваја је Бабин зуб (Јавор). Ткиво листова врсте *V. uliginosum* може да акумулира уранијум, бакар, олово, цинк, никл и гвожђе у великим количинама без видљивих штетних последица на биљку, што је чини веома погодном за употребу у одређеним програмима ревегетације (<http://courses.washington.edu/esrm412/protocols/VAUL.pdf>).

Са друге стране уочава се да су концентрације тешких метала врста *V.vitis-idaea* и *V. myrtillus* биле приближне на оним локалитетима са којих су обе врсте узорковане (Табела 35). Kozanecka *et al.* (2002) су истраживали садржаје тешких метала у вегетативним деловима маховина, лишпајева, папрати и врсте *V. myrtillus* у незагађеним подручјима. Они су установили да су садржаји Zn, Pb, Cr, Ni и Cd слични у свим испитиваним врстама, док су измерене концентрације Fe биле најниже у изданцима врсте *V. myrtillus*. Kukla и Kuklová (2008) су утврдили да повећан садржај тешких метала у земљишту (условљено загађењем ваздуха) утиче на раст, тачније на дужину изданака врсте *V. myrtillus*. Међутим, токсични ефекат на биљкама није примећен.

У неким истраживањима дошло се до закључка да се врста *V.vitis-idaea* може користити као биоиндикатор подручја која су контаминирана бакром, никлом и радиоактивним цезијумом (Barcan *et al.*, 1998; Roudushkin *et al.*, 1999; Levula *et al.*, 2000).

Кроз многе радове је документовано да извесни типови микоризе могу редуковати токсичност тешких метала и омогућити биљци домаћину да преживи у условима у којима је токсични утицај тешких метала на биљке могућ (Bradley *et al.*, 1982; Morley *et al.*, 1996; Leyval *et al.*, 1997). Ово је потврђено у случају ерикоидне микоризе која је карактеристична за врсте рода *Vaccinium* (Read, 1993; Perotto *et al.*, 1995). Из тог разлога биљке које ступају у овакав тип микоризе могу да колонизују земљишта са ниским садржајем хранљивих елемената, кисела земљишта са високим садржајем тешких метала (Read, 1991).

### 6.5. Промене у саставу фитоценоза проучаваних локалитета у односу на сценарио ацидификације земљишта

У Европи се таложење (депозиција) азота (N) тренутно сматра најважнијим ефектом загађења ваздуха који утиче на флористички диверзитет (de Vries *et al.*, 2007). Наиме, подаци показују да повећање доступности N често узрокује смањење диверзитета биљних врста (Tilman, 1987; Bobbink *et al.*, 1998). У неким случајевима, примећено је обогаћивање земљишта азотом не утиче на свеукупни број врста, упркос драстичним променама у саставу врста (структура фитоценозе). Ово је условљено повећањем броја нитрифилних врста уз истовремено смањење бројности карактеристичних врста аутохтоне вегетације (Bobbink, 2004; Emmett, 2007).

Nordin *et al.* (2005) су вршили експерименте у бореалним шумама Скандинавије тако што су на огледним површинама додавали азот у различитим количинама, између 3 и 50 kg N.ha<sup>-1</sup>.год.<sup>-1</sup>. Установили су да су количине од 10 до 15 kg N.ha<sup>-1</sup>.год.<sup>-1</sup> превисоке за ове екосистеме. На основу добијених резултата су утврдили да би при оптерећењу земљишта изнад 8 -12 kg N.ha<sup>-1</sup>.год.<sup>-1</sup>, након 10 година, ефекти били значајни. Наиме, под наведеним условима дошло би до смањења бројности популација лишајева и врста *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea*.

Променом покровности врсте *V. myrtillus* током времена на подручју Француске бавили су се Coudun и Gégout (2007). У својим истраживањима они су закључили да се на основу карактеристика земљишта може предвидети бројност и покровност врсте на регионалном нивоу. Модел који су у својим истраживањима приказали Coudun и Gégout (2007) показује да покровност врсте *V. myrtillus* зависи од рН вредност земљишта, C/N односа и температуре ваздуха. Према њиховим истраживањима покровност проучаване врсте могла би бити већа од 50% када су услови



средине такви да је рН вредност земљишта  $< 4$ , однос  $C/N > 30$ , а температура ваздуха  $< 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Према VSD моделу промене рН вредности земљишта које се дешавају на свим проучаваним локалитетима до 2004. су мале. Након овог периода до циљне године (2100. год.) вредности би биле стабилне и кретале би се између 4 и 4,3. Вредности односа  $C/N$  проучаваних локалитета су током времена стабилне, једино се на локалитету Дивчибаре у извесној мери смањује (са 22,5 до 18,2). Однос  $C/N$  на истраживаним локалитетима креће се од 10,9 до 18,2.

VSD модел, који је коришћен за предикцију промена покровности одабраних врста на проучаваним локалитетим, не детектује промене покровности врста *V. vitis-idaea* и *V. uliginosum*. Значајне промене покровности током времена модел предвиђа за врсту *Luzula sylvatica* на свим локалитетима на којима се она налази у групи карактеристичних врста (Бабин зуб, Крваве баре, Пајино пресло и Камена гора). Покровност врсте *Luzula sylvatica* на наведеним локалитетима значајно се мења током праћеног периода. С обзиром да је реч о врсти која се јавља на стаништима која се одликују малим садржајима азота, у периоду прекорачења (за изабрани критеријум рН 4.0) забележених између 1975. и 1980. год., као и неколико година након тога покровност врсте *Luzula sylvatica* значајно опада, да би након опоравка екосистема покровност ове врсте знатно порасла. Насупрот поменутој врсти, нитрифилне врсте показују супротан тренд. Такве врсте су *Avenella flexuosa* (Дивчибаре) и *Oxalis acetosella* (Камена гора). Наиме, покровност ових врста расте у периоду прекорачења, да би након опоравка и стабилизације покровност ових врста знатно опала. Модел предвиђа значајан пад покровности врсте *Calamagrostis arundinacea* на локалитетима Сребрнац и Власина, као и за врсту *Thymus sp.* на локалитету Копрен. На локалитету Дивчибаре, модел не предвиђа промене покровности врсте *V. myrtilus*, као ни на локалитету Пајино пресло. На осталим локалитетима у периоду прекорачења (за изабрани

критеријум рН 4.0) забележених између 1975. и 1980. год., као и неколико година након тога покривност врсте је нижа у односу на касније година када екосистеми пређу фазу опоравка. У стабилној фази екосистема модел предвиђа благи пораст покривности врсте *V. mytilus*. Поменути пораст покривности нешто је израженији на локалитету Копрен.

## 6.6. Социоекономски аспекти сакупљања врсте *Vaccinium myrtillus* на подручју Националног Парка Копаоник

Врста *V. myrtillus*, као лековита и јестива врста и врста која спада у групу НДШП, представља значајан биолошки и економски ресурс Србије.

За ову врсту истраживања изабран је НП Копаоник зато што је овај планински масив, поред Старе планине и Власине, познат у Србији по вишедеценијском сакупљању боровнице. Са друге стране, с обзиром да заштићена природна добра представљају очувани део природе посебних вредности. Велики број аутора (Belem *et al.*, 2007; Metaј, 2009; Wong, 2000; Naughton-Treves *et al.*, 2005; Tomićević *et al.*, 2009 и др.) се бави проблематиком која се односи на сакупљања и употребу природних ресурса у заштићеним природним добрима, при чему се посебан акценат ставља на значај одрживог коришћења природних ресурса. Ова чињеница је такође била разлог да се, за потребе социоекономских истраживања сакупљања боровнице, као највиша категорија заштићеног природног добра изабере управо НП Копаоник.

Одрживо коришћење НДШП може значајно допринети домаћинствима која зависе од ових производа (Clendon, 2001; Belcher *et al.*, 2005; Marshall *et al.*, 2005; Ros-Tonen и Wiersum, 2005; FAO, 2006; Ahenkan и Boon, 2010), омогућити зараду и запослење (Peters, 1996; Ros-Tonen, 1999; Andel, 2000; Marshall *et al.*, 2003) и понудити могућност за развој одређених предузећа (Shackleton и Shackleton, 2004; Subedi, 2006).

Законом о заштити природе је јасно дефинисано да је употреба било каквог техничког средства које може оштетити или уништити биљку или њено станиште забрањено (Службени Гласник РС бр. 38/08). Упркос томе 94% испитаника користи бераљке или гребене за сакупљање плодова боровнице. Затим, према поменутом закону сакупљање заштићених врста ради коришћења, односно стављања у промет, се не може вршити на подручју заштићеног природног добра, осим ако прописима о режиму

заштите природног добра није друкчије одређено. На подручју НП Копаоник успостављена су три режима заштите. Истовремено, дефинисањем режима заштите дефинисане су и активности које су забрањене у сваком режиму заштите. У I степену заштите утврђује се забрана коришћења природних богатстава и искључују сви други облици коришћења простора и активности осим научних истраживања и контролисане едукације (Завод за заштиту природе Србије, 2003 - 2004).

Без обзира на јасно дефинисана ограничења учесници овог истраживања, тј. испитаници су навели да боровницу сакупљају и на оним локалитетима који се налазе у оквиру I степена заштите. Строго контролисано, односно селективно и ограничено сакупљање природних ресурса подразумева очување 30% популације врсте која се експлоатише (Службени Гласник РС бр. 38/08). Овај услов се не поштује приликом сакупљања боровнице на подручју НП Копаоник. Берачи нису упознати са овим ограничењима што се уочава на основу њихових изјава, а администрација НП не врши контролу, пре свега како би избегли конфликт са берачима. Старалац заштићеног природног добра (у овом случају НП Копаоник), поред контроле брања коју треба да спроводи континуирано, је у обавези да организује стручну обуку или други облик рада са сакупљачима заштићених врста, да сваке године изврши проверу знања сакупљача и да сакупљачима изда потврду о стручној оспособљености са роком важења за сакупљачку сезону (Службени Гласник РС бр. 38/08). Међутим, у пракси ово није случај. Експерти и управљачи НП Копаоник као разлог за то наводе недостатак инвестиција и недовољан број стручног особља. Са друге стране, неки од берача сматрају да им таква обука није неопходна. Законом (Гласник РС бр. 38/08) је предвиђено да се у зависности од врсте одреди време почетка сакупљања врсте, тачније период сакупљања. Тај период сакупљања за ову врсту није одређен, што се уочава на основу резултата спроведене анкете на терену.

Резултати социјалних аспеката прикупљања боровнице указују да је начин на који се то ради неодржив.

Недостатак обучене администрације са одговарајућим вештинама, недостатак финансијске и техничке подршке за очување биодиверзитета које би влада или донатори требало да обезбеде као и низак ниво свести локалног становништва о значају очувања природних ресурса су неке од главних препрека за унапређење стања биодиверзитета (Banjade и Paudel, 2008; Metaj, 2009; Sandemose, 2009).

На основу резултата социо - економских истраживања, али и на основу резултата који су добијени применом VSD модела који не предвиђа смањење бројности ове врсте, неке од препорука за превазилажење постојећих проблема експлоатације врсте *V. myrtillus* могле би бити следеће: С обзиром да традиционално сакупљање биолошких ресурса ради њихове употребе у домаћинству, не угрожава ове врсте као што то чини комерцијализација НДШП, пре свега, неопходно је испланирати мониторинг који би био континуиран и на тај начин истражити како сакупљање НДШП, у овом случају плодова врсте *V. myrtillus*, у комерцијалне сврхе утиче на њихову бројност, односно очување популација ове врсте. На основу таквог мониторинга могуће је планирати количине плодова које се на одређеним локалитетима могу експлоатисати, при чему би требало водити рачуна и о потребама локалног становништва (што укључује и зараду коју би становништво имало експлоатацијом овог ресурса). На тај начин конфликти између локалног становништва и администрације НП Копаоник би могли бити избегнути. Старалац природног добра би морао да има обучено особље чији би задатак био едукација берача, односно локалног становништва, о значају очувања биолошких ресурса и начину на који се то ради. Такође, стараоци природног добра требало би да буду јасни и одлучни у забрани експлоатације плодова врсте *V. myrtillus* у I степену заштите.

## 7. ЗАКЉУЧЦИ

- Од 12 анализираних анатомских и 4 морфолошка карактера листова, као особине на основу којих је могуће уочити диференцијацију између популација у оквиру исте врсте, издвајају се карактери „дебљина листа“ и „површина листа“. Раздвајање популација све три истраживане врсте није условила географска удаљеност локалитета. Уочено је да би на раздвајање (повезивање) популација врсте *V. myrtillus* утицај могла имати надморска висина локалитета, а самим тим и просечна годишња температура ваздуха. Висинска разлика између локалитета на којима су узорковане популација врста *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea*, није изражена, па се раздвајање тих популација не може коментарисати на овај начин. Кластер анализа морфо-анатомских карактера листова истраживаних популација указују на постојање генетичке диференцијације популација.

- Молекуларна RAPD техника примењена за детекцију генетичке структуре врста рода *Vaccinium* показала је високу информативност у детекцији сличности и разлика између проучаваних популација. Удео клонског размножавања је незнатан код популација врста *V. myrtillus* и *V. uliginosum*, али је у нешто већем обиму присутан код врсте *V. vitis - idaea*. Установљено је да је генетички диверзитет у оквиру проучаваних популација низак до умерен, што се такође разликује од резултат добијених за ове врсте на подручју Белгије, Шведске, Финске и Норвешке. Резултати овог истраживања се подударују са резултатима истраживања генетичког диверзитета врсте *V. uliginosum* спроведена на неколико локалитета на планинама јужне Европе. Диференцијација између популација код све три истраживане врсте је много већа од очекиване за врсте са сличним биолошким карактеристикама. Такође, удео унутарпопулационе варијабилности у укупној молекуларној варијанси је низак, у поређењу са резултатима добијеним за исте врсте на подручју западне и северне

Европе (Белгија, Шведска, Финске, Норвешка). Мали генетички диверзитет популација, низак ниво унутарпопулационе варијабилности и велика диференцијација између популација су резултат географске и орографске изолованости ових врста (услед постгласијалног повлачења ових врста на одговарајућа станишта), малог протока гена између популације, као и генетичког дрефта који је снажан у изолованим популацијама.

- Анализом заједница у којима су заступљене врсте рода *Vaccinium* на подручју Србије закључује се да се врста *Vaccinium myrtillus* јавља у брдским и планинским подручјима, у висинској зони од 600 до 2500 m. За разлику од ње врсте *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea* су, пре свега везане за субалпијску и алпијску зону. Земљишта на којима се развијају ове врсте су кисела земљишта развијена на серпентиниту или силикату. Као едификатор или као карактеристична врста, *V. myrtillus* се јавља у знатно већем броју заједница у поређењу са врстама *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea*.

- Према садржају тешких метала у изданцима може се издвојити врста *V. uliginosum*. Анализама је утврђено да је у листовима и стабљикама врсте *V. uliginosum*, на локалитетима где су узорковане и друге две врсте или једна од њих, усвојена количина Zn, Pb, Cd и Ni била увек виша 1,5 до 2, па и до 5 пута. На локалитету Пајино пресло, садржај Cd је био изван дозвољених граница у листовима и стабљикама *V. uliginosum*. На основу таквих резултата, препоручује се разматрање употребе врсте *V. uliginosum* у програмима фиторемедијације станишта у висинској зони која одговарају овој врсти, на земљиштима развијеним на силикату или серпентиниту. Када је у питању врста *V. myrtillus* издвајају се јединке се локалитета Дивчибаре, у којима су измерене концентрације Pb, Cr и Ni биле значајно више у односу на друге врсте. Овакви резултати су очекивани, с обзиром

на чињеницу да је реч о локалитету на којем су земљишта развијена на серпентиниту.

- Примена VSD модела не детектује промене покровности врста *V. uliginosum* и *V. vitis-idaea* на проучаваним локалитетима. Такође, VSD модел не предвиђа промену покровности врсте *V. myrtillus* на локалитетима Дивчибаре и Пајино пресло (Копаоник). На осталом локалитетима модел предвиђа благи пораст покровности врсте *V. myrtillus* од тренутка када екосистеми уђу у стабилну фазу (при изабраном критеријуму: рН 4.0, после 1980. године).

- Истраживања експлоатације врсте *V. myrtillus* на подручју НП Копаоник показала су да се она врше у супротности са концептом одрживог коришћења. Упркос јасним законским одредбама, која за циљ имају очување популација врста која се интензивно експлоатишу у различите сврхе, популације врсте *V. myrtillus* трпе континуиран и веома снажан притисак. Из тог разлога неопходно је извршити имплементацију закона, који пре свега значи одузимање механичких средстава којима се сакупља боровница, одређивање датума почетка сакупљања, санкционисање сакупљања врсте на оним местима на којима је то забрањено. Са друге стране, финансијска помоћ управљачима овог добра омогућила би образовање кадра, који би затим вршио едукацију берача.



Литература

- Амицић, Л., Красуља, С., Белиј, С. (уред.) (2007):** Заштићена природна добра Србије. Завод за заштиту природе Србије, Министарство животне средине, Београд.
- Амицић, Л., Јанковић, М. М., Јакшић, П. (2003):** Високопланинска вегетација: Метохијске Проклетије-Природна и културна баштина. - Завод за заштиту природе, Београд.
- Блаженчић, Ј. (1990):** Практикум из анатомије биљака са основама микроскопске технике. Научна књига, Београд.
- Бошњак, Ђ. (1997):** Методе истраживања и одређивања физичких својстава земљишта. Југословенско друштво за проучавање земљишта, Нови Сад.
- Васовић, М. (2003):** Подрињско ваљевске планине. Агенција Ваљевац, Истраживачка станица Петница, Ваљево.
- Гајић, М., Којић, М., Ивановић, М. (1954):** Преглед шумских фитоценоза планине Маљена. Гласник Шумарског факултета 7: 255-276.
- Гајић, М. (1980):** Преглед врста флоре СР Србије са биљногеографским ознакама. Гласник Шумарског факултета, серија А, 54: 111-141.
- Гајић, М. (1989):** Флора и вегетација Голије и Јавора. Шумарски факултет, Београд.
- Ђукановић, Д. (1967):** Клима среза Лесковац. Београд.
- Ђукановић, Д. (2000):** Клима ваљевског краја. Скупштина општина Ваљево.
- Завод за заштиту природе Србије (2003-2004):** Просторни план подручја Националног парка Копаоник. Заштита и уређење постојећих природних вредности животне средине. Завод за заштиту природе Србије, Београд.

- Јанковић, М. (1972):** Фам. Vacciniaceae Lindl. У: М. Јосифовић (уред.): Флора СР Србије III. Српска академија наука и уметности, Београд: 465-469.
- Јанковић, М. (1998):** Општи поглед на вегетацијски диверзитет Проклетија. Заштита природе, Београд 50: 41-56.
- Јосифовић, М. (уред.) (1970-1977):** Флора СР Србије, I - VIII. Српска академија наука и уметности, Београд.
- Кадовић Р., Кнежевић, М. (2002):** Тешки метали у шумским екосистемима Србије. Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Министарство за заштиту природних богатстава и животне средине Републике Србије, Београд.
- Кастори, Р. (1991):** Физиологија биљака. Наука, Београд.
- Кеча, Љ., Ранковић, Н., Радосављевић, Т. (2009):** Маркетинг недрвних шумских производа - студија случаја предузећа за прераду шумских печурака. Гласник Шумарског факултета 100: 111-128.
- Коњевић, Р., Татић, Б. (2006):** Речник назива биљака. NNK International, Београд.
- Лакушић, Д., Ранђеловић, В. (1995):** Преглед биљних заједница Копаоника. Екологија, Београд 31 (1): 1-16.
- Лакушић, Д. (уред.) (2005):** Станишта Србије, Резултати пројекта "Хармонизација националне номенклатуре у класификацији станишта са стандардима међународне заједнице", Институт за Ботанику и Ботаничка Башта "Јевремовац", Биолошки факултет, Универзитет у Београду, Министарство за науку и заштиту животне средине Републике Србије.
- Лома, Б. (1996):** Дивчибаре. Колубара издавачко друштво, Ваљево.
- Матовић, М., Раткнић, М., Ракоњац, Љ.Б. (2002):** Плодови, зачини и лековито биље шумских подручја Србије и њихова прерада. Зборник радова Института за шумарство 46-47: 111-116.

- Мишић, В., Динић, А., Борисављевић, Љ. (1968):** Структура и развитак субалпске жбунасте вегетације са доминацијом ниске клеке (*Juniperus nana*) и боровнице (*Vaccinium myrtillus*). Архив биолошких наука, Београд 20 (3-4): 129-149.
- Мишић, В., Јовановић - Дуњић, Р., Поповић, М., Борисављевић, Љ., Антић, М., Динић, А., Данон, Ј., Блаженчић, Ж. (1978):** Биљне заједнице и станишта Старе планине. Српска академија наука и уметности, Београд.
- Мратинић, Е., Којић, М. (1998):** Самоникле врсте воћака Србије. Институт за истраживања у пољопривреди, Београд.
- Недељковић, Ј., Кеча, Љ. (2009):** Анализа елемената маркетинг микса недрвних шумских производа у области централне Србије. Гласник Шумарског факултета 102: 83-100.
- Николић, Б.М., Раткнић, М., Ракоњац, Љ.Б., Билибајкић, С. (2004):** Распрострањење и селекција шумских воћних врста у области Врања и Бујановца. Зборник радова Института за шумарство 50-51: 93-101.
- Обратов, Д., Кораћ, М., Гајић, М. (1992):** Практикум из ботанике. Одређивање биљака у шумским асоцијацијама СР Србије. Научна књига, Београд.
- Павић, Р., Булајић, Ж. (2005):** Земљишта околине Власинског језера у функцији рационалне пољопривредне производње. Acta biologica Jugoslavica - серија А: Земљиште и биљка 54: 241 - 247.
- Поповћ, Р., Стефановић, К. (1989):** Упоредна анализа особина земљишта и надземне биомасе биљака ливадских заједница *Poa molinieri-Plantaginietum holostei* и *Koelerietum montanae* на Маљену (Дивчибаре). Гласник Института за ботанику и Ботаничке баште универзитета у Београду XXIII: 57-67.
- Ранђеловић, Н. (1978):** Фитоценолошко еколошке карактеристике брдских травњака југоисточне Србије. Докторска дисертација, Загреб.

- Ранђеловић, В.Н., Златковић, Б.К. (2010):** Флора и вегетација Власинске висоравни. Одсек за биологију и екологију Природно-математички факултет Универзитет у Нишу.
- Раткнић, М., Николић, Б.М., Ракоњац, Љ.Б., Билибајкић, С. (2004):** Природно распрострањење и селекција воћкарица на подручју Пирота, Бабушнице и Димитровграда. Зборник радова Института за шумарство 50-51: 102-111.
- Сарић, М. (уред.) (1989):** Лековите биљке СР Србије. Српска академија наука и уметности, Београд.
- Сарић, Н. (1992):** Флора Србије 1. Српска академија наука и уметности, Београд.
- Сарић, М., Диклић, Н. (1986):** Флора СР Србије 10. Српска академија наука и уметности, Београд.
- Службени гласник Републике Србије (2008):** Уредба о стављању под контролу коришћења и промета дивље флоре и фауне. Министарство животне средине, рударства и просторног планирања Републике Србије, Београд, бр. 38.
- Службени гласник Републике Србије (2010):** Уредба о програму систематског праћења квалитета земљишта. Министарство животне средине, рударства и просторног планирања Републике Србије, Београд, бр. 88.
- Службени гласник Републике Србије (2010):** Уредба о стављању под контролу коришћења и промета дивље флоре и фауне. Министарство животне средине, рударства и просторног планирања Републике Србије, Београд, бр. 10.
- Станковић, Д., Кнежевић, М., Крстић, Б., Шијачић-Николић, М., Вилотић, Д. (2011):** Садржај никла у биљкама и земљишту на подручју заштићеног природног добра „Авала“ – Београд. Гласник Шумарског факултета 103: 131-146.

- Стевановић, В., Стевановић, Б. (1995):** Основни климатски, геолошки и педолошки чиниоци диверзитета копнених екосистема Југославије: 75-96. У: В. Стевановић, и В. Васић, (уред.): Биодиверзитет Југославије са прегледом врста од међународног значаја. Биолошки факултет и Еколибри, Београд.
- Стевановић, Б., Јанковић, М. (2001):** Екологија биљака са основама физиолошке екологије биљака. NNK International, Београд.
- Томић, З. (1992):** Шумске фитоценозе Србије. Шумарски факултет, Београд.
- Томић, З. (2006):** Ревизија и преименовање фитоценоза мезијске букве у Србији. Гласник Шумарског факултета 94: 29 – 82.
- Убавић, М., Дозет, Д., Богдановић, Д. (1993):** Тешки метали у земљишту: 31-46. У: Р. Кастори (уред.): Тешки метали и пестициди у земљиштима Војводине, Пољопривредни факултет, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад.
- Ценцел, Ј. (1966):** Одређивање реакције земљишта, Хемијске методе испитивања земљишта, Приручник за испитивање земљишта, књига 1. Југословенско друштво за проучавање земљишта, Београд: 78-84.
- Adriano, D.C. (2001):** Trace elements in terrestrial environments: Biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. Springer, New York.
- Ahenkan, A., Boon, E. (2010):** Commercialization of non-timber forest products in Ghana: Processing, packaging and marketing. Journal of Food Agriculture and Environment 8: 962-969.
- Albert, T., Raspé, O., Jacquemart, A.L. (2003):** Clonal structure in *Vaccinium myrtillus* L. revealed by RAPD and AFLP markers. International Journal of Plant Sciences 164: 649 – 655.

- Albert, T., Raspé, O., Jacquemart, A.L. (2004):** Clonal diversity and genetic structure in *Vaccinium myrtillus* populations from different habitats. Belgian Journal of Botany 137: 155 - 162.
- Albert, T., Raspé, O., Jacquemart, A.L. (2005):** Diversity and spatial structure of clones in *Vaccinium uliginosum* populations. Canadian Journal of Botany 83: 211 - 218.
- Allen, M.F. (1991):** The ecology of mycorrhiza. Cambridge University Press, England.
- Alsos, I.G., Engelskjøn, T., Brochmann, C. (2002):** Conservation genetics and population history of *Betula nana*, *Vaccinium uliginosum*, and *Campanula rotundifolia* in the Arctic Archipelago of Svalbard. Arctic, Antarctic and Alpine Research 34: 408 - 418.
- Altrichter, H., Feldman, A., Posch, P. Somekh, B. (2008):** Teachers investigate their work; An introduction to action research across the professions. Routledge, London.
- Andel, T.R. (2000):** Non-timber Forest Products of the North-West District of Guyana Part II, A Field Guide. Tropenbos-Guyana Series 8: 12 - 81.
- Archak, S., Gaikwad, B., Gautam, D., Rao, V., Swamy, M., Karihaloo, L. (2003):** Comparative assessment of DNA fingerprinting techniques (RAPD, ISSR and AFLP) for genetic analysis of cashew (*Anacardium occidentale* L.) accessions of India. Genome 46: 362 - 369.
- Areškevičiūtė, J., Paulauskas, A., Česonienė, L., Daubaras, R. (2006):** Genetic characterisation of wild cranberry (*Vaccinium oxycoccos*) from Čepkeliai reserve by the RAPD method. Biologija 1: 5 - 7.
- Arias, D.M., Albarrán-Lara, A.L., González-Rodríguez, A., Peñaloza-Ramírez, J., Dorado, O., Leyva, E. (2012):** Genetic diversity and structure of wild populations of the tropical dry forest tree *Jacaratia mexicana* (Brassicales: Caricaceae) at a local scale in Mexico. Revista de Biología Tropical 60 (1): 1 - 10.

- Arif, I.A., Khan, H.A. (2009):** Molecular markers for biodiversity analysis of wildlife animals: a brief review. *Animal Biodiversity and Conservation* 32: 9 - 16.
- Arif, I.A., Bakir, M.A., Khan, H.A., Al Farhan, A.H., Al Homaidan, A.A., Bahkali, A.H., Al Sadoon, M., Shobrak, M. (2010):** Application of RAPD for molecular characterization of plant species of medicinal value from an arid environment. *Genetics and Molecular Research* 9 (4): 2191-2198.
- Bagchi, D., Roy, S., Patel, V., He, G.L., Khanna, S., Ojha, N., Phillips, C., Ghosh, S., Bagchi, M., Sen, C.K. (2006):** Safety and wholebody antioxidant potential of a novel anthocyanin-rich formulation of edible berries. *Molecular and Cellular Biochemistry* 281: 197 - 209.
- Banjade, M.R., Paudel, N.Sh. (2008):** Economic Potential of Non-timber Forest Products in Nepal: Myth or Reality? *Journal of Forest and Livelihood* 7(1): 36 - 48.
- Barcan, V., Kovnatsky, E., Smetannikova, M. (1998):** Absorption of heavy metals in wild berries and edible mushrooms in an area affected by smelter emissions. *Water, Air and Soil Pollution* 103:173 - 95.
- Bartish, I.V., N. Jeppson, Nybom, H. (1999):** Population genetic structure in the dioecious pioneer plant species *Hippophae rhamnoides* investigated by random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *Molecular Ecology* 8: 791 - 802.
- Bartish, I.V., Garkava, L.P., Rumpunen, K., Nybom, H. (2000):** Phylogenetic relationship and differentiation among and within population of *Chaenomeles* Lindl. (Rosaceae) estimated with RAPDs and isozyme. *Theoretical and Applied Genetics* 101: 554 - 563.
- Belcher, B., Ruiz Pérez, M., Achdiawan, R. (2005):** Global patterns and trends in the use and management of commercial NTFPs: Implications for livelihoods and conservation. *World Development* 9: 1435 - 1452.

- Belchikova, N.P. (1975):** Determination of soil humus by method of I.V. Tjurin. In: Sokolov, A.V. (ed): Agrochemical methods of soil investigations. Publishing house "Nauka", Novosibirsk: 56 - 62.
- Belem, B., Nacoulma, B.M.I., Gbangou, R., Kambou, S., Hansen, H.H., Gausset, Q., Lund, S., Ræbild, A., Lompo, D., Ouedraogo, M., Theilade, I., Boussim, I.J. (2007):** Use of non wood forest products by local people bordering the "Parc National Kabore' Tambi", Burkina Faso. *Journal of Transdisciplinary Environmental Studies* 6 (1): 1 - 21.
- Belyazid, S., Kurz, D., Sverdrup, H., Braun, S., Rhim, B. (2009):** Developing a method for estimating critical loads of nitrogen deposition under a changing climate, based on biological indicators. CCE Status Report.
- Bobbink, R., Hornung, M., Roelofs, J.G.M. (1998):** The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology* 86: 717 - 738.
- Boches, P.S., Bassil, N.V., Hummer, K. (2006):** Cross-Species Amplification of SSRs in the Genus *Vaccinium*. *Proceedings of Conference on Vaccinium Culture*: 119 - 127.
- Bolaric, S., Barth, S., Melchinger, A.E., Posselt, U.K. (2005):** Genetic diversity in European perennial ryegrass cultivars investigated with RAPD markers. *Plant Breeding* 124: 161 - 166.
- Bossart, J.L., Prowell, D.P. (1998):** Genetic estimates of population structure and gene flow: limitations, lessons and new directions. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 202 - 206.
- Bowen, H.J.M. (1979):** Environmental chemistry of the elements - Academic Press, London.
- Bown, D. (1995):** Encyclopaedia of Herbs and their Uses. Dorling Kindersley, London.
- Bradley, R., Burt, A.J., Read, D.J. (1982):** The biology of mycorrhiza in the Ericaceae VIII. The role of the mycorrhizal infection in heavy metal resistance. *New Phytologist* 1, 197 - 209.



- Bruederle, L.P., Vorsq, N., Ballington, J.R. (1991):** Population genetic structure in diploid blueberry *Vaccinium* section *Cyanococcur* (Ericaceae). *American Journal of Botany* 78: 230 – 237.
- Bruederle, L.P., Hugan, M.S., Dignan, J.M., Vorsa, N. (1996):** Genetic variation in natural populations of the large cranberry, *Vaccinium macrocarpon* Ait. (Ericaceae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 123 (1): 41 – 47.
- Camire, M.E., Dougherty, M.P., Briggs, J.L. (2007):** Functionality of fruit powders in extruded corn breakfast cereals. *Food Chemistry* 101: 765 – 770.
- Cavelier, J. (1996):** Environmental factors and ecophysiological processes along altitudinal gradients in wet tropical mountains, In: S.S., Mulkey, R.L., Chazdon, A.P., Smith (Eds.): *Tropical forest plant ecophysiology*. Chapman and Hall, New York, New York: 399–436.
- Chapman, J., Lacy, T.D., Whitmore, M. (2006):** Sustainability practice and sustainable use. In: M., Lockwood, G.L., Worboys, A., Kothari (Eds.): *Managing protected areas. A global guide*. IUCN, Earthscan, London: 377-405.
- Charles, A.K., David, D.A., (2003):** Evolution and plasticity of photosynthetic thermal tolerance, specific leaf area and leaf size: congeneric species from desert and coastal environments. *New Phytologist* 160 (2): 337 – 349.
- Charpentier, A. (2002):** Consequences of clonal growth for plant mating. *Evolutionary Ecology* 15: 521 – 530.
- Chevallier, A. (1996):** *The Encyclopedia of Medicinal Plants*. Dorling Kindersley Publishing, Australia.
- Chiej, R. (1984):** *Encyclopaedia of Medicinal Plants*. MacDonald Publishers, London.
- Cho, M.J., Howard, L.R., Prior, R.L., Clark, J.R. (2005):** Flavonol glycosides and antioxidant capacity of various blackberry and blueberry genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass

- spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 2149 – 2158.
- Choo, B.K., Moon, B.C., Ji, Y., Kim, B.B., et al. (2009):** Development of SCAR markers for the discrimination of three species of medicinal plants, *Angelica decursiva* (*Peucedanum decursivum*), *Peucedanum praeruptorum* and *Anthriscus sylvestris*, based on the internal transcribed spacer (ITS) sequence and random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 32: 24 - 30.
- Choudhury, P.R. (2007):** Forest-route to Poverty Alleviation - Myths and Realities: Analysis of NTFP-livelihood Linkages in Some Indian States. Poster Presented in the RRI Conference in Bangkok, 4-7 September 2007.
- Clark-Tapia, R., Alfonso-Corrado, C., Mandujano, M.C., Molina-Freaner, F. (2006):** Reproductive consequences of clonal growth in *Stenocereus eruca*, a rare clonal cactus of the Sonoran desert. *Evolutionary Ecology* 20: 131 – 142.
- Clendon, K. (2001):** The Role of Forest Food Resources in Village Livelihood Systems: A Study of Three Villages in Salavan Province. Lao PDR, Vientiane: IUCN/ NAFRI Project.
- Cordell, S., Goldstein, G., Mueller-Dombois, D., Webb, D., Vitousek, P.M. (1998):** Physiological and morphological variation in *Metrosideros polymorpha*, a dominant Hawaiian tree species, along an altitudinal gradient: the role of phenotypic plasticity. *Oecologia* 113: 188–196.
- Coudun, Ch., Gégout, J.C. (2007):** Quantitative prediction of the distribution and abundance of *Vaccinium myrtillus* with climatic and edaphic factors. *Journal of Vegetation Science* 18: 517 - 524.
- Crawshaw, J., Chambers, J. (2001):** A Concise Course in Advanced Level Statistics with worked examples. Cheltenham: Nelson Thornes, United Kingdom.

- De Benedetti, L., Mercuri, A., Bruna, S., Burchi, G., et al. (2001):** Genotype identification of ornamental species by RAPD analysis. *Acta Horticulturae* 546: 391 - 394.
- Debnath, S.C. (2007a):** Tissue culture strategies to propagate *Vaccinium* species and cloudberry. International Conference: "Vaccinium species and less known small fruits: cultivation and health benefits", Nitra, Slovak Republic, September 30-October 5: 54-55.
- Debnath, S.C. (2007b):** An assessment of the genetic diversity within a collection of wild cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) clones with RAPD-PCR. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54: 509 - 517.
- Debnath, S.C. (2007c):** Strategies to propagate *Vaccinium* nuclear stocks for the Canadian berry industry. *Canadian Journal of Plant Science* 87: 911 - 922.
- Debnath S.C. (2009d):** Development of ISSR markers for genetic diversity studies in *Vaccinium angustifolium*. *Nordic Journal of Botany* 27 (2): 141 - 148.
- De Riek, J., Calsyn, E., Everaert, I., Van Bockstaele, E., De Loose, M. (2001):** AFLP-based alternatives for the assessment of distinctness, uniformity and stability of sugar beet varieties. *Theoretical and Applied Genetics* 103: 1254 - 1265.
- De Vries, W., Bakker, D.J. (1999):** Manual for calculating critical loads of heavy metals for terrestrial ecosystems. Guidelines for critical limits, calculation methods and input data. Wageningen, DLO Winand Staring Centre, Report.
- De Vries, W., Bakker, D.J. (1996):** Manual for calculating critical loads of heavy metals for soils and surface waters. Preliminary guidelines for critical limits, calculation methods and input data. DLO Winand Staring Centre, Report 114, Wageningen.
- De Vries, W., Reinds, G.J., Vel, E. (2003):** Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe: 2. Atmospheric deposition and its impacts on soil solution chemistry. *Forest Ecology and Management* 174 (1-3): 97 - 115.

- De Vries, W. et al. (2007):** Developments in deriving critical limits and modelling critical loads of nitrogen for terrestrial ecosystems in Europe. Alterra - report 1382. Alterra, Wageningen and CCE, Bilthoven.
- Dierßen, K. (1996):** Vegetation Nordeuropas. Ulmer, Stuttgart, Deutschland.
- Dilcher, D.L. (1973):** A paleoclimatic interpretation of Eocene floras of southeastern North America. In: A., Graham (Ed.): Vegetation and vegetational history of northern Latin America. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands: 39 - 59.
- Dirr, M.A. (1990):** Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses. Champaign, Ill: Stipes Publishing.
- Dolph, G.E., Dilcher, D.L. (1980):** Variation in leaf size with respect to climate in Costa Rica. Biotropica 12: 91 - 99.
- Donnelly, R., Helberg, U., Dajic, Z. (2010):** Balkans Herbal Development Initiative - Phase 1 Final Summary Report - Serbia and Montenegro. Environmental and Social Assessment Economic & Activity Mapping Export potential of Balkan herbs to the European Union.
- Doyle, J.J., Doyle, J.L. (1990):** Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus 12: 13 - 15.
- Eidesen, P.B., Alsos, I.G., Popp, M., Stensrud, Ø., Suda, V., Brochmann, C. (2007):** Nuclear vs. plastid data: complex Pleistocene history of a circumpolar key species. Molecular Ecology 16: 3902 - 3925.
- Ellenberg, H. (1988):** Vegetation ecology of Central Europe. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
- Ellstrand, N.C., Elam, D.R. (1993):** Population genetic consequences of small population size: Implications for plant conservation. Annual Review of Ecology and Systematics 24: 217 - 242.
- Ellsworth, D.L., Rittenhouse, K.D., Honeycutt, R.L. (1993):** Artifactual variation in randomly amplified polymorphic DNA banding patterns. Biotechniques 14: 214 - 217.

- Eriksson, O. (1989):** Seedling dynamics and life histories in clonal plants. *Oikos* 55: 231 – 238.
- Eriksson, O. (1993):** Dynamics of genets in clonal plants. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 313 – 316.
- Excoffier, L., Smouse, P.E., Quattro, J.M. (1992):** Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics* 131: 479 - 491.
- Excoffier, L. (2010):** Arlequin ver 3.5 CMPG, Institute of Ecology and Evolution, University of Bern.
- Flower-Ellis, J.G.K. (1971):** Age, structure and dynamics in stands of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). Royal College of Forestry, Stockholm, Department of Forest Ecology and Forest Soils, Research Note No. 9.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) (1995):** Non Wood Forest Products for Rural Income and Sustainable Forestry. Rome: FAO NWFPs 7.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2006):** Can Non- Wood Forest Products Help Contribute to Achieving The Millennium Development Goals? Rome: 2 - 14.
- Garkava-Gustavsson, K., Persson, H.,A., Nybom, H., Rumpunen, K., Gustavsson, B.A. and Bartish I., V. (2005):** RAPD-based analysis of genetic diversity and selection of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) material for ex situ conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 52: 723 – 735.
- Gerdol, R., Anfodillo, T., Gualmini, M., Bragazza, L., Brancaloni, L. (2004):** Biomass distribution of two subalpine dwarf shrubs with contrasting leaf habit in relation to soil moisture and soil nutrient content. *Journal of Vegetation Science* 15: 457 - 464.
- Gibbons, B., Brough, P. (1996):** The Hamlyn photographic guide to the wild flowers of Britain and Northern Europe. Chancellor press, London.

- Golam, R., Madhav, K., Ram, P.S. (2008):** The role of non-timber forest products in poverty reduction in India: Prospects and problems. *Development in Practice* 6: 779 – 788.
- Grubb, P.J. (1977):** Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: with special reference to mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8: 83 – 107.
- Hall, B.R., Raynal, D.J., Leopold, D.L. (2001):** Environmental influences on plant species composition in ground-water seeps in the Catskill Mountains of New York. *Wetlands* 21: 125 – 134.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2009):** PAST – palae-ontological statistics, ver. 1.89. Available at <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- Hamrick, J.L., Godt, M.J. (1990):** Allozyme diversity in plant species. In: A.H.D., Brown, M.T., Clegg, A.L., Kahler, B.S., Weir (Eds.): *Plant population genetics, breeding, and genetic resources*. Sinauer, Sunderland, MA: 43 - 63.
- Hamrick, J.L., Godt, M.J.W. (1996):** Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 351: 1291 – 1298.
- Henry, R.J. (1997):** *Practical applications of plant molecular biology*. Chapman and Hall, London.
- Hettelingh, J-P., de Vries W., Schoepp, W., Downing, R.J., de Smet, P.A.M. (1991):** Methods and Data. In: J-P., Hettelingh, R.J., Downing, P.A.M., De Smet (Eds.): *Mapping critical loads for Europe*, CCE Technical report № 1. National Institute of Public Health and the Environment, Netherlands: 31 - 43.
- Hirai, M., Yoshimura, S., Ohsako, T., Kubo, N. (2010):** Genetic diversity and phylogenetic relationships of the endangered species *Vaccinium sieboldii* and *Vaccinium ciliatum* (Ericaceae). *Plant Systematics and Evolution* 287 (1-2): 75 – 84.

- Honnay, O., Bossuyt, B. (2005):** Prolonged clonal growth: escape route or route to extinction? *Oikos* 108: 427 - 432.
- Honnay, O., Jacquemyn, H. (2007):** Susceptibility of common and rare plant species to the genetic consequences of habitat fragmentation. *Conservation Biology* 21: 823 - 831.
- Huff, DR., Pcakall, R., Smouse, P.E. (1993):** RAPD variation within and among natural populations of outcrossing buffalograss (*Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm.). *Theoretical and Applied Genetics* 86: 927 - 934.
- Huxley, A. (ed.) (1992):** The new Royal Horticultural Society dictionary of gardening. Volume 4. New York: Stockton Press.
- Iezzoni, A.F., Pritts, M.P. (1991):** Applications of principal component analysis to horticultural research. *Hortscience* 26: 334 - 338.
- IPGRI and Cornell University (2003):** Using molecular marker technology in studies on plant genetic diversity DNA-based technologies. PCR-based technologies PCR with arbitrary primers (RAPDs, DAF, AP-PCR).
- Jaakola, L. (2003):** Flavonoid biosynthesis in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). Academic Dissertation. Department of Biology, University of Oulu. URL: <http://herkules.oulu.fi/isbn9514271599/>
- Jacquemart, A.L. (1996):** Biological flora of the British Isles: *Vaccinium uliginosum* L. *Journal of Ecology* 84: 771 - 785.
- Jacquemart, A.L., Thompson, J.D. (1996):** Floral and pollination biology of three sympatric *Vaccinium* (Ericaceae) species in the Upper Ardenne, Belgium. *Canadian Journal of Botany* 74: 210 - 221.
- Jacquemart, A.L. (2003):** Floral traits of Belgian Ericaceae species: are they good indicators to assess the breeding systems? *Belgian Journal of Botany* 136: 154 - 164.
- Jacquemyn, H., Brys, R., Honnay, O., Henry, M., Roldán-Ruiz, I. (2006):** Sexual reproduction, clonal diversity and genetic differentiation in patchily distributed populations of the temperate forest herb *Paris quadrifolia* (Trilliaceae). *Oecologia*, 147 (3): 434-444.

- Javorka S., Csapody, V. (1934):** Iconographia florae Hungaricae, Budapest.
- Jensen, W.A. (1962):** Botanical Histochemistry: Principles and Practice. W. H. Freeman and Co., San Francisco and London.
- Jones, H.G. (1992):** Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Jones, L.H.P., Jarvis, S.C. (1981):** The fate of heavy metals. In: J.D., Greenland, M.H.B., Hayes (Eds.): The Chemistry of Soil Processes. Wiley & Sons, NY: 593 - 620.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2000):** Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, Fla, USA.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1992):** Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, Fla, USA.
- Kao, W.Y., Chang, K.W. (2001):** Altitudinal trends in photosynthetic rate and leaf characteristics of *Miscanthus* populations from central Taiwan. Australian Journal of Botany 49: 509 - 514.
- Kim, Y.H., Bang, C.Y., Won, E.K., Kim, J.P., Choung, S.Y. (2009):** Antioxidant activities of *Vaccinium uliginosum* L. extract and its active components. Journal of Medicinal Food 12 (4): 885 - 892.
- Kirkman, W.B., Ballington, J.R. (1985):** Wells Delight and Bloodstone creeping blueberries. Hortscience 20 (6): 1138 - 1140.
- Kloke, A., Sauerbeck, D.R., Vetter, H. (1984):** The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains. In: J.O., Nriagu (ed.): Changing Metal Cycles and Human Health. Dahlem, Konferenzen, Springer-Verlag, Berlin: 113 - 141.
- Kofidis, G., Bosabalidis, A. M., Moustakas, M. (2007):** Combined effects of altitude and season on leaf characteristics of *Clinopodium vulgare* L. (Labiatae). Environmental and Experimental Botany 60: 69 - 76.



- Kozanecka, T., Chojnicki, J., Kwasowski, W. (2002):** Content of Heavy Metals in Plant from Pollution-Free Regions. Polish Journal of Environmental Studies (11) 4: 395 - 399.
- Kreher, S. A., Foré, S. A., Collins, B. S. (2000):** Genetic variation within and among patches of the clonal species, *Vaccinium stamineum* L. Molecular Ecology 9 (9): 1247 - 1252.
- Kresovich, S., Williams, J.G.K., McFerson, J.R., Routman, E.J., Schaal, B.A.. (1992):** Characterization of genetic identities and relationships of *Brassica oleracea* L. via a random amplified polymorphic DNA assay. Theoretical and Applied Genetics 85: 190 - 196.
- Kukla J., Kuklová, M. (2008):** Growth of *Vaccinium myrtillus* L. (Ericaceae) in spruce forests damaged by air pollution. Pol J Ecol 56, 149-155.
- Langan, S.J., Hall, J., Reynolds, B., Broadmeadow, M., Hornung, M., Cresser, M.S. (2004): The development of an approach to assess critical loads of acidity for woodland habitats in Great Britain. Hydrology and Earth System Sciences 8 (3): 355 - 365.
- Larcher, W. (1995):** Physiological plant ecology, 3rd edn. Springer, Berlin.
- Larsen, H.O., Olsen, C.S. (2007):** Unsustainable collection and unfair trade? Uncovering and assessing assumptions regarding Central Himalayan medicinal plant conservation. Biodiversity Conservation 16: 1679 - 1697.
- Legendre, P., Legendre, L. (1998):** Numerical Ecology. Elsevier, Amsterdam.
- Leigh, E.G. (1975):** Structure and climate in tropical rain forest. Annual Review of Ecology and Systematics 6: 67 - 86.
- Leimu, R., Mutikainen, P., Koricheva, J., Fisher, M. (2006):** How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation? Journal of Ecology 94: 942 - 952.
- Lens, F., Luteyn, J.L., Smets, E., Jansen, S. (2004):** Ecological trends in the wood anatomy of Vaccinioideae (Ericaceae s.l.) Flora 199: 309 - 319.
- Levitt, J. (1980):** Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York.

- Levula, T., Saarsalmi, A., Rantavaara, A. (2000):** Effects of ash fertilization and prescribed burning on macronutrient, heavy metal, sulphur and <sup>137</sup>Cs concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*). *Forest Ecology and Management* 126: 269 - 279.
- Leymarie, J., Lasceve, G., Vavasseur, A. (1999):** Elevated CO<sub>2</sub> enhances stomatal responses to osmotic stress and abscisic acid in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell and Environment* 22(3): 301–314.
- Leyval, C., Turnau, K., Haselwandter, K. (1997):** Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects. *Mycorrhiza* 7: 139 - 153.
- Li, J.J. Pei, G.L., Pang, H.X., Bilderbeck, A., Chene, S.S., Tao, S.H. (2006):** A new method for RAPD primers selection based on primer bias in nucleotide sequence data. *Journal of Biotechnology* 126: 415 - 423.
- Liggareto, G., del Pilar - Patiño, M., Magnitskiy, S.V. (2010):** Phenotypic plasticity of *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) in wild populations of mountain forests in Colombia. *Revista de Biología Tropic* 59 (2): 569 - 583.
- Liu, P., Yang, Y.S., Hao, C.Y. Guo, W.D. (2007):** Ecological risk assessment using RAPD and distribution pattern of a rare and endangered species. *Chemosphere* 68: 1497 - 1505.
- LHBH (Liberty Hyde Bailey Hortorium) (1976):** *Hortus third: a concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada*. 3rd ed. MacMillan, New York.
- Lu, H.P., Cai, Y.W., Chen, X.Y., Zhang, X., et al. (2006):** High RAPD but no cpDNA sequence variation in the endemic and endangered plant, *Heptacodium miconioides* Rehd. (Caprifoliaceae). *Genetica* 128: 409 - 417.
- Lynch, M., Milligan, B.G. (1994):** Analysis of population genetic structure with RAPD markers. *Molecular Ecology* 3: 91 - 99.
- Määttä-Riihinen, K.R., Kamal-Eldin, A., Mattila, P.H., González-Paramás, A.M., Törrönen, A.R. (2004):** Distribution and contents of phenolic

- compounds in eighteen Scandinavian berry species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(14): 4477 - 4486.
- Macnicol, R.D., Beckett, P.H.T. (1985):** Critical tissue concentrations of potentially toxic elements. *Plant and Soil* 85: 107 - 129.
- Maheswaran, M. (2004):** Molecular markers: History, Features and Applications. Department of Plant Molecular Biology and Biotechnology Centre for Plant Molecular Biology Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.
- Mahy, N.L., Perry, P.E., Gilchrist, S., Baldock, R.A., Bickmore, W.A. (2002):** Spatial organization of active and inactive genes and noncoding DNA within chromosome territories. *Journal of Cell Biology* 157: 579 - 589.
- Mäkipää, R. (1999):** Response patterns of *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* along nutrient gradients in boreal forest. *Journal of Vegetation Science* 10 (1): 17 - 26.
- Mantel, N. (1967):** The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research* 27 (2): 209 - 220.
- Marshall, E., Schreckenberg, K., Newton, A. (2003):** Commercialization of non-timber forest products: First steps in analyzing the factors influencing success. *International Forest Review* 2: 128 - 137.
- Marshall, E., Newton, A.C., Schreckenberg, K. (2005):** Commercialization of Non-Timber Forest Products: First Steps in Analysing the Factors Influencing Success. *International Forest Review* 5: 128 - 135.
- Meiners, J., Schwab, M., Szankowski, I. (2007):** Efficient in vitro regeneration systems for *Vaccinium* species. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 89: 169 - 176.
- Membrives, N., Pedrola-Monfort, J., Caujapé-Castells, J. (2003):** Correlations between morphological-anatomical leaf characteristics and environmental traits in Southwest African species of *Androcymbium* (Colchicaceae). *Botanica Macaronésica* 24: 73 - 85.

- Metaj, M. (2009):** Biodiversity and the Protected Areas System. International Journal for Quality research 3 (2): 1 - 9.
- Micheli, M.R., Bova, R., Pascale, E., D'Ambrosio, E. (1994):** Reproducible DNA fingerprint with the random amplified polymorphic DNA (RAPD) method. Nucleic Acids Research 22: 1921 - 1922
- Moerman, D.E. (1998):** Native American Ethnobotany. Portland, OR: Timber Press.
- Morecroft, M.D., Woodward, F.I., (1996):** Experiments on the causes of altitudinal differences in the leaf nutrient contents, size and  $\delta^{13}C$  of *Alchemilla alpina*. New Phytologist 134: 471 - 479.
- Morley, G.F., Sayer, J.A., Wilkinson, S.C., Gharieb, M.M., Gadd, G.M., (1996):** Sequestration, mobilization and transformation of metals and metalloids. In: J.C., Frankland, N., Magan, G.M., Gadd (Eds.): Fungi and Environmental Change, Cambridge University Press, Cambridge: 235 - 256.
- Nagy, S., Poczai, P., Cernák, I., Gorji, A.M., Hegedűs, G., Taller, J. (2012):** PICcalc: An Online Program to Calculate Polymorphic Information Content for Molecular Genetic Studies. Biochem Genet, DOI 10.1007/s10528-012-9509-1.
- Naughton-Treves, L., Holland, M.B., Brandon, K. (2005):** The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. Annual Review of Environment and Resources 30: 219 - 252.
- Nestby, R., Percival, D., Martinussen, I., Opstad, N., Rohloff, J. (2010):** The European blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and the potential for cultivation. A review. The European journal of plant science and biotechnology 5 (1): 5 - 16.
- Neto, C. (2007):** Cranberry and blueberry: Evidence for protective effects against cancer and vascular diseases. Molecular Nutrition and Food Research 51: 652 - 664.

- Nickavar, B., Amin, G., Salehi-Sormagi, M.H. (2003):** Anatomical study on *Vaccinium arctostaphylos* L. *Pharmazie* 58(4): 274 - 278.
- Nordin, A., Strengbom, J., Witzell, J., Näsholm, T., Ericson, L. (2005):** Nitrogen deposition and the biodiversity of boreal forests: implications for the nitrogen critical load. *Ambio* 34: 20–24.
- Nybohm, H., Bartish, I.V. (2000):** Effects of life history traits and sampling strategies on genetic diversity estimates obtained with RAPD markers in plants. *Perspective in Plant Ecology Evolution and Systematics* 300: 93 - 114.
- Nybohm, H. (2004):** Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. *Molecular Ecology* 13: 1143 - 1155.
- Ohsawa, M. (1990):** An interpretation of altitudinal patterns of forest limits in south and east Asian mountains. *Journal of Ecology* 78: 326 - 339.
- Ostrolucká, M.G., Gajdošová, A., Libiaková, G., Hrubiková, K., Bežo, M. (2007):** Protocol for micropropagation of selected *Vaccinium spp.* In: S.M., Jain, H., Häggman (Eds.): *Protocols for micropropagation of woody trees and fruits*. Springer, Berlin Heidelberg New York: 445 - 455.
- Pählsson - Balsberg, A.M. (1989):** Toxicity of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. A literature review. *Water, air and soil pollution* 47: 287 - 319.
- Perotto, S., Peretto, R., Faccio, A., Schubert, A., Varma, A., Bonfante, P. (1995):** Ericoid mycorrhizal fungi: cellular and molecular bases of their interactions with the host plant. *Canadian Journal of Botany* 73: 557 - 568.
- Persson, H.A., Gustavsson, B. A. (2001):** The extent of clonality and genetic diversity in lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) revealed by RAPDs and leaf-shape analysis. *Molecular Ecology* 10: 1385 - 1397.

- Peters, C.M. (1996):** The ecology and management of non-timber forests resources. World Bank Technical Paper Number 322. Washington, DC, The World Bank.
- Peters, C.M., Gentry, A.H., Mendelsohn, R.O. (1989):** Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature* 339: 655 - 656.
- Pillay, M., Kenny, S.T. (1995):** Anomalies in direct pair-wise comparisons of RAPD fragments for genetic analysis. *Biotechniques* 19: 694 - 698.
- Porebski, S., Bailey G.L., Baum, B.R (1997):** Modification of CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. *Plant molecular biology reporter* 15 (1): 8 - 15.
- Pornon, A., Escaravage, N., Thomas, P., Taberlet, P. (2000):** Dynamics of genotypic structure in clonal *Rhododendron ferrugineum* (Ericaceae) populations. *Molecular Ecology* 9: 1099- 1111.
- Posch, M., Reinds, G.J. (2008):** Environmental Modelling & Software 24. [www.trentu.ca/ecosystems/i-likeit](http://www.trentu.ca/ecosystems/i-likeit) or [www.mnp.nl](http://www.mnp.nl)
- Pöykiö, R., Mäenpää, A., Perämäki, P., Niemelä, M., Välimäki I. (2005):** Heavy metals (Cr, Zn, Ni, V, Pb, Cd) in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and assessment of human exposure in two industrial areas in the Kemi-Tornio region, Northern Finland. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 48: 338 - 343.
- Pritchard, J.K, Stephens, M., Donnelly, P. (2000):** Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155: 945 - 959.
- Pugh, R.E., Dick, D.G., Fredeen, A.L. (2002):** Heavy metal (Pb, Zn, Cd, Fe, and Cu) contents of plant foliage near the Anvil Range lead/zinc mine, Faro, Yukon territory. *Ecotox Environ Safe* 52 (3): 273 - 279.
- Ranade, S.A., Farooqui, N., Bhattacharya, E., Verma, A. (2001):** Gene tagging with random amplified polymorphic DNA (RAPD) marker for molecular breeding in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences* 20: 251 - 275.
- Raunkiaer, C. (1934):** The life forms of plants and statistical plant geography, The collected papers of C. Raunkiaer, Clarendon, London.

- Read, D.J. (1991):** Mycorrhizas in ecosystem. *Experientia* 47: 376 - 390.
- Read, D.J. (1993):** Mycorrhizas in plant communities. *Advances in Plant Pathology* 9: 1 - 31.
- Renato, G. (2004):** Growth performance of two deciduous *Vaccinium* species in relation to nutrient status in a subalpine heath. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 200 (2): 168 - 174.
- Ritchie, J.C. (1955):** Biological flora of the British Isles: *Vaccinium vitis-idaea*. *Journal of Ecology* 43: 701 - 708.
- Ritchie, J.C. (1956):** Biological flora of the British Isles: *Vaccinium myrtillus* L. *Journal of Ecology* 44: 291 - 299.
- Rivera-Ocasio, E.T., Aide, M., Mcmillan, W.O. (2002):** Patterns of genetic diversity and biogeographical history of the tropical wetland tree, *Pterocarpus officinalis* (Jacq.), in the Caribbean basin. *Molecular Ecology* 11: 675 - 683.
- Rodushkin, I., Ödman, F., Holmström, H., (1999):** Multi-element analysis of wild berries from northern Sweden by ICP techniques. *Science of the Total Environment* 231: 53 - 65.
- Rohlf, F.J. (1998):** NTSYSpc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Version 2.0. Department of Ecology and Evolution State University of New York Stony Brook, New York: 11794 - 5245.
- Ros-Tonen, M.A.F. (1999):** Refining concepts, objectives and research questions for NTFP research. In: M.A.F., Ros-Tonen (ed.) Seminar proceedings. NTFP research in the Tropenbos Programme: results and perspectives, 28 January 1999. Wageningen: The Tropenbos Foundation.
- Ros-Tonen, M.A.F., Wiersum, K.F. (2005):** The scope of improving rural livelihoods through Non-Timber Forest Products: An evolving research agenda. *Forests, Trees and Livelihoods* 15 (2): 129 - 148.
- Saastamoinen, O., Lohiniva, S. (1998):** Picking of wild berries and edible mushrooms in the Rovaniemi region of Finnish Lapland. *Silva Fennica* 23 (3): 253 - 258.

- Saastamoinen, O., Kangas, K., Aho, H. (2000):** The picking of wild berries in Finland in 1997 and 1998. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 645 – 650.
- Saghai-Maroofo, M.A., Soliman, K.M., Jorgensen, R.A., Allard, R.W. (1984):** Ribosomal DNA spacer – length polymorphism in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. *Proceedings of the National Academy of Science of United States of America* 81: 8014 – 8019.
- Salo, K. (1995):** Non-timber forest products and their utilization. In: M., Hytönen (ed.): *Multiple-use forestry in the Nordic countries*. The Finnish Forest Research Institute: 117 – 155.
- Samant, S.S., Pant, S., Singh, M., Lal, M., Singh, A., Sharma, A. et al (2007):** Medicinal plants in Himachal Pradesh, north western Himalaya, India. *International Journal of Biodiversity Science and Management* 3: 234 – 251.
- Sandemose, P. (2009):** Local People and Protected Areas. The Ban of NTFP collection for commercial use and effects on cash incomes and livelihoods of the Soligas in BR Hills, India. The Norwegian University of Life sciences. Department of international environment and development studies.
- Saxena, N.C. (2003):** Livelihood Diversification and Non-Timber Forest Products in Orissa: Wider Lessons on the Scope for Policy Change? ODI Working Paper No. 223. Overseas Development Institute, London.
- Schaal, B.A., Hayworth, D.A., Olsen, K.M., Rauscher, J.T., Smith, W.A. (1998):** Phylogeographic studies in plants: problems and prospects. *Molecular Ecology* 7: 463–474.
- Scrosati, P. (2002):** An updated definition of genet applicable to clonal seaweeds, bryophytes, and vascular plants. *Basic and Applied Ecology* 3: 97 – 99.



- Semagn, K., Bjørnstad, Å., Ndjiondjop, M.N. (2006):** Principles, requirements and prospects of genetic mapping in plants. *African Journal of Biotechnology* 5 (25): 2569 - 2587.
- Semerdjieva, S.I., Sheffield, E., Phoenix, G.K., Gwynn-Jones, D., Callaghan, T.V., Johnson, G.N. (2003):** Contrasting strategies for UV-B screening in sub-Arctic dwarf shrubs. *Plant, Cell and Environment* 26: 957–964.
- Shackleton, C.M., Shackleton, S.E. (2004):** The importance of nontimber forest products in rural livelihood security and as safety nets: A review of evidence from South Africa. *South African Journal of Science* 100: 658 - 664.
- Shanker, A.K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S. (2005):** Chromium toxicity in plants. *Environment International* 31: 739 - 753.
- Sheffield, E. (2003):** Surface morphology, leaf and cuticle thickness of four dwarf shrubs from a sub-arctic heath following long-term exposure to enhanced levels of UV-B. *Physiologia Plantarum* 117: 289 - 294.
- Shiva, M.P., Verma, S.K. (2002):** Approaches to sustainable forest management and biodiversity conservation: with pivotal role of non-timber forest products. Dehra Dun: Centre for Minor Forest Products, Valley Offset Printers.
- Shukitt-Hale, B., Lau, F.C., Joseph, J.A. (2008):** Berry fruit supplementation and the aging brain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 636 - 641.
- Sienkiewicz, J. (1998):** Assessment of indicatory role of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in bioindication of site pollution, *Ochrona srodowiska i zasobow naturalnych* 15 - 29.
- Skorić, M., Šiler, B., Banjanac, T., Nestorović - Živkoviž, J., Dmitrović, S., Mišić, D., Grubišić, D. (2012):** The reproducibility of RAPD profiles: Effects of PCR components on RAPD analysis on four *Centaureum* species. *Archives of Biological Sciences* 64 (1): 191 - 199.

- Skroch, P., Nienhuis, J. (1995):** Impact of scoring error and reproducibility RAPD data on RAPD based estimates of genetic distance. *Theoretical and Applied Genetics* 91: 1086 – 1091.
- Slatin, M. (1987):** Gene flow and geographic structure of natural populations. *Science (Washington, DC)* 236: 787 – 792.
- Smith, S.E., Read, D.J (1997):** Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, San Diego.
- Sneath, P.H.A., Sokal, R.R. (1973):** Numerical Taxonomy. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Sokolov, A.V. (ed.) (1975):** Agrochemical methods of soil investigations. Publishing house "Nauka", Novosibirsk.
- Song, Q., Sing, K.C. (2004):** *Agrobacterium tumefaciens* - mediated transformation of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Plant Cell Reports* 23: 475 - 484.
- Sork, V.L., Nason, J., Campbell, D.R., Fernandez, J.F. (1999):** Landscape approaches to historical and contemporary gene flow in plants. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 219 - 224.
- SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 10.0 (SPSS, Chicago, IL).**
- StatSoft, Inc. (2012):** Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/>.
- Stewart, C.N.Jr., Nilsen, E.T. (1995):** Phenotypic Plasticity and Genetic Variation of *Vaccinium macrocarpon*, the American Cranberry. I. Reaction Norms of Clones from Central and Marginal Populations in a Common Garden. *International Journal of Plant Science* 156 (5): 687 - 697.
- Stewart, C.N.Jr., Excoffier, L. (1996):** Assessing population genetic structure and variability with RAPD data: Application to *Vaccinium macrocarpon* (American Cranberry). *Journal of Evolutionary Biology* 9 (2): 153 - 171.
- Straker, C.J. (1996):** Ericoid mycorrhiza: ecological and host specificity. *Mycorrhiza* 6: 215 - 225.

- Stružková, D., Schweingruber, F.H., Steiner, Y. (2003):** Pith characteristics for distinguishing *Vaccinium myrtillus* from *Vaccinium vitis-idaea*. *Preslia* 75: 85 – 91.
- Szabová, T., Leščinská, M., Gondová, A. (1998):** Kumulácia ťažkých kovov v pôdach po aplikácii čistiarenských kalov (Heavy metal cumulation in crops after the sewage sludge application). *Acta Montanistica Slovaca* 3: 478 – 481.
- Subedi, B.P. (2006):** Linking Plant-based Enterprises and Local Communities to Bio-diversity Conservation in Nepal Himalaya. Adroit Publishers, New Delhi.
- Tang, C.Q., Ohsawa, M. (1999):** Altitudinal distributions of evergreen broad-leaved trees and their leaf-size patterns on a humid subtropical mountain, Mt. Emei, Sichuan, China. *Plant Ecology* 145: 221 – 233.
- Tarasjev, A. (2005):** Impact of genet size and flowering stage on fruitset in *Iris pumila* L. clones in wild. *Acta Oecologica* 27: 93 – 98.
- Taruscio, T.G., Barney, D.L., Exon, J. (2004):** Content and profile of flavanoid and phenolic acid compounds in conjunction with the antioxidant capacity for a variety of northwest *Vaccinium* berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 3169 – 3176.
- Thompson, J.N. (1999):** Specific hypothesis on the geographic mosaic of coevolution. *American Naturalist* 156: 156 - 174.
- Thormann, C.E., Ferreira, M.E., Camargo, L.E.A., Tivang, J.G., Osborn, T.C. (1994):** Comparison of RFLP and RAPD markers to estimating genetic relationships within and among cruciferous species. *Theoretical and Applied Genetics* 88: 973 - 980.
- Tilman, D. (1987):** Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecological monographs* 57: 189 - 214.
- Tolvanen, A. (1997):** Recovery of the bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) from artificial spring and summer frost. *Plant Ecology* 130: 35 - 39.

- Tomićević, J., Shannon, M.A., Milovanović, M. (2009):** Socio-economic impacts on the attitudes towards conservation of natural resources: Case study from Serbia. *Forest Policy and Economics* 12: 157 - 162.
- Triska, Dr. (1975):** Hamlyn Encyclopaedia of Plants. Hamlyn.
- Turtiainen, M., Salo, K., Saastamoinen, O. (2011):** Variations of Yield and Utilisation of Bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and Cowberries (*V. vitis-idaea* L.) in Finland. *Silva Fennica* 45 (2): 237 - 251.
- Tutin et al. (1964-1980):** Flora Europaea, volumes 1-5. Cambridge University Press. Digital version 2001. <http://193.62.154.38/FE/fe.html>
- Vallejo-Marín, M., Dorken, M.E., Barrett, S.C.H. (2010):** The ecological and evolutionary consequences of clonality for plant mating. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 41:193 - 213.
- Vander Kloet, S.P., Hall, I.V. (1981):** The biological flora of Canada. 2. *Vaccinium myrtilloides* Michx., velvet-leaf blueberry. *Canadian Field Naturalist* 95: 329 - 345.
- Vander Kloet, S.P. (1988):** The genus *Vaccinium* in North America. Ottawa: Canadian Government Publishing Centre.
- Vanijajiva, O., Sirirugsa, P. Suvachittanont, W. (2005):** Confirmation of relationships among *Boesenbergia* (Zingiberaceae) and related genera by RAPD. *Biochemical Systematics and Ecology* 33: 159 - 170.
- Vantomme, P., Walter, S. (2003):** Opportunities and challenges of nonwood forest products certification. World Forestry Congress, 21-28 September 2003, Québec, Canada.
- Velazquez-Rosas, N., Meave, J. (2002):** Elevational variation of leaf traits in montane rain forest tree species at La Chinantla, Southern México. *Biotropica* 34 (4): 534 - 546.
- Vucetich, J.A., Waite, T.A. (2003):** Spatial patterns of demography and genetic processes across the species' range: null hypotheses for landscape conservation genetics. *Conservation Genetics* 4: 639 - 645.

- Wade, M., Goodnight, C.J. (1998):** The theories of Fisher and Wright in the context of metapopulations: when nature does many small experiments. *Evolution* 52: 1537 - 1553
- Wang, Z.S., An, S.Q., Liu, H., Leng, X., et al. (2005).** Genetic structure of the endangered plant *Neolitsea sericea* (Lauraceae) from the Zhoushan archipelago using RAPD markers. *Annals of Botany* 95: 305 - 313.
- Weder, J.K.P. (2002):** Influence of experimental conditions on the reproducibility of RAPD-PCR identification of legumes and cereals. *Lebensm. Wiss. Technol.* 35: 233 - 238.
- Whitmore, T.C. (1984):** Tropical rain forest of the Far East. Clarendon Press, Oxford, England.
- Wolff, K., Schoen, E.D., Peters-Van Rijn, J. (1993):** Optimizing the generation of random amplified polymorphic DNAs in chrysanthemum. *Theoretical and Applied Genetics* 86: 1033 - 1037.
- Wong, J.L.G. (2000):** The biometrics of non-timber forest product resource assessment: A review of current methodology. Report commissioned under the ZF0077 pre-project of the Forest Research Programme of the United Kingdom Department for International Development.  
[www.etfrn.org/etfrn/workshop/ntfp/download.html](http://www.etfrn.org/etfrn/workshop/ntfp/download.html)
- Yang, X., Quiros, C. (1993):** Identification and classification of celery cultivars with RAPD markers. *Theoretical and Applied Genetics* 86: 205 - 212.
- Yeh, F.C., Yang R.C. (1999):** POPGENE (Version 1.31): Population Genetic Analysis softwar. Alberta, University of Alberta and Tim Boyle Center for International Forestry Research.
- Young, A., Boyle, T., Brown, T. (1996):** The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 413 - 418.
- Zhang, J., McD. Stewart, J. (2000):** Economical and Rapid Method for Extracting Cotton Genomic DNA. *The Journal of Cotton Science* 4: 193 - 201.

**Zheng, W., Wang, L., Meng, L., Liu, J. (2008):** Genetic variation in the endangered *Anisodus tanguticus* (Solanaceae), an alpine perennial endemic to the Qinghai-Tibetan Plateau. *Genetica* 132: 123 - 129.

**Žukauskienė, J., Paulauskas, A., Èesonienė, L., Daubaras, R. (2009):** Genetic structure of isolated *Vaccinium oxycoccus* populations in Lithuania. *Proceedings of the Latvian academy of sciences. Section B*, 63 (1/2): 33 - 36.

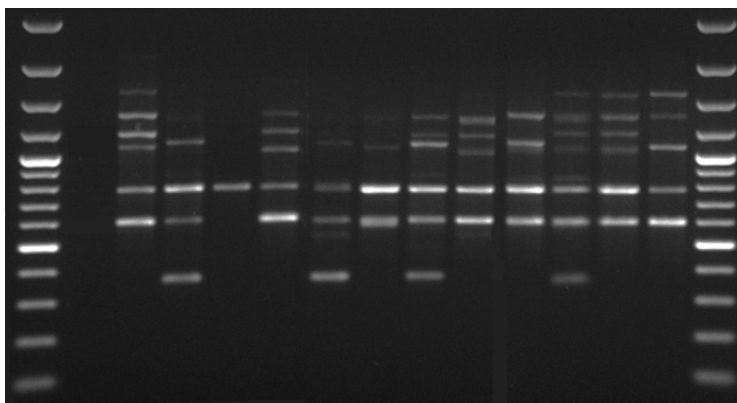
**<http://courses.washington.edu/esrm412/protocols/VAUL.pdf>.** United States Department of Agriculture (2009): Plant Propagation Protocol for *Vaccinium uliginosum* ESRM 412 - Native Plant Production Spring 2009.

**<http://www.thorne.com/altmedrev/.fulltext/6/5/500.pdf>.** Monograph (2001): *Vaccinium myrtillus* (Bilberry). *Alternative Medicine* 6 (5): 500 - 504.

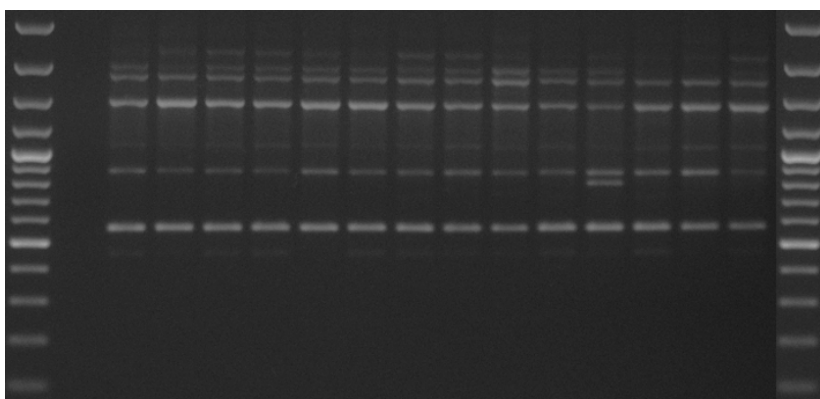
**[http://www.bfn.de/0610\\_vortraege+M52087573ab0.html](http://www.bfn.de/0610_vortraege+M52087573ab0.html).** Workshop report enabling sustainable management of non-wood forest products in south east europe - special focus on medicinal and aromatic plants. 21 - 25 September 2011 at German Federal Agency for Nature Conservation International Academy for Nature Conservation, Isle of Vilm. Compiled by Kristina Rodina and Anastasiya Timoshyna.

**<http://www.longwoodherbal.org/bilberry/bilberry.pdf>.** Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) (1999) Kathi J. Kemper, MD, MPH

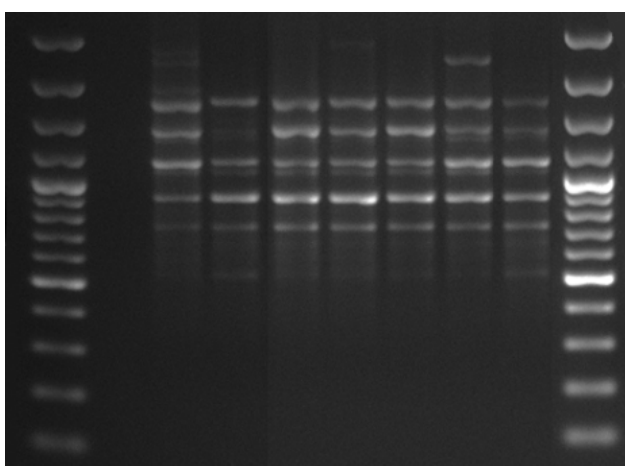
Прилог 1: Електрофоретски профили RAPD - PCR продуката проучаваних популација употребом одређених прајмера.



*V. myrtillus* (Копаоник)  
прајмер ОРА-07



*V. uliginosum*  
(Сребрнац - Копаоник)  
прајмер ОРА-15



*V. vitis - idaea*  
(Бабин зуб - Стара планина)  
прајмер ОРА-15

## Прилог 2

### НП КОПАОНИК АНКЕТА ЗА БЕРАЧЕ БОРОВНИЦЕ

Општина:

Село:

1. Пол:

- Женски
- Мушки

2. Године:

- < 24
- 25-34
- 35-44
- 45-54
- 55-64
- 64

3. Који је највиши степен Вашег образовања?

- основна школа
- средња школа
- виша школа
- факултет

4. Ваше тренутно занимање:

- студент
- запослен (са основном/средњом школом)
- запослен (са вишом школом /факултетом)
- приватни предузетник
- радник
- пољопривредник
- пензионер
- незапослен
- домаћица

5. Колики је Ваш месечни приход по домаћинству, месечно?

- без прихода
- < 10.000 дин.
- од 10.000 дин. до 20.000 дин.
- од 20.001 дин. до 30.000 дин.
- од 30.001 дин. до 40.000 дин.



- од 40.001 дин. до 50.000 дин.
- од 50 001 дин. до 60.001 дин.
- > 60 001 дин.

6. Да ли сакупљате природне производе (уколико сакупљате назначите које)?

- |                                   | Да | Не |
|-----------------------------------|----|----|
| • лековите биљке (наведите врсте) |    |    |
| _____                             |    |    |
| • гљиве (наведите врсте)          |    |    |
| _____                             |    |    |
| • друго                           |    |    |
| _____                             |    |    |

7. Да ли сакупљате боровницу?

Да Не

8. Где сакупљате боровницу на подручју НП Копаоник?

\_\_\_\_\_

9. У коју сврху користите боровницу?

- храна у свежем облику
- за слатко, џем
- за медицинске сврхе

10. У које медицинске сврхе користите боровницу?

\_\_\_\_\_

11. Како берете боровницу, на који начин? \_\_\_\_\_

12. Да ли знате да постоје ограничења која се односе на количину боровнице која се може сакупити?

Да Не

13. Да ли бисте учествовали у програмима обуке берача, које би организовао НП?

Да Не

14. Коју количину плодова боровнице сакупите у току године? \_\_\_\_\_

15. Плодове боровнице сакупљате:

- за потребе домаћинства
- мешовито (за потребе домаћинства и у комерцијалне сврхе)
- у комерцијалне сврхе

16. Да ли постоји организовани откуп боровнице?

Да

Не

17. Да ли из године у годину сакупљате веће количине плодова боровнице?

Да

Не

Исто

18. Какав је Ваш став према администрацији НП Копаоник?

---

19. Да ли и на који начин може да се побољша веза између локалног становништва и администрације НП?

---

20. Да ли имате некакав конфликт са администрацијом НП Копаоник?

• Да \_\_\_\_\_

• Не

Место:

Датум:

Анкету попунио/ла

---

**Прилог 3:** Вредност Жакардовог коефицијента генетичких сличности између анализираних популација врсте *V. myrtillus* заснованих на анализама RAPD маркера.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15
M1	1,00														
M2	0,65	1,00													
M3	0,68	0,62	1,00												
M4	0,68	0,55	0,75	1,00											
M5	0,63	0,62	0,86	0,71	1,00										
M6	0,70	0,62	0,67	0,67	0,68	1,00									
M7	0,58	0,53	0,68	0,66	0,68	0,68	1,00								
M8	0,59	0,54	0,68	0,65	0,65	0,70	0,64	1,00							
M9	0,42	0,40	0,45	0,44	0,46	0,53	0,52	0,62	1,00						
M10	0,45	0,39	0,54	0,55	0,53	0,47	0,45	0,46	0,35	1,00					
M11	0,45	0,40	0,49	0,46	0,48	0,51	0,42	0,49	0,40	0,59	1,00				
M12	0,38	0,36	0,48	0,47	0,47	0,41	0,42	0,48	0,44	0,65	0,61	1,00			
M13	0,44	0,39	0,48	0,44	0,51	0,45	0,41	0,46	0,39	0,59	0,65	0,59	1,00		
M14	0,51	0,43	0,56	0,54	0,54	0,53	0,48	0,51	0,40	0,75	0,59	0,63	0,70	1,00	
M15	0,46	0,37	0,53	0,49	0,54	0,47	0,49	0,50	0,42	0,69	0,51	0,65	0,59	0,76	1,00
M16	0,45	0,42	0,49	0,48	0,47	0,47	0,46	0,47	0,42	0,56	0,57	0,56	0,64	0,69	0,60
M17	0,47	0,42	0,56	0,50	0,54	0,49	0,48	0,51	0,40	0,69	0,61	0,68	0,69	0,78	0,72
M18	0,47	0,41	0,55	0,53	0,53	0,46	0,48	0,47	0,40	0,73	0,60	0,69	0,70	0,77	0,71
M19	0,44	0,38	0,49	0,44	0,52	0,42	0,40	0,43	0,32	0,57	0,46	0,48	0,56	0,58	0,52
M20	0,43	0,40	0,53	0,48	0,52	0,47	0,42	0,47	0,42	0,59	0,53	0,56	0,54	0,60	0,54
M21	0,37	0,34	0,45	0,41	0,46	0,43	0,37	0,45	0,36	0,47	0,45	0,45	0,49	0,51	0,47
M22	0,43	0,40	0,50	0,44	0,49	0,46	0,44	0,49	0,38	0,55	0,48	0,53	0,51	0,56	0,51
M23	0,38	0,38	0,48	0,43	0,48	0,41	0,42	0,47	0,38	0,52	0,43	0,49	0,49	0,52	0,49
M24	0,32	0,28	0,42	0,34	0,46	0,34	0,29	0,36	0,28	0,41	0,35	0,39	0,41	0,41	0,43
M25	0,41	0,34	0,48	0,47	0,44	0,42	0,38	0,44	0,37	0,59	0,44	0,57	0,48	0,60	0,50
M26	0,46	0,43	0,61	0,53	0,61	0,46	0,49	0,49	0,43	0,56	0,41	0,53	0,49	0,56	0,53
M27	0,43	0,37	0,51	0,46	0,51	0,43	0,40	0,46	0,38	0,53	0,44	0,52	0,50	0,51	0,48
M28	0,38	0,38	0,45	0,39	0,46	0,39	0,37	0,45	0,42	0,45	0,43	0,45	0,43	0,45	0,45
M29	0,40	0,32	0,44	0,40	0,45	0,39	0,41	0,45	0,44	0,49	0,43	0,51	0,51	0,55	0,58
M30	0,42	0,38	0,52	0,48	0,52	0,45	0,45	0,48	0,37	0,52	0,47	0,51	0,48	0,55	0,48
M31	0,36	0,36	0,35	0,32	0,36	0,35	0,33	0,35	0,32	0,36	0,36	0,38	0,37	0,40	0,33
M32	0,35	0,38	0,37	0,34	0,36	0,37	0,35	0,36	0,28	0,30	0,32	0,35	0,31	0,37	0,31
M33	0,34	0,36	0,32	0,32	0,33	0,35	0,28	0,32	0,32	0,36	0,35	0,32	0,34	0,35	0,32
M34	0,22	0,23	0,24	0,20	0,27	0,24	0,21	0,25	0,29	0,26	0,28	0,31	0,27	0,30	0,32
M35	0,34	0,35	0,37	0,38	0,38	0,37	0,35	0,34	0,27	0,38	0,34	0,37	0,35	0,40	0,34
M36	0,35	0,35	0,40	0,36	0,39	0,34	0,33	0,33	0,26	0,41	0,32	0,36	0,34	0,40	0,38
M37	0,36	0,35	0,40	0,37	0,41	0,37	0,38	0,36	0,30	0,43	0,39	0,46	0,41	0,46	0,39
M38	0,37	0,30	0,39	0,38	0,40	0,37	0,39	0,35	0,38	0,46	0,36	0,41	0,41	0,46	0,47
M39	0,35	0,31	0,34	0,35	0,34	0,34	0,35	0,31	0,32	0,43	0,34	0,42	0,38	0,46	0,43
M40	0,37	0,29	0,40	0,36	0,40	0,38	0,39	0,38	0,34	0,43	0,39	0,39	0,41	0,46	0,45
M41	0,37	0,30	0,39	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,43	0,36	0,41	0,38	0,44	0,43
M42	0,39	0,34	0,37	0,38	0,38	0,36	0,38	0,38	0,32	0,39	0,37	0,37	0,38	0,42	0,39
M43	0,37	0,28	0,39	0,37	0,40	0,38	0,34	0,37	0,35	0,45	0,40	0,42	0,40	0,47	0,47
M44	0,36	0,31	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,39	0,35	0,43	0,35	0,43	0,39	0,46	0,45
M45	0,37	0,31	0,40	0,38	0,39	0,39	0,38	0,39	0,41	0,46	0,37	0,46	0,40	0,49	0,50
M46	0,38	0,31	0,41	0,37	0,39	0,37	0,38	0,37	0,35	0,44	0,38	0,38	0,41	0,47	0,45
M47	0,38	0,33	0,38	0,39	0,39	0,39	0,38	0,36	0,37	0,46	0,34	0,40	0,39	0,47	0,46

Наставак Прилога 3

M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31
1,00															
0,75	1,00														
0,69	0,86	1,00													
0,51	0,57	0,54	1,00												
0,57	0,59	0,56	0,70	1,00											
0,55	0,51	0,50	0,64	0,65	1,00										
0,54	0,58	0,55	0,67	0,65	0,62	1,00									
0,50	0,52	0,48	0,58	0,56	0,60	0,72	1,00								
0,36	0,43	0,40	0,51	0,46	0,50	0,44	0,40	1,00							
0,51	0,53	0,55	0,63	0,60	0,65	0,67	0,65	0,41	1,00						
0,52	0,56	0,57	0,68	0,66	0,56	0,63	0,59	0,46	0,63	1,00					
0,46	0,53	0,51	0,65	0,57	0,49	0,65	0,60	0,44	0,64	0,64	1,00				
0,41	0,45	0,46	0,53	0,60	0,49	0,52	0,44	0,44	0,47	0,56	0,59	1,00			
0,51	0,55	0,52	0,55	0,53	0,51	0,56	0,52	0,46	0,49	0,54	0,63	0,60	1,00		
0,49	0,54	0,54	0,49	0,49	0,49	0,61	0,54	0,40	0,61	0,56	0,66	0,51	0,53	1,00	
0,37	0,41	0,42	0,39	0,38	0,38	0,42	0,37	0,38	0,37	0,42	0,40	0,38	0,46	0,39	1,00
0,34	0,36	0,37	0,35	0,30	0,32	0,36	0,36	0,29	0,35	0,37	0,39	0,33	0,39	0,38	0,58
0,33	0,35	0,35	0,34	0,38	0,35	0,39	0,35	0,38	0,36	0,38	0,40	0,38	0,42	0,38	0,57
0,29	0,29	0,27	0,24	0,29	0,28	0,26	0,29	0,35	0,27	0,28	0,29	0,33	0,38	0,28	0,44
0,39	0,41	0,45	0,37	0,35	0,39	0,39	0,40	0,35	0,41	0,40	0,42	0,35	0,42	0,44	0,59
0,39	0,41	0,42	0,40	0,37	0,37	0,44	0,43	0,42	0,41	0,42	0,45	0,37	0,44	0,46	0,54
0,40	0,46	0,47	0,43	0,40	0,40	0,45	0,45	0,38	0,46	0,45	0,47	0,38	0,46	0,51	0,64
0,41	0,48	0,53	0,42	0,39	0,36	0,43	0,38	0,31	0,40	0,44	0,39	0,37	0,39	0,41	0,36
0,41	0,46	0,47	0,40	0,35	0,33	0,39	0,33	0,28	0,38	0,39	0,38	0,32	0,39	0,38	0,35
0,44	0,48	0,49	0,43	0,39	0,38	0,46	0,38	0,30	0,37	0,42	0,38	0,34	0,39	0,38	0,33
0,41	0,45	0,46	0,40	0,36	0,38	0,46	0,39	0,31	0,40	0,39	0,39	0,33	0,39	0,40	0,37
0,40	0,44	0,43	0,40	0,35	0,33	0,43	0,39	0,31	0,36	0,37	0,39	0,34	0,39	0,39	0,41
0,40	0,47	0,50	0,42	0,38	0,40	0,47	0,41	0,34	0,40	0,43	0,40	0,36	0,41	0,42	0,39
0,42	0,47	0,48	0,39	0,36	0,38	0,49	0,43	0,32	0,42	0,43	0,43	0,36	0,43	0,43	0,36
0,44	0,49	0,49	0,43	0,40	0,40	0,52	0,45	0,32	0,45	0,49	0,47	0,42	0,49	0,48	0,38
0,47	0,48	0,49	0,44	0,40	0,38	0,48	0,40	0,32	0,39	0,46	0,41	0,38	0,42	0,42	0,38
0,46	0,48	0,49	0,40	0,37	0,32	0,40	0,36	0,29	0,39	0,42	0,39	0,37	0,44	0,43	0,38

Наставак Прилога 3

M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38	M39	M40	M41	M42	M43	M44	M45	M46	M47
1,00															
0,42	1,00														
0,35	0,39	1,00													
0,68	0,45	0,42	1,00												
0,64	0,45	0,36	0,68	1,00											
0,66	0,47	0,44	0,73	0,67	1,00										
0,34	0,30	0,26	0,37	0,36	0,40	1,00									
0,38	0,31	0,23	0,37	0,37	0,38	0,67	1,00								
0,37	0,30	0,24	0,33	0,36	0,37	0,69	0,72	1,00							
0,40	0,30	0,29	0,37	0,38	0,37	0,70	0,71	0,73	1,00						
0,37	0,36	0,27	0,40	0,40	0,41	0,58	0,63	0,64	0,68	1,00					
0,36	0,34	0,27	0,36	0,38	0,42	0,71	0,68	0,72	0,71	0,62	1,00				
0,41	0,31	0,27	0,42	0,44	0,41	0,63	0,72	0,72	0,73	0,63	0,74	1,00			
0,40	0,35	0,28	0,38	0,43	0,43	0,67	0,73	0,72	0,69	0,59	0,77	0,85	1,00		
0,38	0,31	0,26	0,38	0,42	0,41	0,73	0,70	0,85	0,68	0,62	0,74	0,76	0,74	1,00	
0,38	0,33	0,30	0,41	0,41	0,43	0,72	0,68	0,64	0,67	0,59	0,61	0,62	0,66	0,68	1,00

**Прилог 4:** Вредност Жакардовог коефицијента генетичких сличности између анализираних популација врсте *V. uliginosum* заснованих на анализама RAPD маркера.

	U48	U49	U50	U51	U52	U53	U54	U55	U56	U57	U58	U59	U60	U61
U48	1,00													
U49	0,72	1,00												
U50	0,85	0,77	1,00											
U51	0,77	0,71	0,83	1,00										
U52	0,78	0,79	0,83	0,77	1,00									
U53	0,75	0,67	0,75	0,76	0,75	1,00								
U54	0,81	0,73	0,85	0,77	0,81	0,76	1,00							
U55	0,80	0,77	0,83	0,77	0,83	0,79	0,79	1,00						
U56	0,73	0,81	0,78	0,74	0,78	0,72	0,76	0,82	1,00					
U57	0,77	0,71	0,81	0,79	0,79	0,78	0,77	0,77	0,83	1,00				
U58	0,52	0,52	0,50	0,46	0,49	0,53	0,50	0,53	0,55	0,53	1,00			
U59	0,48	0,52	0,52	0,47	0,50	0,48	0,52	0,48	0,52	0,50	0,78	1,00		
U60	0,52	0,52	0,55	0,52	0,52	0,55	0,53	0,55	0,54	0,52	0,74	0,81	1,00	
U61	0,50	0,48	0,52	0,48	0,47	0,51	0,52	0,52	0,54	0,50	0,78	0,82	0,88	1,00
U62	0,47	0,51	0,53	0,48	0,51	0,51	0,50	0,54	0,55	0,53	0,75	0,80	0,84	0,78
U63	0,49	0,48	0,49	0,46	0,50	0,50	0,51	0,50	0,52	0,50	0,71	0,74	0,80	0,78
U64	0,48	0,46	0,49	0,46	0,48	0,49	0,50	0,49	0,50	0,49	0,71	0,76	0,78	0,78
U65	0,47	0,50	0,52	0,50	0,52	0,51	0,51	0,52	0,52	0,50	0,71	0,80	0,80	0,78
U66	0,51	0,49	0,51	0,48	0,51	0,55	0,53	0,56	0,57	0,53	0,80	0,81	0,85	0,88
U67	0,48	0,53	0,50	0,48	0,53	0,49	0,52	0,55	0,57	0,48	0,70	0,78	0,79	0,80
U68	0,46	0,49	0,51	0,49	0,52	0,52	0,49	0,52	0,53	0,47	0,65	0,70	0,83	0,76
U69	0,46	0,49	0,49	0,48	0,54	0,51	0,50	0,54	0,55	0,51	0,67	0,72	0,76	0,72
U70	0,49	0,49	0,51	0,49	0,49	0,48	0,51	0,52	0,53	0,47	0,71	0,74	0,80	0,81
U71	0,51	0,51	0,54	0,51	0,49	0,50	0,52	0,52	0,54	0,47	0,65	0,68	0,74	0,74
U72	0,38	0,45	0,38	0,36	0,38	0,35	0,40	0,39	0,38	0,35	0,42	0,44	0,48	0,43
U73	0,40	0,39	0,40	0,38	0,40	0,38	0,39	0,43	0,43	0,42	0,39	0,39	0,43	0,38
U74	0,36	0,34	0,35	0,34	0,39	0,32	0,35	0,39	0,36	0,37	0,40	0,38	0,40	0,37
U75	0,39	0,40	0,39	0,39	0,38	0,36	0,42	0,43	0,41	0,38	0,42	0,43	0,49	0,44
U76	0,45	0,48	0,45	0,43	0,46	0,43	0,43	0,49	0,48	0,43	0,46	0,47	0,51	0,46
U77	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,40	0,44	0,45	0,44	0,38	0,45	0,48	0,55	0,48
U78	0,42	0,45	0,41	0,40	0,42	0,39	0,42	0,45	0,47	0,40	0,52	0,52	0,56	0,51
U79	0,40	0,44	0,40	0,38	0,41	0,38	0,39	0,43	0,41	0,35	0,41	0,47	0,51	0,47
U80	0,46	0,48	0,46	0,45	0,48	0,43	0,45	0,49	0,48	0,43	0,46	0,44	0,49	0,44
U81	0,38	0,45	0,38	0,37	0,38	0,35	0,40	0,40	0,38	0,35	0,42	0,45	0,48	0,43
U82	0,46	0,45	0,46	0,45	0,43	0,47	0,45	0,46	0,44	0,43	0,49	0,46	0,49	0,47
U83	0,42	0,40	0,41	0,45	0,38	0,46	0,41	0,43	0,44	0,43	0,45	0,43	0,46	0,46
U84	0,44	0,47	0,43	0,44	0,42	0,45	0,45	0,44	0,46	0,43	0,48	0,48	0,52	0,52
U85	0,46	0,47	0,46	0,47	0,43	0,45	0,47	0,46	0,43	0,43	0,48	0,49	0,53	0,51
U86	0,45	0,48	0,47	0,47	0,42	0,46	0,46	0,44	0,47	0,45	0,53	0,53	0,55	0,54
U87	0,54	0,52	0,54	0,54	0,51	0,52	0,54	0,52	0,49	0,47	0,52	0,53	0,59	0,57
U88	0,23	0,24	0,24	0,21	0,23	0,24	0,25	0,26	0,23	0,21	0,23	0,23	0,29	0,25
U89	0,32	0,31	0,32	0,29	0,31	0,31	0,34	0,34	0,30	0,27	0,31	0,32	0,35	0,33
U90	0,22	0,20	0,21	0,21	0,19	0,23	0,22	0,23	0,19	0,18	0,22	0,24	0,25	0,25
U91	0,30	0,27	0,32	0,26	0,26	0,29	0,32	0,29	0,26	0,25	0,27	0,26	0,27	0,27

Наставак Прилога 4

U62	U63	U64	U65	U66	U67	U68	U69	U70	U71	U72	U73	U74	U75	U76
1,00														
0,81	1,00													
0,74	0,75	1,00												
0,79	0,75	0,77	1,00											
0,81	0,77	0,77	0,84	1,00										
0,76	0,74	0,72	0,83	0,86	1,00									
0,75	0,75	0,71	0,75	0,80	0,81	1,00								
0,77	0,73	0,73	0,77	0,80	0,86	0,84	1,00							
0,75	0,73	0,71	0,79	0,80	0,81	0,79	0,80	1,00						
0,71	0,71	0,65	0,69	0,71	0,76	0,75	0,75	0,82	1,00					
0,44	0,42	0,40	0,43	0,44	0,46	0,40	0,40	0,42	0,40	1,00				
0,40	0,41	0,42	0,41	0,40	0,40	0,38	0,39	0,35	0,38	0,59	1,00			
0,39	0,40	0,41	0,40	0,39	0,40	0,41	0,42	0,39	0,37	0,43	0,55	1,00		
0,45	0,43	0,40	0,44	0,45	0,47	0,43	0,42	0,42	0,42	0,67	0,58	0,48	1,00	
0,52	0,47	0,47	0,49	0,48	0,51	0,44	0,45	0,44	0,44	0,65	0,61	0,54	0,60	1,00
0,49	0,45	0,44	0,49	0,49	0,51	0,47	0,46	0,47	0,48	0,68	0,52	0,41	0,59	0,67
0,53	0,52	0,48	0,52	0,53	0,56	0,48	0,50	0,48	0,51	0,62	0,63	0,47	0,61	0,72
0,49	0,45	0,43	0,48	0,48	0,50	0,47	0,45	0,44	0,44	0,56	0,51	0,43	0,57	0,68
0,48	0,44	0,44	0,47	0,47	0,49	0,43	0,45	0,45	0,46	0,67	0,57	0,42	0,58	0,71
0,44	0,42	0,39	0,44	0,44	0,46	0,41	0,40	0,42	0,41	0,99	0,57	0,42	0,66	0,64
0,48	0,44	0,41	0,44	0,47	0,46	0,40	0,42	0,45	0,49	0,42	0,36	0,31	0,38	0,43
0,45	0,43	0,41	0,42	0,45	0,43	0,38	0,40	0,40	0,43	0,42	0,35	0,28	0,37	0,40
0,49	0,50	0,48	0,47	0,49	0,50	0,43	0,45	0,47	0,51	0,43	0,36	0,29	0,39	0,40
0,51	0,50	0,45	0,48	0,49	0,49	0,44	0,45	0,47	0,48	0,44	0,35	0,33	0,41	0,44
0,52	0,49	0,51	0,51	0,51	0,49	0,47	0,46	0,50	0,57	0,41	0,40	0,34	0,38	0,45
0,54	0,52	0,49	0,53	0,54	0,53	0,49	0,48	0,52	0,55	0,42	0,35	0,31	0,40	0,45
0,28	0,27	0,25	0,25	0,24	0,27	0,28	0,28	0,25	0,25	0,23	0,26	0,28	0,29	0,29
0,30	0,32	0,30	0,29	0,30	0,32	0,32	0,31	0,31	0,29	0,37	0,32	0,34	0,35	0,37
0,24	0,26	0,25	0,23	0,25	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24
0,26	0,27	0,26	0,27	0,27	0,28	0,27	0,28	0,27	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,29

Наставак Прилога 4

U77	U78	U79	U80	U81	U82	U83	U84	U85	U86	U87	U88	U89	U90	U91
1,00														
0,70	1,00													
0,57	0,58	1,00												
0,68	0,74	0,57	1,00											
0,68	0,63	0,55	0,66	1,00										
0,45	0,48	0,37	0,43	0,43	1,00									
0,41	0,47	0,33	0,40	0,43	0,77	1,00								
0,44	0,48	0,38	0,40	0,44	0,76	0,74	1,00							
0,45	0,47	0,38	0,43	0,45	0,72	0,70	0,73	1,00						
0,46	0,52	0,42	0,44	0,42	0,71	0,69	0,70	0,75	1,00					
0,47	0,49	0,44	0,46	0,42	0,69	0,65	0,68	0,75	0,78	1,00				
0,29	0,31	0,30	0,26	0,23	0,31	0,25	0,25	0,31	0,30	0,34	1,00			
0,37	0,37	0,36	0,39	0,35	0,38	0,37	0,33	0,40	0,34	0,39	0,52	1,00		
0,24	0,27	0,27	0,23	0,23	0,30	0,30	0,28	0,33	0,30	0,34	0,57	0,46	1,00	
0,27	0,29	0,30	0,31	0,28	0,35	0,32	0,30	0,35	0,35	0,39	0,51	0,61	0,56	1,00



**Прилог 5:** Вредност Жакардовог коефицијента генетичких сличности између анализираних популација врсте *V. vitis-idaea* заснованих на анализама RAPD маркера.

	I92	I93	I94	I95	I96	I97	I98	I99	I100	I101	I102	I103	I104	I105	I106	I107	I108	I109
I92	1,00																	
I93	0,57	1,00																
I94	0,34	0,32	1,00															
I95	0,36	0,34	0,62	1,00														
I96	0,32	0,31	0,71	0,69	1,00													
I97	0,34	0,34	0,40	0,45	0,40	1,00												
I98	0,30	0,35	0,42	0,47	0,40	0,62	1,00											
I99	0,34	0,39	0,44	0,48	0,38	0,68	0,65	1,00										
I100	0,32	0,35	0,40	0,42	0,36	0,59	0,63	0,69	1,00									
I101	0,37	0,35	0,45	0,46	0,40	0,68	0,64	0,75	0,62	1,00								
I102	0,29	0,31	0,46	0,44	0,41	0,57	0,68	0,65	0,65	0,73	1,00							
I103	0,20	0,18	0,24	0,26	0,24	0,22	0,26	0,25	0,22	0,23	0,25	1,00						
I104	0,08	0,08	0,15	0,14	0,18	0,14	0,17	0,15	0,12	0,16	0,19	0,32	1,00					
I105	0,16	0,16	0,24	0,26	0,23	0,20	0,23	0,21	0,23	0,24	0,25	0,37	0,26	1,00				
I106	0,10	0,12	0,20	0,22	0,18	0,18	0,25	0,20	0,17	0,18	0,26	0,42	0,25	0,33	1,00			
I107	0,23	0,20	0,25	0,30	0,22	0,27	0,33	0,27	0,26	0,29	0,31	0,38	0,25	0,45	0,38	1,00		
I108	0,21	0,18	0,22	0,24	0,23	0,25	0,30	0,24	0,26	0,29	0,28	0,38	0,22	0,49	0,34	0,59	1,00	
I109	0,21	0,17	0,28	0,28	0,23	0,27	0,34	0,27	0,29	0,30	0,33	0,33	0,24	0,42	0,43	0,64	0,53	1,00

## Биографија аутора

Мр Ивана Бједов је рођена 25.02.1975. год. у Брусу, где је завршила основну и средњу школу. Школске 1994/95. године уписала се на Биолошки факултет Универзитета у Београду, студијска група Биологија, где је и дипломирала у јануару 2001. год, са просечном оценом 9.09. Дипломски рад, под називом „Еколошке одлике Влајковачке голети у подножју Копаоника. Морфо-анатомске карактеристике неких серпентинофита“ је радила на Катедри за екологију биљака, који је оцењен оценом 10.

Школске 2001/02. уписала је последипломске студије на Биолошком Факултету Универзитета у Београду, на смеру Систематика и филогенија биљака и гљива и положила све испите предвиђене планом и програмом последипломских студија.

Од 2001. до 2005. радила је као асистент-приправник на Шумарском факултету, на Одсеку Пејзажна архитектура и хортикултура, на предмету Ботаника.

Била је ангажована на ТЕМПУС пројекату Шумарског факултета у Београду. У вези са поменутиим пројектом боравила је у Немачкој у Фрајбургу на Шумарском факултету у јулу 2003. године.

У октобру 2004. године провела је месец дана у Аустрији, у Бечу на Институту за Ботанику на БОКУ-у.

У априлу 2005. године одбранила је магистарску тезу под насловом „Васкуларна флора Дивчибара“, чиме је стекла академско звање магистра биолошких наука. У звање асистента на предмету Ботаника на Шумарском факултету у Београду, изабрана је у октобру 2005.

У звање асистента за ужу научну област Пејзажна архитектура и хортикултура изабрана је октобра 2006. године.

Од 2005. године ради као асистент на Шумарском факултету, на одсеку Пејзажна архитектура и хортикултура, на предметима: Хортикултурна ботаника, Ботаника, Лековите и ароматичне биљке, Заштита флористичког диверзитета и Вегетација пејзажа.

У периоду од 01.04.2002. до сада као истраживач ангажована је на више научно-истраживачких пројеката. До сада је објавила више радова као аутор и ко-аутор.

Члан је Српског биолошког друштва и Светске организације за конзервацију земљишта и вода (WASWC).

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а мр Ивана Бједов

број уписа: школска 2008/09, докторанд - истраживач

**Изјављујем**

да је докторска дисертација под насловом

**“Таксономска и еколошка истраживања врста рода *Vaccinium* L. у Србији“**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

**Потпис докторанда**

У Београду, 19.09.2012.

Ивана Бједов

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: мр Ивана Бједов

Број уписа школска 2008/09, докторанд - истраживач

Студијски програм Пејзажна архитектура и хортикултура

Наслов рада „**Таксономска и еколошка истраживања врста рода *Vaccinium* L. у Србији**“

Ментор: др Драгица Обратов – Петковић, редовни професор Универзитета у Београду – Шумарског факултета

Потписани мр Ивана Бједов

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 19.09.2012.

Ивана Бједов

Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**“Таксономска и еколошка истраживања врста рода *Vaccinium* L. у Србији“**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 19.09.2012.

Иван Бјерв