

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Сара С. Лукић

**МЕЛИОРАТИВНИ ЕФЕКТИ
ПРОТИВЕРОЗИОНИХ
ПОШУМЉАВАЊА НА ПОДРУЧЈУ
ГРДЕЛИЧКЕ КЛИСУРЕ И
ВРАЊСКЕ КОТЛИНЕ**

докторска дисертација

Београд, 2013.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF FORESTRY

Sara S. Lukić

**THE EFFECTS OF
AMELIORATIVE AFFORESTATIONS
IN GRDELIČKA GORGE AND
VRANJSKA VALLEY**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2013

МЕНТОР:

Др Стеван Дожић, ред. проф.
Универзитета у Београду, Шумарског факултета

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др Милан Кнежевић, ред. проф.
Универзитета у Београду, Шумарског факултета

Др Драгица Обратов – Петковић, ред. проф.
Универзитета у Београду, Шумарског факултета

Др Снежана Белановић, ван. проф.
Универзитета у Београду, Шумарског факултета

Др Иван Блинков, ред. проф.
Универзитета „Св. Кирил и Методиј“ у Скопљу, Шумарског факултета

Датум одбране:

ПРЕДГОВОР

Свакодневно увећавање светског становништва и потребе за производњом хране и местом за становање захтевају проширивање територије најчешће на рачун крчења шума. Притом, долази до деградације животне средине у свим сегментима. Крчењем шума стварају се услови за деградацију земљишта у процесу ерозије и долази до промене услова средине при чему на место шумске вегетације долази мање разноврсна вегетација која нема способност да довољно заштити земљиште и подстакне обогаћивање биодиверзитета, као и да испољи ефекте какве имају шумски екосистеми.

Пошумљавање се показало као најефикаснија мера за контролу деградације. Стога је непоходно посветити посебну пажњу планирању и извођењу пошумљавања у циљу постизања оптималних ефеката. Правилан избор врста за пошумљавање и избор оптималне методе пошумљавања омогућавају вишеструке мелиоративне ефекте у еколошком и економском смислу подједнако. У овој докторској дисертацији су вредновани мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања са еколошког становишта, на основу којих су предложени параметри за одређивање врста за пошумљавање и метода пошумљавања у одређеним условима средине.

Захваљујем свом ментору проф. др Стевану Дожићу и професорима проф. др Милану Кнежевићу, проф. др Драгици Обратов – Петковић, проф. др Снежани Белановић и проф. др Ивану Блинкову за несебичну помоћ и подршку коју су ми пружили приликом израде докторске дисертације.

Посебно захваљујем проф. др Миодрагу Златићу руководиоцу пројекта „Ефекти ревитализације деградираних подручја Србије“ у оквиру кога су обављена теренска и лабораторијска истраживања за потребе ове докторске дисертације.

Захваљујем професорима проф. др Станимиру Костадинову, проф. др Ратку Кадовићу и проф. др Станиши Банковићу на веома корисним саветима и сугестијама.

Посебно се захваљујем проф. др Бранку Карацићу из Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ за статистичке анализе урађене у програмском пакету „Флора“.

Доценту др Ивани Бједов велико хвала за несебичну помоћ приликом израде фитоценолошких снимака.

Велико хвала мр Соњи Брауновић, мр Биљани Шљукић, мр Томиславу Стефановићу, Милени Жарковић, Радојки Радин, Бранислави Михаиловић, дипл. инж. Бојану Гајићу, дипл. инж., Владану Ђорђевићу, дипл. инж. и колегама из ШУ Предејане.

Хвала Милану Марјанову, стручном сараднику за корисне савете и пријатељску подршку.

Неизмерно хвала мојој породици.

Сара Лукић

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИОНА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број (РБ)
Идентификациони број (ИБР)
Тип документа (ТД):
Тип записа (ТЗ):
Врста рада (ВР):
Аутор (АУ):
Ментор / Ко-ментор (МН):
Наслов рада (НР):
Језик публикације (ЈП):
Језик извода (ЈИ):
Земља публикавања (ЗП):
Географско подручје (УГП):
Година (ГО):
Издавач (ИЗ):
Место и адреса (МА):
Физички опис рада (бр.погл./стр./лит. навода/таб./сл./фототаб./прил.):
Научна област (НО):
Ужа научна област:
Предметна одредница/кључне речи (ПО):
УДК:
Чува се (ЧУ):
Важна напомена (ВН):
Извод (ИЗ):

Монографска публикација
Текстуални штампани документ
Докторска дисертација
Мр Сара Лукић, дипл.инг.шумарства
Др Стеван Дожић, редовни професор
Универзитета у Београду – Шумарског факултета
Мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине
Српски / ћирилица
Српски / енглески
Србија
Србија
2013.
Ауторски репринт
11030 Београд, Кнеза Вишеслава 1
8 поглавља/ 227 страница / 151 литературни навод / 77 табела / 28 слика / 9 фототабела / 10 прилога
Биотехничке науке
Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса
ерозија, губици земљишта, противерозиона пошумљавања, мелиоративни ефекти, везивање и депоновање угљеника
630*116.64:630*233(497.11-12)(043.3)
Библиотека Шумарског факултета, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Србија
Нема
Свакодневно увећавање светског становништва чија потреба за производњом хране и местом за становање непрестано расте и захтева проширивање територије најчешће на рачун крчења шума, доводи до деградације животне средине у свим сегментима. Голети настале обешумљавањем су веома еродибилна станишта чему доприноси одсуство влаге, изражена купираност терена са великим нагибима, геолошка подлога, неповољна хидрографска мрежа и начин коришћења земљишта као један од значајних фактора деградације.
Пошумљавање је метода успостављања шумске вегетације на обешумљеним подручјима чиме се земљиште успешно и дугорочно штити од

деградације и притом се обезбеђују вишеструке користи које се могу исказати мелиоративним ефектима пошумљавања.

Мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања су исказани вредновањем утицаја на процес педогенезе кроз анализу физичких и хемијских особина земљишта. Обогаћивање биодиверзитета је вредновано анализом односа флористичког састава и одређених фактора средине. Ефекти у контроли ерозије вредновани су проценом губитака земљишта по методи Гавриловића у 1967. и 2009. години. Везивање и депоновање атмосферског угљеника вредновано је проценом резерве везаног угљеника у копненим депоима за угљеник пошумљеног подручја.

Ово истраживање је показало да противерозионих пошумљавања остварују мелиоративне ефекте. Такође, имају повољан утицај на животну средину и значајну ефикасност у контроли деградације с тим да контрола деградације, која настаје као последица обешумљавања, може бити ефикаснија уколико се примене мере за повећање успешности пошумљавања.

Глобалне промене климе у великој мери утичу на успех пошумљавања због чега је оптималан избор врсте дрвећа и методе за пошумљавање од кључног значаја за успех пошумљавања.

Анализирајући примењене врсте дрвећа којима је пошумљавано и методе пошумљавања уочене су разлике у ефикасности различитих комбинације врста дрвећа и метода противерозионих пошумљавања. Нађено је да су примењене врсте којима је пошумљавано и методе пошумљавања показале различиту ефикасност у различитим комбинацијама едафских и орографских услова станишта на основу чега су параметри који показују највећи утицај издвојени и неопходно их је претходно сагледати у циљу оптималног избора врста дрвећа и метода за пошумљавање. Тиме ово истраживање представља допринос проналажењу кључних параметара за оптималан избор врста за пошумљавање и метода пошумљавања на деградираним стаништима у условима глобалног отопљавања.

KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number (ANO):
Identification number (INO):
Document type (DT): Monographics publication
Type of record (TR): Textual printed document
Content code (CC): Ph D Thesis
Autor (AU): M.Sc. Sara S. Lukić
Mentor (MN): Ph D.Stevan Dožić, full professor of University of
Belgrade – Faculty of Forestry
Title (TI): The effects of ameliorative afforestations in Grdelička
gorge and Vranjska valley
Language of text (LT): Serbian / Cyrillic alphabet
Language of abstract (LA): Serbian / English
Country of Publication (CP): Serbia
Locality of publication (LP): Belgrade
Publication year (PY): 2013.
Publisher (PB): The autor's reprint
Publication Place (PL): 11030 Belgrade, Kneza Višeslava 1
Physical description (PD): 8 chapters / 227 pages / 151 references / 77 tables / 28
figures / 9 photo tables / 10 contents
Scientific fields (SF): Biotechnical sciences
Scientific discipline (SD): Ecological engineering for soil and water resources
protection
Subject/Key words (CKW): erosion, soil loss, ameliorative afforestation,
ameliorative effects, carbon sequestration
UC 630*116.64:630*233(497.11-12)(043.3)
Holding data (HD): Library Faculty of Frestry, Kneza Višeslava 1,11030
Belgrade, Serbia
Note (N): -
Abstract (AB):

Every day, the world's population with increasing need for food production and housing is growing and tending to expand territory in account of deforestation, which leads to the degradation of the environment in all aspects. Bare lands occur as a result of deforestation. Such habitats are highly erodable thanks to the lack of moisture, steep slopes, bedrock, unfavorable hydrographic network and land use as one of the main factors of degradation.

Afforestation is a method of establishing forest vegetation on deforested land areas to provide long-term degradation protection and thereby achieve the multiple benefits that can be expressed by ameliorative effects of afforestation.

Ameliorative effects of afforestation are presented by evaluation of the impact of afforestation on the process of pedogenesis through analysis of the physical and chemical properties of soil. Enrichment

of biodiversity is evaluated by analyzing the relationship of the floristic composition and certain environmental factors. Effect in erosion control is evaluated by estimation of soil loss according to Gavrilovic, in years 1967. and 2009. Carbon sequestration is valued by estimation of sequestered carbon in terrestrial carbon pools of afforested areas.

This research showed that the afforestation achieved ameliorative effects. They also have a favorable impact on the environment and significant efficiency in degradation control with the proviso that control of degradation that occurs as a result of deforestation, could be more efficient if apply the measures to increase the effectiveness of reforestation.

Global climate change influence the success of afforestation. Making the optimal choice of tree species for afforestation and afforestation methods are essential to the success of afforestation.

Analyzing applied tree species and afforestation methods, the differences in the efficacy of combinations of tree species and methods of afforestation were observed with regard to soil loss and erosion control. It was found that applied species and afforestation methods have shown different effectiveness in various combinations of orographic and edaphic site conditions. According to that, orographic and edaphic parameters that show the greatest impact were detached, and need to be previously surveyed for optimal selection of tree species for afforestation and afforestation methods.

Accordingly, this research is a contribution to finding the key parameters for the optimal choice of species for afforestation and afforestation methods on degraded habitats in conditions of global warming.

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
1.1. Тема истраживања	2
1.2. Преглед мелиоративних радова на проучаваном подручју	11
1.3. Литературни преглед ефеката примењених мелиоративних радова на проучаваном подручју	13
2. ОБЈЕКАТ ИСТРАЖИВАЊА	17
2.1. Опис проучаваног подручја	17
2.1.1. Географски положај, орографија, хидрографска слика подручја	17
2.1.2. Климатске карактеристике подручја	20
2.1.3. Геолошке карактеристике подручја	22
2.1.4. Педолошке карактеристике подручја	23
2.1.5. Вегетацијске карактеристике подручја	24
3. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА	28
4. ХИПОТЕЗЕ У ИСТРАЖИВАЊУ	30
5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА	32
5.1. Методологија истраживања	32
5.2. Критеријуми избора огледних поља	32
5.2.1. Шема огледа	36
5.3. Опис огледних поља	37
5.3.1. Пошумљавање багремом на јаме	37
5.3.2. Пошумљавање црним бором на јаме	40
5.3.3. Пошумљавање црним бором на градоне	43
5.4. Примењене методе у истраживању	46
5.4.1. Методе обраде метеоролошких података	46
5.4.2. Методе педолошког истраживања	46
5.4.3. Методе флористичког истраживања	48
5.4.4. Методе таксационих истраживања	48
5.4.5. Методе оцене интензитета ерозије према методи потенцијала ерозије по Гавриловићу	49
5.4.6. Методе оцена резерве везаног и депонованог угљеника у биомаси и земљишту	54
5.5. Статистичка обрада података	59

6. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	60
6.1. Мелиоративни ефекти примењених противерозионих пошумљавања	60
6.1.1. Промене климатских параметара проучаваног подручја	60
6.1.2. Утицај пошумљавања на педолошке карактеристике подручја	67
6.1.2.1. Особине проучаваних земљишта	67
6.1.2.1.1. Морфолошке карактеристике земљишта	67
6.1.2.1.2. Основне физичке и хемијске особине проучаваних земљишта	77
6.1.2.1.3. Резерве везаног угљеника у земљишту	98
6.1.2.2. Утицај начина пошумљавања на особине земљишта и резерву везаног угљеника у земљишту	100
6.1.2.2.1. Утицај врсте за пошумљавање на физичке и хемијске особине земљишта и резерву везаног угљеника у земљишту	100
6.1.2.2.2. Утицај методе пошумљавања на физичке и хемијске особине земљишта и резерву везаног угљеника у земљишту	102
6.1.2.3. Веза између особина земљишта и резерве везаног угљеника у земљишту	103
6.1.2.4. Тешки метали у проучаваном земљишту	110
6.1.2.4.1. Концентрације и индикаторске вредности приступачности тешких метала у проучаваном земљишту	111
6.1.2.4.1.1. Цинк у проучаваном земљишту	116
6.1.2.4.1.2. Бакар у проучаваном земљишту	119
6.1.2.4.1.3. Олово у проучаваном земљишту	121
6.1.2.4.1.4. Кадмијум у проучаваном земљишту	124
6.1.2.4.2. Утицај врсте за пошумљавање на садржај тешких метала у земљишту	127
6.1.2.4.3. Утицај методе пошумљавања на садржај тешких метала у земљишту	128
6.1.2.4.4. Веза између појединих особина земљишта и садржаја тешких метала у земљишту	129
6.1.3. Мелиоративни ефекти пошумљавања у односу на састав вегетације	132
6.1.3.1. Флористички састав на пошумљеним површинама	132
6.1.3.2. Мелиоративни ефекти врсте за пошумљавање и утицај на флористички састав	138
6.1.3.3. Мелиоративни ефекти методе пошумљавања	

и утицај на флористички састав	145
6.1.4. Мелиоративни ефекти пошумљавања у односу на интензитет ерозионих процеса	155
6.1.4.1. Мелиоративни ефекти врсте за пошумљавање и утицај на интензитет ерозионих процеса	157
6.1.4.2. Мелиоративни ефекти методе пошумљавања и утицај на интензитет ерозионих процеса	162
6.1.5. Мелиоративни ефекти пошумљавања у односу на резерве везаног угљеника у укупној биомаси	168
6.1.5.1. Запремине дрвета на пошумљеним површинама	169
6.1.5.2. Процена резерви угљеника у укупној биомаси и по депоима за угљеник	180
6.1.5.3. Годишњи прираст везаног угљеника (укупни и по депоима за угљеник)	185
6.2. Утицај избора врсте за пошумљавање и методе пошумљавања на мелиоративне ефекте противерозионих пошумљавања	188
6.3. Критеријуми за избор врста за пошумљавање и избор метода пошумљавања у условима Грделичке клисуре и Врањске котлине	190
6.3.1. Критеријуми за избор врста за пошумљавање	190
6.3.2. Критеријуми за избор методе пошумљавања	196
6.4. Препоруке за издвајање потенцијалних површина за пошумљавање	200
7. ЗАКЉУЧЦИ	204
8. ЛИТЕРАТУРА	211
ПРИЛОЗИ	228

1. УВОД

Не оптужуј природу! Она је своје учинила, а сада ти учини своје. (Милтон)

Концепт одрживог развоја заснива се на интеграцији друштвених, економских и еколошких циљева како би се омогућило задовољавање потреба економског и друштвеног развоја и животне средине садашњих и будућих генерација. Еколошка одрживост превасходно обухвата очување станишта, екосистема, биодиверзитета, бригу о угроженим врстама, очување природних ресурса и смањење загађивања животне средине.

Одрживи развој захтева и да се узајамно повезане групе земљишних функција (еколошко-регулаторна, коришћење и продукција, станиште и животни простор, културно наслеђе), респектују у највећој могућој мери и укључе у одговарајући систем управљања и постављања новог односа између развоја, благостања и заштите животне средине.

Деградација животне средине је проблем са којим се савремени човек, због својих растућих потреба за енергентима, сировинама, простором и увођењем нових технологија, свакодневно сусреће и све теже проналази начине за њену контролу. Један од сегмената деградације животне средине је деградација земљишта. Највећи потенцијал за развијање процеса деградације земљишта имају голети које настају као последица деградације станишта (обешумљавањем и нерационалним коришћењем земљишта). Основни фактор деградације земљишта на подручјима на којима су присутне голети представља ерозија, пре свега због изражене купираниости, неповољне хидрографске мреже и неадекватног начина коришћења земљишта као битног фактора деградације.

И поред увођења мера заштите од ерозије и примене метода конзервације обрадивог земљишта, убрзана ерозија се развија свуда где је земљиште огољено. Начин да се земљиште на голетима успешно заштити од деградације је да се успостави вегетација, посебно шумска, чији је примарни циљ да се успоре процеси ерозије и смање губици земљишта, чиме се стварају повољни услови за

формирање земљишта бољих карактеристика, а самим тим чини станиште погоднијим за живот и развој већег броја различитих биљних врста. Мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања имају за циљ: успостављање вегетације у садејству са поправљањем станишних услова, у циљу смањења губитака земљишта и његовог формирања у процесу педогенезе, као и смањења емисије гасова стаклене баште, међусобно су у вези и воде у правцу стварања бољих услова за заштиту и повећање биодиверзитета, тј. варијабилности унутар врста, између врста и између екосистема.

Стручњаци данас упозоравају да нису довољне само акције, већ и повећање свести о неопходности очувања и обогаћивања биодиверзитета. Обогаћивање биодиверзитета са друге стране подстиче процесе педогенезе - формирања земљишта као сложеног и дуготрајног процеса. Земљиште у себи садржи велики број елемената, међу којима је угљеник, као неопходан елемент за формирање биљне масе и живог ткива уопште, чије опадање у плодном земљишту непрестано траје и то негативно утиче на квалитет земљишта. Формирањем земљишта, повећава се капацитет станишта за везивање и складиштење угљеника у земљишту и биомаси, а самим тим и значај педогенезе у очувању животне средине, као једном делу одрживог развоја.

1.1. Тема истраживања

Развој људског друштва и цивилизације уопште, неминовно прати деградација животне средине у свим њеним сегментима (ваздух, земљиште, вода, живи свет). Деградација сваког сегмента одражава се на смањење квалитета животне средине. Деградација земљишног простора и деградација земљишта су посебно значајни, јер земљишни простор и земљиште представљају ресурсе од којих директно зависи опстанак људи: земљишни простор – као животни простор човека, а земљиште – за производњу хране.

Земљиште је динамичка творевина која настаје у процесу педогенезе, а до деградације земљишта долази услед деловања бројних природних и антропогених фактора. Природни процеси деградације који доводе до уништавања земљишта на глобалном плану су суше, аридизација и дезертификација. Dvořák и Novák (уред.) (1994) издвајају као најзначајније природне факторе деградације земљишта климатске карактеристике подручја, хидролошке услове, топографију, геолошку подлогу и стање вегетације. Подједнако су битни антропогени фактори деградације у које спадају социоекономски услови, неодговарајући начини коришћења земљишта, непланско обешумљавање и одсуство стратегија управљања земљишним простором. Утицај антропогених фактора је од посебног значаја, јер доприноси да се негативан утицај природних фактора у већој мери одрази не само на деградацију земљишта већ и на састав вегетације и биодиверзитет (Aude et al., 1998; Økland et al., 2003; Palo et al., 2008).

Главни фактор деградације земљишта данас су процеси ерозије, а најбитнији узрочник појаве убрзане ерозије је деловање човека у циљу повећања пољопривредних површина, ширења насеља и изградњу индустријских објеката и саобраћајница, рударство и слично. Према Oldeman-у (1992) 65% светског земљишта је деградирано утицајем човека. Интензивни процеси ерозије везују се за прве пољопривредне активности човека, чија се старост процењује на више од 7000 година. У то време сежу почеци обраде земљишта примитивним оруђем и зачеци сточарства припитомљавањем животиња ради подмиривања виталних потреба човека (Ђоровић, 2005). Током времена, човек је мало радио на унапређивању пољопривреде, а потребе, пре свега, за храном и животним простором услед демографске експанзије су се повећавале. Бавећи се пољопривредом, најчешће нису примењиване одговарајуће агротехничке мере, коришћена су хемијска средства за заштиту и повећање приноса која загађују површинске и подземне воде и слично.

Прекомерна испаша стоке допринела је уништавању вегетације. У циљу повећања пољопривредног земљишта, најједноставније решење било је крчење шума.

Обешумљавање широм Планете прати пољопривреду од давнина. Неке цивилизације су нестале посредно, управо захваљујући уништавању шума. Производња хране је била основни разлог крчења шума. То је био спор, упоран и најчешће незапажен процес деструкције шума око насеља првобитних агркултурних заједница (Велашевић и Ђоровић, 1998). Са порастом броја становништва јача притисак на површине под шумама (Ђоровић et al., 2003).

У Србији је према Крстићу (1961) у периоду од половине XV века до половине XIX века дошло до великог уништавања шума за потребе ратарства и сточарства (највише козарства). У другој половини XIX века уништавање шума се интензивира због наглог пораста броја становника и пораста броја насеља. Расла је потреба за обрадивим земљиштем, огревом, грађевинским земљиштем и др.

Крчење и спаљивање шума у циљу добијања пољопривредног земљишта и пашњака је била уобичајена пракса. Земљорадња и сточарство су на тако освојеним површинама имали екстензиван карактер и тиме били краткотрајни. Већ после неколико година коришћења, земљиште би се испостило, а површине су напуштане и освајане су нове (Велашевић и Ђоровић, 1998).

Дрво је коришћено за огрев, као грађевински материјал и за израду намештаја и предмета за домаћинство, у изградњи железнице, за развој индустрије, за потребе рударства и сл.

У периоду после Другог светског рата, интензивна експлоатација и уништавање шума се настављају и долази до интензивирања процеса ерозије, која према водопривредној основи Србије из 2001. године (Табела 1.1.) различитим интензитетом захвата читаву површину Србије. Категоризација интензитета водне ерозије извршена је по методи Гавриловића.

Табела 1.1. Интензитет водне ерозије у Србији

Категорија	Интензитет	km ²	%
I	Екседивна	2 888	3,27
II	Интензивна	9 138	10,34
III	Средња	19 386	21,94
IV	Слаба	43 914	49,78
V	Веома слаба	13 035	14,75
Укупно:		88 361	100

*Извор: Водопривредна основа Србије, 2001.

Уништавањем шума, земљиште због одсуства вегетације остаје незаштићено, изложено агенсима ерозије. Спира се и односи, при чему се стварају сасвим нови станишни услови који су све мање повољни за формирање биљног покривача због оскудног, каткад одсутног земљишта. Овако настала, веома еродибилна станишта позната су као голети. У најширем смислу, голети (постојеће и новонастале) представљају непродуктивне до слабо продуктивне површине без вегетације у дужем периоду, као и површине на којима недовољно развијена вегетација непотпуно покрива земљиште (Дожић и Лујић, 2005). У голети се осим станишта скоро без вегетације као што су камењари и живи пескови, убрајају и станишта на којима је деловањем ерозије деградирано земљиште, а вегетација у различитом степену слабије развијена. У њих спадају и станишта са сасвим мало земљишта у пукотинама стена, али и она са дебелим слојем земљишта на којима је вегетација оскудна и слабо развијена због деловања ерозије, одсуства хранљивих материја у земљишту, утицаја штетних гасова и др. С обзиром да су процеси ерозија земљишта на голетима врло изражени, обично не дозвољавају спонтано успостављање вегетације (Barčić et al, 2006).

Голети се могу поделити по различитим критеријумима, тако Шафар (1963) голети настале уништавањем шума које се не могу пошумљавати врстама из бивше фитоценозе, назива деградираним стаништима и дели их на следећи начин:

- станишта која се могу пошумљавати пионирским и само неким аутохтоним врстама,
- станишта која се могу пошумљавати само пионирским врстама дрвећа и жбуња,
- станишта која се могу пошумљавати само неким врстама шибља и приземне флоре,
- станишта на којима је пре пошумљавања неопходно применити земљиште техничким и агротехничким мелиоративним мерама.

Лујић (1973) дели голети према потенцијалним могућностима да се покрију вегетацијом у односу на геолошку подлогу и земљиште на четири групе:

- првој групи голети припадају огољени и деградирани терени са дебелим слојем земљишта које омогућава да се успостави вегетација и у зависности од других природних фактора и потреба ставновништва могу се пошумљавати или бити коришћена за пољопривреду,
- другој групи припадају голети без довољног слоја земљишта за успостављање вегетације на нераспаданом матичном супстрату, где је најчешће потребно претходно пошумљавати жбуњем и шибљем како би се успоставила педогенеза,
- трећа група обухвата голети готово без земљишта на трошном матичном супстрату подложном распадању што је повољно за успостављање педогенезе и као такве су погодне за пошумљавање,
- четврта група укључује голети које се не могу мелиорисати и ту спадају површине са хоризонталном слојевитошћу стена, стеновити врхови, гребени, шиљци камењари изнад границе шумске вегетације и слично.

Према наведеној категоризацији јасно се издвајају површине погодне за пошумљавање са становишта успостављања вегетације и враћања шумских екосистема на обешумљена станишта.

Пошумљавање и обнављање шума су методе за успостављање (враћање) вегетације на голим (огољеним) површинама и имају за циљ не само да успоре процесе ерозије и смање губитке земљишта (Ђоровић et al., 2003; Chirino et al., 2006; Blanco-Canqui и Lal, 2008), већ и да повећају везивање атмосферског угљеника (Richter et al., 1999, Lal et al., 2003, Wang и Medley, 2004, Niu и Duiker, 2006) и обогате биодиверзитет (Wenhua, 2004; El-Keblewy и Ksiksi, 2005). Ђоровић и сарадници (2003) осим заштитних издвајају и пошумљавања у циљу формирања економских – производних шума.

Мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања се уобичајено посматрају кроз успостављање вегетације и контролу ерозије, а вреднују се густином склопа вегетације и величином губитака земљишта на пошумљеним површинама. Вегетација обавља своју заштитну улогу тако што надземним деловима прима ударе кишних капи и тиме ублажава иницијалну фазу плувијалне ерозије, док подземним деловима армира земљиште и повећава његову отпорност. Контролом ерозије и губитака земљишта директно се смањује деградација земљишта и стварају се повољни услови за педогенезу.

Посматрано из данашње преспективе, мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања се знатно шире одражавају на унапређење услова станишта кроз побољшање микроклиматских услова на деградираним стаништима, стварање услова за повећање биодиверзитета и проширење постојећих и стварање нових понора за угљеник. Тако се развијеност процеса педогенезе може посматрати кроз присуство и моћност А-хоризонта земљишта, флористички диверзитет кроз присуство, бројност и покровност врста, а резерве везаног угљеника у биомаси и земљишту кроз запремину дрвета и садржај хумуса у земљишту.

Избор врста за пошумљавање је од великог значаја за успех пошумљавања. Типолошка истраживања потенцијалних вегетацијских заједница за пошумљавање појединих станишта (Черњавски и Јовановић, 1950; Лујић, 1960; Томић, 1992; Јовић et al., 1998) дала су значајан допринос одређивању потенцијала шумских терена и могућности њиховог категорисања. Правилан избор врста за пошумљавање омогућава повећање флористичког диверзитета као једног од мелиоративних ефеката пошумљавања. Избор врста условљен је типом станишта које треба пошумити, а посебну пажњу треба посветити рецентним процесима прогресивних и регресивних сукцесија појединих шумских асоцијација (Ђоровић et al. 2003). Поједине врсте различито утичу на флористички диверзитет, на пример истраживања су показала да пошумљавања различитим врстама бора (*Pinus* sp.) имају чак, негативан утицај на флористички диверзитет, састав врста и могућност прогресивне сукцесије (Andrés и Ojeda, 2002; van Wesenbeeck et al., 2003; Barčić et al., 2006). Мада не треба занемарити друге мелиоративне ефекте пошумљавања таквим врстама као што су редуковање ерозије (Cao et al., 2007), брз раст и унапређење предела и неких својстава земљишта (Panagopoulos и Hatzistathis, 1994), потенцијалне економске користи од пошумљавања овим врстама (Andrés и Ojeda, 2002) и потенцијал врсте да везује и депонује органски угљеник у биомаси и земљишту (Richter et al., 1999, Ouimet et al, 2007).

Мелиоративни ефекти методе пошумљавања испољени кроз унапређење биодиверзитета и стварање и проширење понора за угљеник мало су проучавани. Међутим, истраживања су показала да метода садње на градонима утиче на смањење ерозије и губитака земљишта (Sheng, 2002, Cao et al. 2007), али њена ефикасност зависи и од природних услова подручја (van Dijk и Bruijnzeel, 2003).

Везивање угљеника је од посебног значаја са становишта смањања концентрације CO₂ у атмосфери и других гасова стаклене баште. На овај начин

се може утицати на ублажавање ефеката промене климе на глобалном нивоу. Многи аутори сматрају да пошумљавања (и обнављање шума) не само да имају велики потенцијал, већ су и најисплативије и за животну средину корисне стратегије везивања угљеника. Биљке везују атмосферски CO₂ и тиме смањују његову концентрацију у атмосфери, што пошумљавање и обнављање шума чини препорученим и најзначајнијим стратегијама везивања атмосферског угљеника (Richter et al., 1999; Lal et al., 2003; Wang и Medley, 2004; Houghton, 2005).

Niu и Duiker (2006) налазе да су промена начина коришћења земљишта и активности шумарства широко препознате као део стратегије за смањење емисије гасова стаклене баште (ГХГ). Сваки начин управљања земљиштем који настоји да успори обешумљавање и подстакне пошумљавање, промовише се као значајан елемент у контроли будућег пораста атмосферског CO₂ (Faeth et al., 1994; Moffat, 1997; Ingham, 2000). Најзначајнији понори за угљеник на Земљи су океани, младе биљке и шуме.

Шуме представљају најзначајнији тип вегетације у погледу нето извора, везивања и ретенције угљеника на земљишном простору (Кадовић и Медаревић, 2007). Стога, одговарајуће стратегије управљања могу значајно утицати да се подстакну функције шуме као понора за угљеник, а да се емисија CO₂ смањи на најмању меру. Dixon и Turner (1991) сматрају да начин на који се тренутно сагледава глобално кружење угљеника указује да газдовање шумама и пољопривредним земљиштем у правцу повећања везивања гасова стаклене баште могу обезбедити прихватљиви законски оквири.

У шумским екосистемима издвојена су три највећа депоа за угљеник (IPCC, 2003). Жива биомаса обухвата надземну и подземну биомасу, мртва органска материја коју чине мртво дрво и стеља и земљишна органска материја.

Жива биомаса је најзначајнији депо за угљеник. Према истраживању Woodbury et al. (2007) шуме, урбано дрвеће и производи од дрвета везују 65-91% угљеника. Многи аутори уочавају да напуштена пољопривредна земљишта

представљају потенцијал за везивање и депоновање угљеника. Niu и Duiker (2006) наводе да земљишта искључена из пољопривредне производње (маргинална земљишта) пошумљавањем постају значајан повор за угљеник. Тако шуме које расту на напуштеном пољопривредном земљишту, акумулирају биомасу брже него други претходни начини коришћења земљишта (Silver et al., 2000). Исти аутори наводе да се акумулацијом надземне биомасе испољавају многе значајне функције екосистема које доприносе депоновању угљеника, као што су смањење ерозије и испирања хранљивих материја, побољшање микроклиматских услова и обезбеђивање склоништа и структурне комплексности за дивљач.

Значајан удео везаног угљеника налази се у мртој органској материји коју чине мртво дрво и шумска стеља. Према истраживању Ouimet et al. (2007), шумска стеља је веома значајан депо за угљеник. Richter et al. (1999) наводе да је око 96% угљеника акумулирано у шумској стељи у култури *Pinus taeda* L. подигнутој на претходно пољопривредном земљишту.

Земљиште представља највећи копнени повор за угљеник (Jobbágy и Jackson, 2000). Према Henderson-у (1995) око 75% угљеника везано је у земљиштима света, а шумска земљишта садрже око 40% укупног подземног везаног угљеника (Dixon et al., 1994). Према томе, шумско земљиште представља значајан депо за угљеник, а највећа концентрација везаног угљеника је у површинском земљишту до 30 cm дубине (Lal, 2005).

Мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања међусобно су у вези и утичу једни на друге. Успостављање вегетације омогућава контролу ерозије и смањење губитака земљишта чиме се стварају повољни услови за формирање земљишта. Земљиште бољих карактеристика чини станиште погоднијим за већи број различитих врста чиме се обогаћује биодиверзитет. Са друге стране, повећање биодиверзитета подстиче процесе педогенезе у повољном смеру тако да се формира земљиште бољих карактеристика чиме се

повећава капацитет станишта за везивање и складиштење угљеника у биомаси и у земљишту.

1.2. Преглед мелиоративних радова на проучаваном подручју

Подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине је према Карти потенцијалне вегетације (1986) пре обешумљавања било, углавном, под шумама храстова лужњака и цера, затим шуме китњака и шуме планинске букве, док су у долини Јужне Мораве биле шуме лужњака и жутиловке и шуме топола и врба. Услед потреба становништва за обрадивим површинама, вршене су стихијске сече шума, а начин обраде земљишта био је екстензиван (Слика 1.1.). Стално кресање лисника за потребе исхране стоке је допринело да се шуме потпуно деградирају. Бавећи се пољопривредом, најчешће се нису примењивале одговарајуће агротехничке мере, користила су се хемијска средства за заштиту и повећање приноса која загађују површинске и подземне воде. Прекомерна испаша стоке допринела је уништавању вегетације.



*фото: С. Коларевић

Слика 1.1. Грделичка клисура – Ерозиони процеси као последица уништавања шума

Падавине, нарочито оне великог интензитета, убрзале су деградацију земљишта, што је довело до стварања голети на испошћеним, напуштеним ораницама. На већини таквих локалитета вегетације, готово, да није било, а на појединим локалитетима земљиште је било значајно деградирано деловањем ерозије. Обилне кише и нагло топљење снега изазивали су бујичне поплаве које су наносиле велику материјалну штету. Све то захтевало је хитне противерозионе и мелиоративне радове у сливовима Грделичке клисуре и Врањске котлине ради контроле деградације земљишта.

Први забележени противерозиони радови вршени су 1907. године, када је због поплава у Грделичкој клисури дошло до заустављања путничког и железничког саобраћаја кроз клисуру.

Систематски рад на уређењу бујичних токова у Грделичкој клисури почиње 1928. године са радовима у сливу Калиманске реке која је својим поплавама наносила огромне штете. Упоредо са радовима у кориту водотока, извођени су и радови у сливу: пошумљавање, подизање воћњака, затрављивање, мелиорација пашњака. Ови радови имали су врло значајан ефекат, па је слив Калиманске реке постао репрезентативни пример противерозионог уређења.

Због великих штета од бујичних поплава у Грделичкој клисури 1948. године, Влада НР Србије 1949. године доноси посебну Одлуку о непосредним задацима на обнови и пошумљавању подручја која су угрожена ерозијом и бујицама. Издвојено је 6 угрожених подручја од чега је Грделичка клисура добила приоритетно место.

Током 1950-их година, по оснивању Републичке комисије за заштиту земљишта од ерозије на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине изведено је највише противерозионих радова. Противерозиона пошумљавања обухваћена истраживањем вршена су средином 1950-их година (Сољаник, 1955а; Лујић, 1955; Јовановић, 1956; Петковић, 1981).

Осим пошумљавања сетвом и садњом, подизани су воћњаци на терасама и контурним рововима, вршена су затрављивања и мелиорације пашњака. За пошумљавања су коришћене бројне врсте: црни бор (*Pinus nigra* Arnold.), багрем (*Robinia pseudoacacia* L.), јавор (*Acer pseudoplatanus* L.), црни јасен (*Fraxinus ornus* L.), жутиловка (*Cytisus laburnum* L.), липа (*Tilia* sp.), дивљи кестен (*Aesculus hippocastanum* L.), бели бор (*Pinus sylvestris* L.), црни орах (*Juglans nigra* L.) и др.

Примењене су различите технике пошумљавања, од пошумљавања на јаме са различитом густином садње, градони, садња у сувозиду и сл.

У циљу интервенисања у смислу контроле ерозије и смањења губитака увођене су административне мере, а једна од њих је Закон о забрани држања коза донет 1954. године.

1.3. Литературни преглед ефеката примењених мелиоративних радова на проучаваном подручју

Због специфичног географског положаја и услова средине подручја као и проблема везаних за деградацију, Грделичка клисура и Врањска котлина биле су предмет бројних проучавања и студија, а последице наведених фактора огледају се и на социо-економском плану.

Године 1956. Институт за педологију и агрохемију у Топчидеру израдио је Студију под називом „Педолошко-агрохемијске особине и стање ерозије земљишта Грделичке клисуре и Врањске котлине“, где су детаљно приказани типови земљишта проучаваног подручја и стање ерозије на њима. Филиповић (1957) даје приказ смеђих шумских земљишта Грделичке клисуре. У оквиру пројекта „Проучавање поремећаја екосистема и деградација животне средине“ 1978-1982. (Велашевић, Јовић et al., 1979) вршена су педолошка истраживања на

подручју Грделичке клисуре за сливове Калиманске и Репинске реке и дата је карта размере 1:25 000 (Јовић и Јовановић, 1982).

Томашевић (1951) даје Преглед фитоценоза Грделичке клисуре. Поменути пројекат „Проучавање поремећаја екосистема и деградација животне средине“ 1978-1982. (Велашевић, Јовановић et al., 1979) обухватио је детаљна фитоценолошка истраживања за сливове Калиманске и Репинске реке.

У студији Института за економику пољопривреде за подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине, Крстић (1961) даје приказ природних услова и интензитета ерозионих процеса подручја.

Многи аутори бавили су се анализом успеха пошумљавања на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине. Сољаник (1951, 1952, 1955б, 1955в, 1955г) анализира пошумљавања изведена на овом подручју, где приказује изведена пошумљавања (по врстама којима су вршена пошумљавања и техници припреме земљишта, по техникама садње и сетве) са дискусијом успеха изведених радова. Исти аутор у својим радовима анализира примењене технике и успех пошумљавања. Сољаник (1953), Лујић (1960) у својим радовима истичу значај експозиције за успех пошумљавања.

Лујић (1960) у докторској дисертацији уводи појам „потенцијал локалне топлоте“ који представља могућност загревања датог терена директним сунчевим зрацима под претпоставком да је терен потпуно без вегетације, а исказан је у функцији две топлотне координате. Топлотна координата – Е, зависи од експозиције и нагиба, док топлотна координата – В, зависи од надморске висине терена. Комбинацијом топлотних координата добија се потенцијал локалне топлоте приказан као тип станишта. Метода служи за лакши и успешнији избор врста за пошумљавање изразито деградираних површина где у потпуности одсуствује вегетација. Дата је за подручје Грделичке клисуре.

Године 1957. (Сољаник, Радуловић) урађена је Генерална основа - пошумљавање, мелиорације и гајење шума Грделичке клисуре и Врањске котлине, где је у целости приказана пробелематика и услови средине на проучаваном подручју и предлози за њихово превазилажење.

Са аспекта уређења бујица, на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине, рађени су многи елаборати, с обзиром да је подручје изразито бујичног карактера. Гавриловић (1957) је у својој докторској дисертацији извршио класификацију бујичних токова на подручју Грделичке клисуре и одредио квантитативни режим њихових наноса. За класификацију бујичних токова аутор је увео критеријум за оцењивање степена бујичности подручја – коефицијента ерозије (z). Исти аутор (1965) даје методу за израду карте ерозије за коју уводи *коефицијент отпорности земљишта на ерозију* који зависи од геолошке подлоге, климата и типа педолошке творевине.

За потребе праксе за једноставнијим одређивањем коефицијента ерозије (z), посебно када се израђују карте ерозије великих сливова или читавих држава, Лазаревић (1985) предлаже поступак за одређивање коефицијента ерозије (z) који представља модификацију методе одређивања коефицијента ерозије по Гавриловићу при чему је сачувана њена суштина и унутрашња структура. Наиме, овим методом се три релативна параматра (коефицијент отпора земљишта на ерозију, коефицијент уређења ерозионог подручја и коефицијент вида ерозије) синтетички у један (коефицијент ерозионих процеса у сливу) и у комбинацији са једним објективним параметром који представља средњи пад слива или површине земљишта за коју се одређује коефицијент ерозије на поједностављен начин се добија коефицијент ерозије (z). Лазаревић (1985) такође, истиче да аналитички образац за одређивање коефицијента ерозије треба применити приликом обраде мањих сливова, када је могуће објективније одредити вредности коефицијента отпора земљишта на ерозију, коефицијента уређења ерозионог подручја и коефицијента вида ерозије.

Студија уређења бујичних токова у горњем делу слива Јужне Мораве (Костадинов et al., 1997) обухватила је подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине. У Студији су приказани природни услови, анализа ерозионих и бујичних процеса у сливу, приказ изведених противерозионих радова са освртом на економске аспекте и стратегију уређења бујичних токова.

2. ОБЈЕКАТ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Опис проучаваног подручја

2.1.1. Географски положај, орографија и хидрографска слика подручја

Грделичка клисура и Врањска котлина налазе се у југоисточном делу Србије и представљају две међусобно повезане географске целине које се простиру између $42^{\circ} 22'$ и $42^{\circ} 55'$ северне географске ширине и између $19^{\circ} 21'$ и $20^{\circ} 00'$ источне географске дужине. Врањска котлина представља проширење у долини Јужне Мораве и простира се од Бујановца до Владичиног Хана на дужини од 30 километара, ширине око шест километара. Северно од Владичиног Хана до места Грделица, дуж тока Јужне Мораве смештене је Грделичка клисура, која је дуга 34 km, а дубока 550 метара. Границу овог подручја чине углавном, вододелнице и планински врхови. Источна граница води вододелницом планине Старац (835 m) преко врхова Тасија, Мотина, Кључ, Гиздавац до врха Бесне Кобиле (1922 m). Према северу развођем Варденика (1660 m), Грамађе, Ореговице и Острозуба преко Полома (1370 m), а северна граница се затвара преко атара села Станковце, Козарја до места Грделица. Западна граница се пружа преко планина Бели Кам (1370 m), Лебовац, Крстиловица, Грот, Облик и Кукавица преко врхова Лисац, Плоче, Спасова Чука до врха Госпин Гроб (950 m) одакле се спушта до места Грделица. Јужна граница преко насеља Трновац, Бујановац, Божиновац, Богдановица и Ново Село иде према врху планине Старац (835 m). Подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине одликује се веома израженом купираношћи терена и великим нагибима. С обзиром да лежи на обронцима планина чији врхови прелазе 1500 m надморске висине, а ток Јужне Мораве је усечен на надморској висини мањој од 500 m, велике висинске разлике се јављају на релативно малом

простору (1784 km²). Примера ради, са источне стране Јужне Мораве издижу се Бесна Кобила, Велики Стрешер, Чемерник, Острозупска Чука, а висинске разлике између њихових врхова и корита Јужне Мораве су 1500 m, 1450 m, 1350 m, 1300 m. Са западне стране уздижу се Грот, Облик, Букова Чука где висинске разлике у односу на Јужну Мораву износе: 950 m, 900 m, 900 m. Овако изражене висинске разлике на малом растојању, развијени и шаролики геоморфолошки облици рељефа са падинама великих нагиба доприносе повећању енергије рељефа за развијање ерозионих процеса. Рељеф оваквих карактеристика значајно утиче на развијеност хидрографске мреже подручја.

Подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине је познато по развијеној хидрографској мрежи и великом броју водотока бујичног карактера, који својим водним режимом изазивају ерозију која доводи до промене слике рељефа.

Грделичка клисура и Врањска котлина припадају горњем делу слива Јужне Мораве.

Укупна површина сливног подручја Грделичке клисуре износи 430,44 km², а Врањске котлине 1353,90 km². Према Студији уређења бујичних токова у горњем делу слива Јужне Мораве (Костадинов et al., 1997) у Грделичкој клисури је под бујичним сливовима 427,61 km², а у Врањској котлини је 1272,60 km². Подручја су несиметричног облика, јер им је десна страна јако развијена у односу на леву, што погодује формирању бујичних токова. У Табели 2.1. су дати параметри сливног подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине.

Табела 2.1. Параметри сливног подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине

Параметар		Грделичка клисуре	Врањска котлина
Површина слива	F (km ²)	430,44	1353,90
Дужина главног тока	L (km)	29,50	47,00
Најузводнија кота гл. тока	K _v	332,40	394,50
Најнизводнија кота гл. тока	K _u	253,00	324,00
Коефицијент кривуданости тока	K _k	0,69	0,80
Број бујичних притока	Br	137	73
Просечан пад на деоници	i _p (%)	2,40	1,50
Средња ширина подручја	S _s (km)	14,59	28,81
Ук. дужина хидрографске мреже	∑L (km)	277,01	572,50
Густина хидрографске мреже	G (km·km ⁻²)	0,64	0,43
Коефицијент асиметрије слива	a	0,82	0,64
Коефицијент облика слива	A	0,54	0,83
Највиша кота у сливу		1638,00	1922,00
Средња надморска висина слива	N _{sr}	789,57	804,30
Средња висинска разлика слива	D (m)	536,57	480,30

*Извор: Костадинов et al., 1997.

На подручју Грделичке клисуре постоји чак 137 бујичних токова различитих хидрографских класа, док на подручју Врањске котлине има 73 бујична тока. У Табели 2.2. је дата расподела бујичних водотока према хидрографској класи.

Уопштено узевши, према наведеним параметрима сливног подручја као и према расподели бујичних водотока према хидрографској класи, Грделичка клисура и Врањска котлина представљају подручје подложно развијању процеса ерозије. Најпознатије бујице овог подручја су: Калиманска река, Цепска река, Предејанска река, Крпејски поток, Палојска река, Репинска река, Љештарска долина и Бањска река.

Табела 2.2. Бујични водотоци Грделичке клисуре и Врањске котлине по хидрографским класама

Врста бујичног водотока хидрографска класа	Грделичка клисуре	Врањска котлина
Бујичне реке	5	11
Бујичне речице	7	11
Бујични потоци	8	11
Суводолине и мањи потоци	17	14
Бујичне урвине	36	20
Јаруге и вододерине	64	6
Укупно:	137	73

*Извор: Костадинов et al., 1997.

Појава бујичних поплава је најчешће последица излучивања падавина великог интензитета, али и наглог отапања снега, до ког доводе велики температурни скокови. Стога се климатски параметри од којих се температуре ваздуха и плувиометријски режим подручја издвајају као битни ерозивни фактори.

2.1.2. Климатске карактеристике подручја

Према класификацији по Көрпен-у ово подручје припада Dfb климатском подтипу који одликују велики сезонски температурни контрасти са топлим летима и хладним зимама.

Годишња температура ваздуха се са повећањем надморске висине смањује и на овом подручју на висини од 400 m износи 11°C, док је на висини од 1220 m температура ваздуха 7°C. Најхладнији месец у години је јануар, који уједно, има и највећи број мразних дана. Најтоплији месец до висине од 900 m је јул, док је изнад најтоплији месец август. Пролеће је на свим надморским висинама знатно хладније од јесени, а сезонска температурна разлика се повећава са надморском висином и на висини од 400 m јесен је топлија од пролећа за 1,3°C (Велашевић, Колић, et al., 1981). Према истим ауторима просечна температура

ваздуха у вегетационом периоду до 550 m је 17°C и опада до 13°C на висини изнад 1200 m.

Са повећањем надморске висине просечна количина падавина расте, тако до висине од 680 m излучи се до 650 mm воденог талога, док је на висини изнад 1260 m годишња сума падавина већа од 850 mm. Пролеће је сезона са највише падавина, а најмање падавина има зими. У вегетационом периоду падне преко 50% годишње суме падавина, а са порастом надморске висина та вредност расте.

Грделичка клисура и Врањска котлина налазе се на споју континенталне и медитеранске климе што утиче да континенталност климе на овом подручју буде ублажена. Према коефицијенту континенталности у нижим деловима до 450 m надморске висине клима је умерено континентална, затим континентална до висине од 910 m одакле из континенталне прелази у медитеранску услед утицаја Егејског мора. Захваљујући таквим климатским условима, станишта овог подручја имају већи потенцијал за биодиверзитет и на њима је могућ опстанак већег броја врста.

Климатске карактеристике подручја имају посредан (делујући на вегетацију) и непосредан утицај на деградацију земљишта. Појава суше током вегетационог периода и неравномерна расподела падавина током године, високе температуре у летњем периоду када је количина падавина најмања и појава раних јесењих и касних пролећних мразева, отежавају успостављање вегетације на голетима. С друге стране, у зимским месецима, када је заштита вегетацијом мања, када се излуче веће количине падавина долази до интензивирања процеса ерозије. Нарочито разоран утицај имају падавине великих интензитета, када се велика количина воденог талога излучи у кратком временском периоду. Утицај климатских фактора на подручјима са развијеним облицима рељефа и хидрографском мрежом се појачава присуством слабо отпорне геолошке подлоге склоне распадању и осипању.

2.1.3. Геолошке карактеристике подручја

Подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине у геолошком погледу не спада у шаролика. Обод Врањске котлине је изграђен од старијих стена, док је дно прекривено неогеним седиментима. Грделичка клисура је махом, усечена у гнајсу. Читаво подручје највећим делом лежи на кристаластим шкриљцима поред којих има и еруптивних и седиментних стена. Кристалести шкриљци палеозојске старости који представљају најстарију формацију на овом подручју се пружају працем север-југ. Најзаступљенији су гнајс и микашист, док се филити, амфиболитски шкриљци и хлоритошисти јављају местимично. Код места Цеп је најужи део клисуре и овде Јужна Морва тече границом између младих еруптивних стена на десној и кристаластих шкриљаца на левој страни. Еруптивне стене овог подручја настале су у терцијару, представљају их гранодиорити као најстарији и имају плутонски карактер. Дацит и андезит су млађи и имају вулкански карактер, а праћени су вулканским туфовима и вулканским бречама, а њихова главна маса је са леве стране Јужне Мораве. Кроз скоро целу Грделичку клисуру пружа се уска зона жућкастог кварцевитог пешчара, конгломерата, лапораца и лапоровитих и песковитих глинаца, махом са леве стране Јужне Мораве (Цвијић, 1911). Седиментне стене су различите старости. Најстарије потичу из горње креде, а млађе припадају терцијару и квартару. Терцијарне седименте представљају трошни пешчари са прослојцима глине и глинци и лапроци у танким и трошним плочицама. Од ових наслага образовано је више језерских тераса, које су већином деформисане радом река и процесима ерозије. Квартарни седименти заступљени су у најнижим деловима уз ток Јужне Мораве представљају их пескови и шљункови веома хетерогеног састава од којих су сачињене старије и млађе речне терасе. Такође, присутни су делувијум и алувијум као најмлађи седимент.

Кристаласти шкриљци су заступљени на око 50% површине подручја и налазе се у различитом степену распадања, често су им слојеви поремећени и веома су изломљени захваљујући томе представљају врло еродибилну геолошку подлогу. Истраживања педолошких својстава и ерозије земљишта на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине (Танасијевић, et al., 1956) показала су да се ерозија нарочито испољила на земљиштима развијеним на кристаластим шкриљцима, посебно на микашистима. Узрок томе је присуство скелета и значајно учешће фракције песка у земљишту због изломљеног и растреситог матичног супстрата, који овакву подлогу чине еродибилном.

2.1.4. Педолошке карактеристике подручја

Према претходним истраживањима (Танасијевић, et al., 1956; Велашевић, et al., 1979), на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине заступљена су генетска, агенетска и генетски недовољно развијена земљишта.

Генетска земљишта присутна на овом подручју су смонице, смоница у огајњачавању местимично еродирана, карбонатна и местимично еродирана смоница и еродирана смоница, оподзољена гајњача, еродирана гајњача у оподзољавању, подзол и еродирано скелетоидно подзоласто земљиште.

Заступљена агенетска земљишта су еродирано скелетоидно кисело земљиште, скелетно и скелетоидно земљиште, алувијум, делувијум, делувијум на смоници и алувијално-делувијално земљиште.

Генетски неразвијена земљишта присутна на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине су еродирано кисело смеђе шумско земљиште, планинска црница и црвеница.

Према вертикалној распрострањености до висине од 400 m надморске висине јављају се млада агенетска земљишта – алувијуми различитог састава и старости. Од 400-700 m надморске висине су језерске терасе на којима су

смонице и гајњаче које су еродирани и местимично оподзољене, док су у подножјима брда делувијуми и алувијално-делувијална земљишта. На надморској висини од 700-1200 m су еродирани скелетоидна смеђа и руда земљишта, а од 1200-1400 m су еродирани скелетоидна подзоласта смеђа шумска земљишта. Од 1400-1500 m надморске висине је прелаз од смеђег шумског земљишта до планинске црнице да би на висини преко 1500 m била изразита планинска црница.

Најраспрострањенији типови земљишта на подручју Грделичке клисура и Врањске котлине су еродирани скелетоидно земљиште, еродирани смеђе шумско земљиште, гајњача у оподзољавању и смоница. Физичке и хемијске особине ових земљишта чине их подложним ерозији. Лак механички састав и слаби изражена или неизражена структура чине да се на њима брзо и лако развије ерозија, нарочито у одсуству вегетације. Киселост земљишта условљава распадање честица глине која доприноси отпорности земљишта на ерозију, као и присуство веће количине сировог хумуса који има исти ефекат.

2.1.5. Вегетацијске карактеристике подручја

Подручје Грделичке клисура и Врањске котлине је врло разноврсно у погледу вегетације која је заступљена. Одликује се присуством специфичних заједница које су ретке и присутне само фрагментарно као што су брдске шуме букве са орахом – *Juglendo-Fagetum submontanum* Jov. 1969. у Грделичкој клисури, реликтне полидоминантне заједнице клисура мезијске провинције: *Fagio-Aceri intermediae-colurnetum* Jov. 1955. и *Quercu-Aceti intermediae-colurnetum* Miš. et Din. 1971. у кањону реке Масурице и ендемореликтна заједница шума букве са зеленичетом – *Lauroceraso-Fagetum montanum* Jov. 1967., описана само локалитету мале површине на планини Острозуб.

Асоцијација шуме сладуна и цера *Quercetum frainetto-cerris* Rud. 1949 је најзаступљенија на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине на надморској висини до 600 m, и то у две субасоцијације: типични облик и субасоцијација шуме сладуна и цера са грабићем (*Carpino orientalis-Quercetum frainetto-cerris* Jov. /1953/1979), која је климатогена за овај део југоисточне Србије што су потврдила фитоценолошка истраживања вршена 1998. године (Динић et al., 2000). Ове шуме су једна од најксеротермнијих заједница из свезе и представљају климазоналне шуме југоисточне Србије. Њиховом деградацијом настају ниске шуме и шикаре грабића који као врста успева да опстане због своје велике изданачке снаге, ксерофилности и хелиофилности (Томић, 2004). У погледу заштите земљишта од ерозије, ове шуме пружају мању заштиту од мезофилнијих шума јачег склопа (Велашевић, Јовановић et al., 1979).

У Врањској котлини од Врања до Бујановца доминирају типови храстових шума, међу којима значајну улогу и широко распрострањење имају термофилне храстове заједнице са медунцем - *Quercus pubescens* Willd., што се врло ретко среће у другим деловима Србије (Мишић et al., 1985).

На обронцима планина које окружују подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине, са источне стране планина Острозуб и Бесна Кобила, а западно Кукавица, Грот и Свети Илија на контактном делу између храстовог и буковог појаса су китњакове шуме *Quercetum montanum* (Jov. 1948) Černj. et Jov. 1953. (Томић, 2004). У алтернацији са овим шумама јављају се шуме букве у брдском појасу - *Fagetum moesiacaе submontanum* Jov. 1967., које су лабилне, јер спадају у мезофилне, а налазе се у ксеротермном појасу храстова, због чега у њима антропогеним деловањем лако долази до ремећења односа и стварања услова за појаву убрзане ерозије (Велашевић, Јовановић, et al., 1979). Фрагментарно на подручју Грделичке клисуре јавља се брдска шума букве са орахом - *Juglando-Fagetum submontanum* Jov. 1969. (Томић, 2004 цит. Гигов, 1955).

Планинска шума букве – *Fagetum moesiacaе montanum* Јов. 1953. на овом подручју присутна је на надморским висимама од 800-1300 m на планинама Острозуб, Чемерник, Варденик, Бесна Кобила, Кочурац које чине источну границу подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине и Кукавица, Грот и Св. Илија које окружују подручје са западне стране. Карактерише се доминацијом букве у спрату дрвећа, оскудним спратом жбуња и густим склопом и као таква пружа земљишту добру заштиту од плувијалне ерозије. Међутим, отварањем слопа и њеном девастацијом земљиште постаје изложено деловању процеса ерозије, који нарочито могу узети маха на већим нагибима. На планини Острозуб на надморској висини од 1200-1300 m на само неколико хектара јавља се специфична реликтана заједница букве са зеленичетом (ловорвишња) – *Lauroceraso-Fagetum montanum* Јов. 1967. која представља природни резерват зеленичета (Томић, 2004).

Ацидофилна шума букве са маховинама – *Musco-Fagetum* Јов. 1953. јавља се фрагментарно у малим састојинама на екстремним стаништима планина Острозуб, Чемерник и Бесна Кобила. Екстремност ових станишта односи се на ниске рН-вредности земљишта која су скелетна и сува на стрмим нагибима што погодује убрзавању процеса ерозије (Ћирковић, 2006. цит. Јовановић et al., 1997)

У кањону реке Масурице која извире испод Варденика налазе се реликтна преобладајућа заједница букве, Панчићевог маклена (*Acer intermedium* Панч.), мечје леске (*Corylus colurna* L.) и других врста - *Fagio-Aceri intermediae-colurnetum* Јов. 1955. и реликтна полидоминантна заједница храста, Панчићевог маклена, мечје леске и других врста - *Quercu-Aceti intermediae-colurnetum* Миш. et Din. 1971. које се у еколошком смислу међусобно смењују (Мишић, 1981). Првопоменута заједница је мезофилнија и насељава увале и осојне падине на надморским висинама од 950-1300 m, док је потоња од посебног значаја, јер је први пут откривена у долини Масурице (Мишић и

Динић, 1971). Насељава јужне и југоисточне падине широких грбена на надморској висини од 1000-1300 m (Мишић, 1981).

У долини Јужне Мораве у инундацији дуж леве обале на потезу од Владичиног Хана до Бујановца налазе се шуме лужњака и жутиловке – *Genisto elatae – Quercetum roboris* Horv. 1938. s. lat. и шума топола и врба – *Salici – Populetum albae* Drees. 1936.

3. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

На подручјима која су обешумљавањем претворена у голети, где природни услови погодују развијању процеса ерозије, једна од најефикаснијих мера успостављања функције (еколошки вредних) екосистема (њиховог „враћања“ у првобитно стање) је пошумљавање.

Предмет истраживања су мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања на подручјима која су пошумљена у циљу контроле ексцесивне ерозије која се појавила као последица обешумљавања.

Основни **циљеви** ове докторске дисертације су:

- квантификовање мелиоративних ефеката примењених метода пошумљавања и врста којима је пошумљавано
- оцена степена ерозије и губитака земљишта на пошумљеним површинама
- процена резерве везаног угљеника у живој биомаси, мртој органској материји и земљишту на пошумљеним површинама
- утврђивање утицаја пошумљавања на животну средину са аспекта стања ерозије и карактеристика земљишта, флористичког састава и флористичког диверзитета и резерве везаног угљеника
- издвајање критеријума за примену одређене методе пошумљавања и врсте за пошумљавање на датом подручју
- препоруке за издвајање подручја погодних за даље активности пошумљавања

Према јасно одређеним циљевима, **сврха** истраживања је да се дефинишу потребни услови за успостављање вегетације на голетима како би се омогућиле оптималне функције екосистема и да се да допринос у проналажењу општих критеријума по којима треба да се квалификују методе пошумљавања и врсте за

пошумљавање као оптималне за конкретне услове средине у којој их треба применити.

4. ХИПОТЕЗЕ У ИСТРАЖИВАЊУ

Противерозионо пошумљавање је мера која се примењује на ерозијом деградираним стаништима и има вишеструки значај са аспекта заштите и очувања животне средине. Примарни задатак противерозионог пошумљавања је успостављање и враћање вегетације на еродираним површинама.

Према проблематици проучаваног подручја и теоријским оквирима проблема којим се ова докторска дисертација бави постављене су следеће хипотезе:

- пошумљавањем деградираних станишта унапређују се стање елемената животне средине подручја
- пошумљавањем се успоравају и ублажавају процеси деградације земљишта
- избор врста за пошумљавање утиче на испољавање мелиоративних ефеката пошумљавања
- противерозионим пошумљавањима губици земљишта су доведени у толерантне границе
- багрем као врста за пошумљавање је ефикаснији у односу на црни бор у смањењу губитака земљишта
- избор методе пошумљавања (у одређеним условима средине) утиче на квалитет мелиоративних ефеката пошумљавања
- метода пошумљавања на градоне утиче на дистрибуцију тешких метала цинка и бакра у земљишном профилу
- методом пошумљавања на градоне се ефикасније контролише ерозија у условима средине какви владају на проучаваном подручју
- количина губитака земљишта утиче на састав вегетације и флористички диверзитет

- резерве везаног угљеника су веће на површинама пошумљеним методом на градоне
- пошумљавањем се повећава потенцијал станишта за везивање органског угљеника

5. МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

5.1. Методологија истраживања

У циљу добијања релевантних резултата истраживања неопходно је најпре правилно издвојити огледна поља која су репрезенти датих услова станишта и примењених мелоративних мера. Стога су дефинисани критеријуми који обезбеђују да се мерени и оцењени (параметри) - показатељи мелиоративних ефеката противерозионих пошумљавања (особине земљишта, флористички састав на огледним пољима, оцењени губици земљишта и резерва везаног угљеника у биомаси и земљишту) могу међусобно поредити у циљу вредновања одабраних врста за пошумљавање и метода пошумљавања.

У складу са захтевима истраживања, примењене су методе обраде метеоролошких података, методе педолошких истраживања, методе флористичких истраживања, методе таксационих истраживања, методе оцене интензитета ерозионих процеса, методе процене резерве депонованог угљеника у биомаси и земљишту.

Статистичка обрада података обухвата анализу варијансе (ANOVA), примену једноструких и вишеструких регресија, канонијску кореспондентну анализу и forward селекцију и урађена је помоћу одговарајућих програмских пакета за статистичку обраду података.

5.2. Критеријуми избора огледних поља

Огледна поља (Прилог 1, Прилог 2 и Прилог 3) издвојена су у сливовима који су у погледу природних услова (климатских, геолошких, хидрографских и др.) репрезентативни за подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине, а то су сливови Калиманске и Куновске реке, Крпејског потока, Љештарске долине, Предејанске реке, Зле долине 2 и Момин камен. Огледна поља у наведеним

сливовима издвојена су на површинама топлих јужних, југозападних и југоисточних експозиција, нагибима већим од 20%, које су пошумљене багремом и црним бором применом метода садње на јаме и на градоне, а на којима нису примењиване узгојне мере.

Пре изведених пошумљавања на огледним пољима су биле голети настале обешумљавањем ради добијање пољопривредних површина где се становништво бавило неадекватном пољопривредном производњом, која је довела до исцрпљивања и уништавања земљишта.

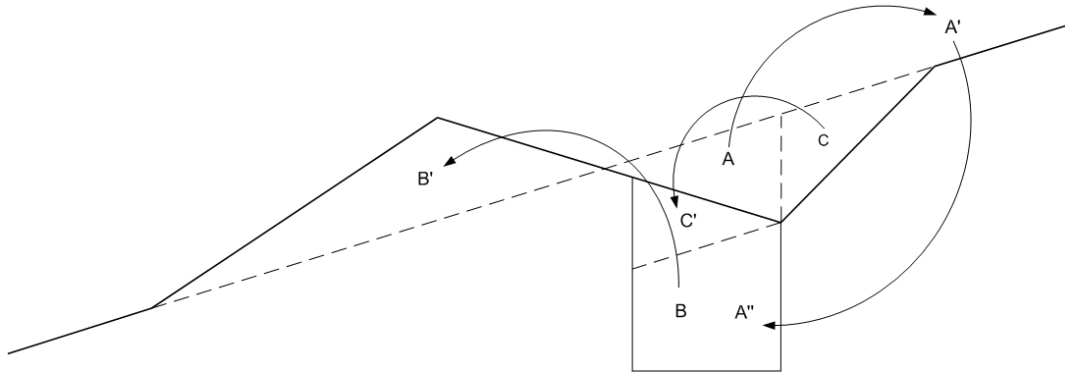
Половином прошлога века, у наведеним сливовима вршена су обимна пошумљавања великим бројем врста дрвећа и применом различитих техника припреме земљишта, садње и сетве. Пошумљавања на одабраним огледним пољима извршена су на голетима у периоду од 1954-58. године што обезбеђује приближно исту старост састојине на огледним пољима. Истраживање је обухватило површине пошумљене багремом на јаме, црним бором на јаме и црним бором методом на градоне.

Врсте црни бор (*Pinus nigra* Arnold.) и багрем (*Robinia pseudoacacia* L.) су одабране за истраживање, јер су као пионирске врсте коришћене за пошумљавања на подручју бивше Југославије (Вучићевић, 1995) и могу насељавати станишта на којима владају најлошији услови средине. Немају посебних захтева у односу на влагу и хранљиве материје. У погледу висинског распрострањења немају значајних ограничења. Према Јовановићу (1982) црни бор се јавља на висинама од 150 до 1540 m надморске висине. Пионирски карактер ових врста квалификује их за примену у пошумљавањима у условима наступајућих климатских промена.

Метода садње на јаме и метода садње на градоне изабране су као најчешће методе за пошумљавање голети и јако деградираних површина. Метода садње на јаме не захтева посебну припрему земљишта због чега је знатно јефтинија од методе садње на градоне. Припрема земљишта за садњу на градонима као и

израда градона се изводе ручно, што методу садње на градоне чини веома скупом, па се примењује само на изузетно тешким теренима. Градони су метода која је примењена као начин припреме земљишта за пошумљавање у бујицама у Француској (Vuëch region) 1870. године (Demontzey, 1882). Андрејевић (1959) наводи да се у Италији примењују терасе или сегменти тераса од почетка 20. века и називају се градон, gradoncina, piazzola. У Македонији се од 1930-их година припрема земљиште за пошумљавање еродираних терена у виду тераса по изохипси наводи Трајков (1953, 1957).

Техника ископа градона (Слика 2.1.) има за циљ да површински слој земљишта сачува за затрпавање корена саднице, а то се постиже тако што се површински слој земљишта на месту ископа јаме (А) пребацује са горње стране ископа (А'), затим се ископава јама до жељене дубине, а од ископаног материјала (В) се формира насип са доње стране ископа (В'). Потом се сади у претходно припремљене јаме тако што се око корена саднице сипа земља која је при ископу смештена са горње стране јаме (А'-А''), а јама се допуњава ископаним материјалом са горње стране (С'), при чему се на том месту формира усек (С) који са насипом са доње стране јаме чини контра-нагиб, чија је функција да заштити коренов врат саднице од превелике инсолације и исушивања, али и да задржи влагу у зони корена што је могуће више (Лујић, 1973; Ђоровић et al. 1969, 2003).



Слика 2.1. Техника ископа градона и припрема земљишта за садњу на градонима

Густина садње на јаме на одабраним огледним пољима износи од 1×1 m до $2-3 \times 4$ m, док је у градонима сађено на растојањима 1-1,5 m, најчешће по 2 саднице у јаму, са размаком између редова 2-3 m, зависно од нагиба падине.

Огледна поља су издвојена на површинама са нагибом преко 20% на топлим јужним, југозападним и југоисточним експозицијама, како би се отклонио утицај експозиције на успех пошумљавања. Овакви услови експозиције и нагиба дају најмање повољне услове за успостављање вегетације (Сољаник, 1955; Лујић, 1960; Økland et al., 2003; Wang и Medley, 2004).

Нагиби огледних поља класификовани су по класификацији која је примењена у оквиру Међународног регионалног пројекта за управљање ризицима/катастрофама и превенцију природних хазарда у планинским регионима - RimaDima (Костадинов et al., 2008б), према коме су издвојене 3 класе нагиба, и то: I класа 0-15%; II класа 15-30% и III класа >30%, којој, уједно припада и највећи број огледних поља.

На огледним пољима нису примењиване узгојне мере.

Наведени критеријуми избора обезбеђује сличне услове станишта на огледним пољима у погледу инсолације, влаге, старости састојине. Тиме се омогућава да се са већом сигурношћу могу поредити мелиоративни ефекти

изабраних врста за пошумљавање, као и мелиоративни ефекти одабраних метода противерозионих пошумљавања.

5.2.1. Шема огледа

Огледна поља су успостављена на површинама које су пошумљене врстама и методама пошумљавања одабраним за истраживање и чији положај одговара унапред постављеним критеријумима за избор огледних поља.

Усвојена величина огледних поља за пошумљене парцеле величине преко 0,5 ha износи 0,5 ha, а пошумљене парцеле површине мање од 0,5 ha у целости су узете за огледна поља.

Узимање узорака за педолошке анализе и одређивање садржаја тешких метала у земљишту, фитоценолошки снимак и осматрање ерозије за потребе оцене губитака земљишта обављено је у периоду од септембра 2008. до октобра 2009. године, док су таксациона мерења обављена током новембра и децембра 2010. године.

Издвојене су 3 типа огледних поља (третмани):

- Пошумљавање багретом на јаме (5 огледних поља)
- Пошумљавање црним бором на јаме (3 огледна поља)
- Пошумљавање црним бором на градоне (4 огледна поља)

Третман пошумљавање багретом на јаме обухвата 5 огледних поља у сливовима Крпејски поток, Калиманска река, Куновска река и Љештарска долина. Третман пошумљавање црним бором на јаме има 3 огледна поља у Љештарској долини и на локалитету Момин камен. Третман пошумљавање црним бором на градоне укључује 4 огледна поља у сливовима Предејанске реке, Калиманске реке и Зле долине 2.

5.3. Опис огледних поља

5.3.1. Пошумљавање багретом на јаме

Пошумљавање багретом на јаме обухвата следећа огледна поља (Фототабела 1):

Огледно поље 1 налази се у сливу Крпејског потока у оквиру Шумског газдинства Лесковац. Налази се на надморској висини 390 m, на југоисточној експозицији. Просечан нагиб падине износи 41%. Пошумљавање је вршено на претходно терасираној падини чија ширина планума износи 2,5-3 m. Сађено је на растојању 1,5 × 1,5 m.

Земљиште је кисело смеђе или меризовано на шкриљцима.

У погледу осмотреног стања дрвенасте вегетације, у горњем делу огледног поља има више багрема који је слабијег прираста са пуно избојака него на доњем делу огледног поља. На читавој површини присутан је цер (*Quercus cerris* L.), глог (*Crataegus monogyna* Jacq.) и граб (*Carpinus betulus* L.).

Ефекат противерозионих пошумљавања на бившој голети је видан, а процес ерозија је умереног на граници до средњег интензитета.

Огледно поље 7 је у сливу Калиманске реке у Шумском газдинству Врање. Надморска висина огледног поља износи 860 m и налази се на јужној експозицији. Терен је благо таласаст, склон клизању, са просечним нагибом 36%. Багрема је сађен на растојању 1,5 × 1,5 m.

Земљиште је кисело смеђе врло плитко еродирано на шкриљцима у распадању.

Стабла багрема су танка, са пуно избојака, а њихови пречници су просечне дебљине 10 cm. Присутно је доста купине, нарочито на влажнијим местима.

Снимак стања процеса ерозије указује на ерозију слабог интензитета.

Огледно поље 8 налази се у сливу Калиманске реке у Шумском газдинству Врање, на месту Каменита Чука. Просечна надморска висина износи 920 m, а нагиб је у горњем делу огледног поља 16%, а у доњем 30%. Налази се на југоисточној експозицији. Сађено је местимично врло густо на растојањима и до 1 × 1 m.

Земљиште је кисело смеђе врло плитко на филитима.

Стабла багрема су проређена, са мање избојака и има доста дебљих примерака багрема. Од дрвенастих врста присутни су још глог (*Crataegus monogyna* Jacq.) и цер (*Quercus cerris* L.).

Процеси ерозија су слабог интензитета, што показује да је багрем обавио своју мелиоративну улогу.

Огледно поље 10 је у Љештарској долини у Шумском газдинству Врање. Налази се на надморској висини од 570 m на југозападној експозицију са просечним нагибом 25%. Примењена је густа садња и до 1 × 1 m.

Земљиште је хумусно силикатно на андезитском туфу.

С обзиром да нису вршене никакве прореде, а садња је била веома густа, багрем има пуно избојака, а прираст му је слаб. Узевши у обзир да је површина пре пошумљавања била захваћена ексцесивном ерозијом, снимак стања ерозије показује да су губици земљишта знатно смањени, тако да је противерозионим пошумљавањем обезбеђена заштитна функција. Местимично су остали крупни комади стене и наноса на површини.

Огледно поље 4 налази се у сливу Куновске реке у Шумском газдинству Врање на месту Шамак. Просечна надморска висина износи 1040 m. Налази се на јужној експозицији са просечним нагибом 39%. Примењена је врло густа садња 1 × 1 m.

Земљиште је хумусно силикатно плитко еродирано на шкриљцима.

Багрем има пуно изданака и мали дебљински прираст.

На огледној површини процеси ерозије су слабог интензитета.



Огледно поље 1



Огледно поље 7



Огледно поље 8



Огледно поље 10



Огледно поље 4

Фототабела 1. Огледна поља пошумљена багремом на јаме

5.3.2. Пошумљавање црним бором на јаме

Пошумљавање црним бором на јаме обухвата следећа огледна поља (Фототабела 2):

Огледно поље 5 је у Љештарској долини у Шумском газдинству Врање у непосредној близини места Прибој Врањски. Средња надморска висина износи 430 m, а просечан нагиб је 25%, на југозападној експозицији. Садња је вршена на растојању у реду 1-1,5 m, а између редова 2,5-3 m.

Земљиште је хумусно силикатно на андезитском туфу.

Огледно поље је антропогенизовано због близине насељеног места и пута, што показује и фитоценолошки снимак. Такође има посечених и оштећених стабала бора. Поред црног бора присутни су: бели бор (*Pinus silvestris* L.), граб (*Carpinus betulus* L.), глог (*Crataegus monogyna* Jacq.), багрем (*Robinia pseudoacacia* L.) и цер (*Quercus cerris* L.).

На огледном пољу је слаб интензитет процеса ерозије.

Огледно поље 11 налази се на локалитету Момин камен у Шумском газдинству Лесковац. Смештено је на надморској висини од 380 m и нагибу од 54%, на запад-југозападној експозицији. Садња је вршена по изохипси са размаком у реду 2-3 m и између редова до 4 m.

Земљиште је хумусно силикатно дистрично на дациту.

Дрвенасте врсте које су присутне на огледном пољу су бели бор (*Pinus silvestris* L.), грабић (*Carpinus orientalis* Mill.) и глог (*Crataegus monogyna* Jacq.). Местимично има доста бршљана (*Hedera helix* L.). Стабла црног бора имају добар прираст.

Процеси ерозије на граници слабог и врло слабог интензитета представљају очигледан ефекат пошумљавања у контроли ерозије земљишта.

Огледно поље 12 је на локалитету Момин камен у Шумском газдинству Лесковац. Налази се на надморској висини од 380 m, на нагибу 55% и јужној

експозицији. Садња је вршена по изохипси са размаком у реду 2-3 m и између редова до 4 m.

Земљиште је хумусно-силикатно врло плитко, еродирано на дациту.

Осим црног бора од дрвенстих врста присутни су: бели бор (*Pinus silvestris* L.), грабић (*Carpinus orientalis* Mill.) и глог (*Crataegus monogyna* Jacq.).

Снимак стања ерозије потврђује заштитни ефекат пошумљавања, али у мањој мери него на огледном пољу 11. Овде је ерозија умереног интензитета.



Огледно поље 5



Огледно поље 11



Огледно поље 12

Фототабела 2. Огледна поља пошумљена црним бором на јаме

5.3.3. Пошумљавање црним бором на градоне

Пошумљавање црним бором на градоне обухвата следећа огледна поља (Фототабела 3):

Огледно поље 2 је у сливу Предејанске реке у Шумском газдинству Лесковац у близини локалитета Црвени брег. Средња надморска висина огледног поља износи 620 m са просечним нагибом 37% и налази се на јужној експозицији. Пошумљавано је методом садње на градоне са растојањима у реду 1-1,5 m, а између редова 2-2,5 m.

Земљиште је кисело смеђе плитко на шкриљцима.

Од других дрвенстих врста присутна је изданчка буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), граб (*Carpinus betulus* L.) и поник цера (*Quercus cerris* L.).

Процеси ерозија на огледном пољу су слабог интензитета.

Огледно поље 9 је у сливу Калиманске реке у Шумском газдинству Врање. Налази се на надморској висини 1020 m и нагибу 47% на југозападној експозицији. Сађено је на градоне по 2 саднице у јаму на растојањима у реду до 1 m, а између редова 2 m.

Земљиште је кисело смеђе еродирано на шкриљцима.

Веома слаб интензитет процеса ерозија указује на знатан ефекат пошумљавања. Земљиште се формира у условима смањеног интензитета процеса ерозије.

Огледно поље 6 налази се у Злој долини 2 у Шумском газдинству Лесковац. Средња надморска висина износи 410 m, а нагиб 39%. Налази се на југоисточној експозицији. Садња је вршена на градоне са по 2 саднице у јаму на растојањима у реду до 1 m, а између редова 3 m.

Земљиште је кисело смеђе врло плитко, еродирано на шкриљцима.

Сукцесија је уочљива, појављује се граб (*Carpinus betulus* L.), грабић (*Carpinus orientalis* Mill.), цер (*Quercus cerris* L.) и багрем (*Robinia pseudoacacia* L.).

Процеси ерозија у горњим деловима огледног поља су слабог интензитета, док су у доњим деловима нешто израженији - слабог до умереног интензитета.

Огледно поље 3 налази се у сливу Калиманске реке на локалитету Црни Врх у Шумском газдинству Врање. Средња надморска висина је 990 m, а нагиб 25%. Огледно поље је смештено на југоисточној експозицији. Сађено је на градоне са по 2 саднице у јаму на растојању у реду до 1 m, а између редова 2-2,5 m.

Земљиште је хумусно силикатно антропогенизовано.

Процеси ерозија су контролисана и веома слабог интензитета, нарочито у простору између градона.



Огледно поље 2



Огледно поље 9



Огледно поље 6



Огледно поље 3

Фототабела 3. Огледна поља пошумљена црним бором на градоне

5.4. Примењене методе у истраживању

5.4.1. Методе обраде метеоролошких података

За потребе истраживања издвојене су меродавне метеоролошке и кишомерне станице којима гравитирају одабрана огледна поља. Огледна поља у Крпејском потоку (ОП 1) и Предејанској реци (ОП 2), гравитирају метеоролошкој станици Предејане. Огледна поља у Калиманској реци (ОП 3, 7, 8 и 9) и Куновској реци (ОП 4) гравитирају метеоролошкој станици Кукавица. Огледна поља у Љештарској долини (ОП 5 и 10) гравитирају метеоролошкој станици Врање. Огледна поља у Злој долини 2 (ОП 6) и Момином камену (ОП 11 и 12) гравитирају кишомерној станици Владичин Хан.

Метеоролошко истраживање обухватило је анализу средњих месечних температура и сума падавина по месецима за низ непосредно пре и у току извођења противерозионих пошумљавања (1949(1954)-1967. године) и за низ у време осматрања показатеља мелиоративних ефеката изведених пошумљавања (1977-2008. година).

Подаци о средњим месечним температурама и падавинама за наведене станице и низове су преузети из Метеоролошких годишњака РХМЗ Србије.

Подаци о температури ваздуха и падавинама обрађени су применом стандардних метода метеоролошке статистике (Ивановић, 1976).

За наведене низове израђени су климадијаграми по Walter-у (1955).

5.4.2. Методе педолошког истраживања

Теренски део педолошког истраживања обухватио је отварање педолошких профила и узимање узорака по фиксним дубинама и узимање узорака простирке по методологији ICP Forests (2006). На сваком огледном

пољу отворена су по два профила, с тим што је на огледним пољима пошумљаваним црним бором на градоне један профил отворен у градону, а други између два суседна градона. На сваком огледном пољу узета су по 4 узорка стеље по препорукама EUR 21576 EN (Stolbovoy et al., 2005). Педолошки профили и узорци стеље узети су у периоду од јесени 2008. до зиме 2009. године.

Лабораторијски су анализиране *основне физичке и хемијске особине земљишта* и простирке по методама препорученим од стране ЈДПЗ: Бошњак (1997), Ценцел (1966) и то: гранулометријски састав – пирофосфатном Б-методом, рН (0,01М CaCl₂) и рН (H₂O) - потенциометријски стакленом електродом, хидролитичка киселост – колориметријски титрацијом са 0,1М NaOH; адсорптивни комплекс - по методи Каррен-а, органски угљеник (Org. C) – по методи Tjurin-а, N (укупни азот) – Kjeldahl макрометодом, P (лакоприступачни P₂O₅) – Al методом, K (лакоприступачни K₂O) – Al методом.

За одређивање влаге у земљишту узети су узорци у цилиндрима по Копецком (Kopetzky) и одређена је моментална влага и опнено-капиларни водни капацитет (-33 kPa). У условима где због велике скелетности земљишта није било могуће узети узорке у цилиндрима по Копецком, приступачна влага у земљишту одређена је на основу текстурног састава земљишта.

Наведене анализе урађене су у Педолошкој лабораторији Универзитета у Београду Шумарског факултета.

Одређен је *псеудоукупан садржај тешких метала* микроелемената Zn, Cu, Pb и Cd у земљишту по фиксним дубинама и у простирци методом атомске апсорпционе спектрофотометрије (AAS) на апарату „Thermo“ M Series AA. Узорци (3 g) су разорени царском водом (HNO₃ и HCl у односу 1:3) (ICP Forests, 2006).

Мерење садржаја тешких метала у земљишту урађено је у Лабораторији за мониторинг и контролу квалитета земљишта Универзитета у Београду Шумарског факултета.

5.4.3. Методе флористичког истраживања

Теренски део флористичког истраживања обухватио је узимање фитоценолошких снимака на сваком огледном пољу у пролећном, летњем и јесењем аспекту. Флористичка структура заједница одређена је по методи Braun-Blanquet (1964) на површинама $25 \times 25 \text{ m}$ (625 m^2), а присуство и покривност су изражени према проширеној скали по Barkman et al. (1964). Трансформација вредности присуство/покривност за потребе нумеричке анализе рађена је према van der Maarel-у (1979).

Детерминација врста је урађена по стандардним флористичким методама. За идентификацију биљака коришћена је релевантна литература: Javorka и Csarody (1934), Јосифовић (1970-1977), Tutin et al. (уред.) (1964-1980), Сарић и Диклић (1986) и Сарић (1992), као и online база података Flora Europaea: <http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html>.

Фитоценолошка истраживања обављена су током 2008. и 2009. године.

5.4.4. Методе таксационих истраживања

Теренска таксациона мерења су обухватила тотални премер састојине за потребе процене резерве везаног угљеника у биомаси. Тотални премер рађен је по стандардној методи на површинама од 0,5 ha. Огледна поља чија је укупна површина мања од 0,5 ha (не мања од 0,3 ha) су цела обухваћена тоталним премером. У премер су ушла сва стабла, укључујући и она испод таксационе

границе, стабла која су оборена и пањеве. На огледним пољима нису примењиване узгојне мере. Мерења су извршена током зиме 2010/2011. године.

Укупна надземна запремина дрвета за сва стабла на сваком огледном пољу израчуната је интерполацијом дендрометријских мерења (података добијених тоталним премером) и запреминских таблица уз помоћ Програма за израду основа газдовања шумама. За прорачун запремине багрема су коришћене расположиве запреминске табlice за Војводину које урачунавају дебло и гране дебљине изнад 3 cm, а за црни бор коришћене су запреминске табlice за подручје Србије које рачунају запремину вретена, због чега су посебно израчунате запремине круна стабала на огледним пољима под црним бором и додате на запремине вретена. Запремине круна израчунате су по формули за четинаре:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot r^2 \cdot h$$

где је:

π – 3,14,

r - полупречник круне,

h – висина круне (Банковић и Пантић, 2006).

5.4.5. Методе оцене интензитета ерозије према методи потенцијала ерозије по Гавриловићу

Интензитет ерозионих процеса може се оценити преко губитака земљишта, јер величина губитака земљишта указује на јачину ерозионих процеса, тако што већи губици земљишта указују на јаче процесе ерозије. За прорачун губитака земљишта услед деловања ерозионих процеса развијене су различите емпиријске методе у функцији ерозионих фактора и дате су емпиријске формуле добијене вишегодишњим осматрањима и мерењима.

За оцену интензитета ерозије у овом истраживању примењена је метода потенцијала ерозије по Гавриловићу (1965, 1972) која је развијена на основу осматрања и мерења на бујичним водотоцима на подручју Грделичке клисуре. Овом методом добија се реална оцена губитака земљишта, јер се уз топографске, климатске, геолошке и ерозионе параметре уводе и параметри шумског покривача. Осим тога, ова метода има предност избора, јер је развијена за ово подручје.

За процену средњегодишње запремине укупне продукције и проноса ерозионог наноса према потенцијалу ерозије – укупних губитака земљишта (W_{god}) изражених у $\text{m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$ дат је аналитички израз:

$$W_{\text{god}} = T \cdot H_{\text{god}} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot F \quad (\text{m}^3 \cdot \text{god}^{-1})$$

где је:

W_{god} – укупна годишња продукција ерозионог наноса ($\text{m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$),

T – температурни коефицијент подручја и рачуна се по формули:

$$T = \sqrt{0,1 + \frac{t^\circ}{10}}$$

где је:

t° – средњегодишња температура ваздуха подручја ($^\circ\text{C}$),

H_{god} – средња годишња количина падавина (mm),

π – 3,14

F – површина (km^2),

Z – коефицијент ерозије који се одређује на основу следећег израза:

$$Z = \gamma \cdot X_a \cdot (\varphi + \sqrt{J_{sr}})$$

где је:

γ – реципрочна вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију који зависи од геолошке подлоге, климе и типа земљишта (Табела 5.1.),

X_a – коефицијент уређења ерозионог подручја (Табела 5.2.),

φ – бројни еквивалент видљивих процеса ерозије (Табела 5.3.) и

J_{sr} – средњи пад слива или површине земљишта за коју се одређује коефицијент ерозије Z .

Овом једначином добија се годишиња продукција наноса (W_{god}).

Табела 5.1. Вредност коефицијента γ

Типови земљишних творевина и средње врсте		Средњи коефицијен т γ
1	Пескови, шљунак и невезана земљишта	2,0
2	Лес, туфови, слатине, степска земљишта и сл.	1,6
3	Распаднути кречњаци и лапорци	1,2
4	Серпентини, црвени пешчари, флишне наслаге	1,1
5	Подзоли и параподзоли, распаднути шкриљци, микашисти, гнајшисти, аргилошисти и сл.	1,0
6	Једри и шкриљасти кречњаци, црвенице и хумусно-силикатно земљиште	0,9
7	Гајњаче и планинска земљишта	0,8
8	Смонице, ритске оранице и мочварна земљишта	0,6
9	Чернозем и алувијални нанос добре структуре	0,5
10	Голи, компактни еруптиви	0,25

*Извор: Гавриловић, 1972.

Табела 5.2. Вредности коефицијента X_a

Услови који утичу на вредност коефицијента X_a		X_a
1. Слив или подручје пре антиерозионих радова		
1	Потпуно голо, необрађено земљиште (голети)	1,0
2	Оранице са орањем уз и низ падину	0,9
3	Воћњаци и виногради без приземне вегетације	0,7
4	Планински пашњаци и сувати	0,6
5	Ливаде, детелишта и сличне пољопривредне културе	0,4
6	Деградиране шуме и шикаре са еродираним земљиштем	0,6
7	Шуме и шикаре доброг склопа и обраста	0,05
2. Слив или подручје после антиерозионих радова		
1	Оранице са контурним орањем	0,63
2	Оранице добре неге и заштићене малчирањем	0,54
3	Контурно-појасна обрада са плодоредом (оранице)	0,45
4	Контурни воћњаци и виногради	0,315
5	Терасирање ораница, терасе и градони	0,36
6	Затрављивање голих земљишта и мелиорације пашњака и сувати	0,3
7	Израда контурних ровова средње густине	0,24
8	Ретардациони водопутеви, микроакумулације	0,27
9	Обично пошумљавање на јаме или на пруге	0,2
10	Пошумљавање на градонима	0,1
11	Уређивање корита водотока техничким објектима: каналисање, кинетирање, изградња преграда, габиона и сл.	0,7

*Извор: Гавриловић, 1972.

Табела 5.3. Коefицијент ерозионих процеса ϕ

	Услови који утичу на вредност коefицијента ϕ	Средна вредност ϕ
1	Слив или подручје потпуно обухваћено јаружастом ерозијом и урвинским процесима (дубинска ерозија)	1,0
2	Око 80% сливаили подручја под браздастом и јаружастом ерозијом	0,9
3	Око 50% слива или подручја под браздастом и јаружастом ерозијом	0,8
4	Цео слив под површинском ерозијом: распадине и осулине, нешто мало бразди и јаруга (дубинска ерозија, као и јака крашка ерозија)	0,7
5	Цео слив под површинском ерозијом, али без видљивих дубинских процеса (бразде, јаруге, одрони и сл.)	0,6
6	Земљиште на 50% површине обухваћено површинском ерозијом, а остали део слива очуван	0,5
7	Земљиште на 20% површине обухваћено површинском ерозијом, док је 80% слива или подручја очувано	0,3
8	Земљиште у сливу без видљивих трагова ерозије, али у коритима водотока има мањих одрона и клижења	0,2
9	Слив без видљивих трагова ерозије, али претежно под ораницама	0,15
10	Подручје у сливу без видљивих трагова ерозије како у сливу тако и у кориту водотока, али претежно под шумама или вишегодишњом вегетацијом (ливаде, пашњаци и сл.)	0,1

*Извор: Гавриловић, 1972.

Према коефицијенту ерозије Z , дата је категоризација ерозионих процеса по Гавриловићу (Табела 5.4.)

Табела 5.4. Категоризација ерозионих процеса према коефицијенту ерозије Z

Категорија разорности (ерозивности)	Јачина ерозионих процеса	Тип владајуће ерозије	Коефицијент ерозије	
			Z	Средња вредност
I	Експесивна ерозија	дубинска	> 1,51	1,25
		мешовита	1,21-1,50	
		површинска	1,01-1,20	
II	Јака ерозија	дубинска	0,91-1,00	0,85
		мешовита	0,81-0,90	
		површинска	0,71-0,80	
III	Средња ерозија	дубинска	0,61-0,70	0,55
		мешовита	0,51-0,60	
		површинска	0,41-0,50	
IV	Слаба ерозија	дубинска	0,31-0,40	0,30
		мешовита	0,25-0,30	
V	Врло слаба ерозија	површинска	0,20-0,24	0,10
		трагови ерозије	0,01-0,19	

*Извор: Гавриловић, 1972.

Снимак параметара за оцену интензитета ерозије узет је током 2008. и 2009. године.

5.4.6. Методе оцена резерве везаног и депонованог угљеника у биомаси и земљишту

Оцена резерве везаног и депонованог угљеника у биомаси, прстирци и земљишту рађена је по једначинама препорученим од стране IPCC (2003).

Према IPCC (2003) издвојена су 3 базена за везивање органског угљеника и то: жива биомаса (надземна и подземна), мртва органска материја (мртво дрво и стеља) и земљиште (земљишна органска материја).

Оцена резерве везаног угљеника у живој биомаси (В) врши се посебно за надземну и подземну биомасу. Надземна биомаса обухвата стабла, гране, пањеве, кору, семе и лишће. Укупна надземна биомаса одређена је конверзијом запремина добијених тоталним премером. Подземна биомаса подразумева укупну живу биомасу корена до 2 mm пречника. Процењена је увођењем фактора R који представља однос корен-стабло.

За процену укупне резерве везаног угљеника (С) и укупног прираста везаног угљеника на огледним пољима, коришћене су препоручене формуле IPCC (2003), и то Tier 1 методологија који је, уједно, основни метод IPCC водича и намењен је за прелиминарну процену резерве и прираста везаног угљеника у случајевима када нису одређени специфични фактори (BEF_1 , BEF_2 , R, CF, D) за дато подручје. Tier 1 методологија укључује извесне претпоставке како би се омогућили прелиминарни прорачуни. Тако се за процену резерве везаног угљеника у надземној биомаси, узима да је промена резерве угљеника у надземној биомаси једнака нули. Такође, Tier 1 методологија депое у мртвом дрвету и стељи посматра заједно као „мртву органску материју“. Исто тако се претпоставља да су залихе мртве органске материје једнаке нули за не-шумске категорије начина коришћења земљишног простора према Tier 1.

Конверзија запремине дрвета у биомасу, а потом процена резерве везаног угљеника у биомаси вршена је по формулама препрученим од стране IPCC (2003) (Somogyi et al., 2007; Ouimet et al., 2007). У прорачуну резерве и прираста везаног угљеника у биомаси на огледним пољима коришћене су следеће формуле (IPCC, 2003; Somogyi et al., 2007; Ouimet et al., 2007), а за прорачун су узете стандардне (default) вредности фактора BEF_1 , BEF_2 , R и CF (IPCC, 2003) (Табела 5.5.), а D је узета по Шошкићу (1991) (Табела 5.6.):

Табела 5.5. Фактори за конверзију дрвне запремине у биомасу и везани угљеник

Врста	D ¹	BEF ₁ ²	BEF ₂ ²	CF ²
црни бор	0,58	1,15	1,3	0,5
багрем	0,74	1,20	1,4	0,5

*Извор: ¹Шошкић, 1991. ²IPCC, 2003.

Табела 5.6. Фактор R - учешће подземне биомасе у надземној

Врста	Надземна биомаса m ³ ·ha ⁻¹	R
црни бор	50-150	0,32
	>150	0,23
багрем	<75	0,43
	75-150	0,26

*Извор: IPCC, 2003.

Укупна жива биомаса дрвета (надземна и подземна) (В) рачуна се по формули:

$$B = V_{\text{др}} \cdot BEF_2 \cdot D \cdot (1+R)$$

где је:

B – укупан везани органски угљеник у живој биомаси (Mg·ha⁻¹ суве материје),

V_{др} – укупна запремина дебла (комерцијално дрво) добијена тоталним прмером огледне површине (m³·ha⁻¹),

BEF₂ – фактор ширења (експанзије) биомасе за конверзију комерцијалне запремине у надземну биомасу дрвета (бездимензионалан),

D – основна густина дрвета (t·m⁻³),

(1+R) - представља специфични фактор експанзије којим се укључује подземна биомаса, где R представља однос корен-стабло и бездимензионалан је.

Резерва везаног угљеника (RC) добија се тако што се жива биомаса (B) помножи фактором CF који представља фракцију угљеника у сувој материји.

$$RC = B \cdot CF$$

Просечни годишњи прираст биомасе (G_w) рачуна се по формули:

$$G_w = I_v \cdot D \cdot BEF_1$$

где је:

G_w – просечни годишњи прираст биомасе ($t_{\text{suve materije}} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$)

I_v – просечни годишњи нето прираст запремине која одговара индустријској производњи ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$)

D – основна густина дрвета

BEF_1 – фактор експанзије (проширења) биомасе за конверзију годишњег нето прираста (укључујући кору) у прираст биомасе надземног дела дрвета (бездимензионалан).

Просечни годишњи прираст везаног угљеника у биомаси (PC) се добија множењем просечног годишњег прираста биомасе (G_w) са фракцијом угљеника у сувој материји (CF) (Табела 5.5.):

$$PC = G_w \cdot CF.$$

Оцена резерве везаног угљеника у мртвој органској материји обухвата оцену резерве везаног угљеника у мртвом дрвету и у стељи. Мртво дрво (MD) подразумева неживу биомасу дрвета која лежи на површини, мртво корење или пањеве веће или једнаке пречнику од 10 cm. По препоруци IPCC (2003) резерва везаног угљеника у мртвом дрвету одређује се у односу на укупне резерве угљеника у биомаси као максимално 25%, а овако процењена максимална вредност дели се са 5, јер је 5 година потребно за одвијање процеса

декомпозиције (Кадовић и Медаревић, 2007). Стеља (О1) обухвата укупну неживу биомасу пречника мањег од 10 cm, у различитом степену распадања изнад минералног или органског земљишта. Резерва везаног угљеника у стељи по препорукама IPCC (2003) процењује се као целокупна сува материја стеље.

Оцена резерве везаног угљеника у земљишту подразумева оцену резерве угљеника у земљишној органској материји која укључује органски угљеник у минералним и органским земљиштима као и фино живо корење које се не може издвојити емпиријски. Земљиште је значајан базен за везивање угљеника (Henderson, 1995), а шумска земљишта у томе дају значајан допринос (Dixson et al., 1994; Hungtington, 1995; Richter et al., 1999; Lal, 2005; Vesterdal et al., 2007). Процена резерве везаног угљеника у земљишту ($RezC_{zem}$) по IPCC методологији (1996, 2003) (Кадовић и Медаревић, 2007) врши се по формули:

$$RezC_{zem} = \sum_{sloj=1}^{sloj=j} (SOC_{sadrzaj} \cdot gustina \cdot debljina \cdot (1 - frag))_{sloj}$$

где је:

$RezC_{zem}$ – садржај угљеника у земљишту за слој на огледној површини
($kg \cdot m^{-2}$),

$SOC_{sadrzaj}$ – садржај органског угљеника у одређеном слоју (% или $gC \cdot kg^{-1}$),

$gustina$ – запреминска маса земљишног слоја ($t \cdot m^{-3}$),

$debljina$ – моћност узоркованог слоја земљишта (m),

$frag$ – учешће крупних фракција у земљишном слоју (%).

Оцена резерве везаног угљеника урађена је за цео земљишни профил, А-хоризонт и површински слој 0-5 cm.

5.5. Статистичка обрада података

Мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања су изражени показатељима које представљају особине земљишта (физичке и хемијске), садржај тешких метала у земљишту, оцењени губици земљишта и оцењене резерве везаног угљеника на огледним пољима. Подаци који представљају показатеље мелиоративних ефеката пошумљавања обрађени су методом анализе варијансе (ANOVA) уз примену F-теста и LSD-теста на нивоу вероватноће 95%. Анализом варијансе је утврђено да ли постоје статистички значајне разлике ($p < 0,05$) међу третманима за показатеље мелиоративних ефеката пошумљавања.

Урађене су једноструке и вишеструке регресије за поједине показатеље мелиоративних ефеката и изабране су функције које најбоље приказују распоред добијених података. Јачина везе између променљивих оцењена је на основу коефицијента корелације и коефицијента детерминације и коришћена је Reomer-Orphalova расподела.

За наведене статистичке анализе коришћен је програм STATGRAPHICS Plus for Windows 2.1.

Примењена је мултиваријативна анализа – канонијска кореспондентна анализа (CCA) (ter Braak, 1986, 1987) којом је присутна вегетација распоређена у зависности од варијабли фактора средине. Присутне биљне врсте изражавају услове средине настале деловањем варијабли фактора средине. Ова метода има за циљ да анализира и визуализује однос између више врста и више варијабли средине (ter Braak, 1987). Forward-селекцијом су издвојене варијабле (фактори) средине - показатељи мелиоративних ефеката који имају значајан утицај на присутну вегетацију.

За наведене анализе коришћен је програмски пакет „FLORA“ (Караџић et al., 1998). Резултати ове анализе су приказани графички као ординациони дијаграми.

6. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

6.1. Мелиоративни ефекти примењених противерозионих пошумљавања

6.1.1. Промене климатских параметара проучаваног подручја

Људска делатност која подразумева стварање енергије сагоревањем фосилних горива, крчење шума и промене намене коришћења земљишта доводи до значајних промена концентрација гасова у атмосфери при чему се нарушава природни ефекат стаклене баште и долази до климатских промена чије се последице већ осећају. Природни ефекат стаклене баште омогућава услове за раст и развој живог света на Земљи. Сунчево зрачење, падавине и температура деловањем природног ефекта стаклене баште омогућавају развој биљака, формирање земљишта и одржавање биодиверзитета. Природни ефекат стаклене баште кључан је за температуру на Земљи која би, у одсуству ових гасова била -18°C (Поповић et al., 2005).

Свако нарушавање равнотеже гасова са ефектом стаклене баште и испуштање других загађујућих материја у атмосферу, води ка глобалном загревању услед увећања ефекта стаклене баште. Узевши у обзир међусобну повезаност атмосфере, хидросфере и биосфере, свака промена у некој од поменутих неминовно доводи до нарушавања равнотеже у осталим.

Према СРЕС сценаријима, по IPCC (2001), пораст средње температуре ваздуха би до краја овог века могао износити до 4°C по најнеповољнијем (A1FI) сценарију, а по најповољнијем (B1) пораст би износио просечно $1,8^{\circ}\text{C}$, што је на граници одрживости за опстанак постојећег биљног и животињског света (ЕЕА, 2004). Према овим проценама, количина падавина на подручју Србије у летњим месецима би се смањила, чак и до 20%, а промену би чинило неповољнијом то што је би се смањење испољило у вегетационој сезони.

Кључни гасови који дају ефекат стаклене баште су CO_2 , CH_4 , H_2O и приземни озон (O_3). Од наведених гасова CO_2 у највећој мери доприноси повећању ефекта стаклене баште. Осим термоелектрана као главног извора CO_2 и сагоревања фосилних горива у саобраћају, огроман земљишни простор под све интензивнијом пољопривредом је извор непрекидног и значајног ослобађања CO_2 (Кадовић и Медаревић, 2007). Истраживања из прве половине XX века (Hardy, 2003 cit. Callendar, 1938) су показала да повећањем концентрације гасова стаклене баште, а нарочито повећањем концентрације CO_2 , може доћи до убрзавања промене климе и глобалног загревања. То значи да би се значајним смањењем емисије гасова стаклене баште могла успорити брзина промене климе.

Највећа размена угљеника одвија се између атмосфере и биљака, па тако копнени екосистеми имају кључну улогу у глобалном циклусу угљеника. Према томе, шуме су најзначајнији тип вегетације у процесу глобалног кружења угљеника (NRC, 1998; Wang и Medley, 2004). Шуме утичу на климу, али и климатске промене утичу на њих и заједно са земљиштем имају велики капацитет да акумулирају, али и да ослобађају угљеник. Стога је од значаја проналажење оптималних начина управљања шумским екосистемима у циљу редукције емисије и везивања угљеника, али и конзервирања већ акумулираног угљеника, а све у циљу смањења емисије CO_2 и ублажавања глобалних промена климе. Начин управљања земљиштем који настоји да успори обешумљавање и промовише пошумљавање, подржан је као значајан елемент у контроли будућег пораста атмосферског CO_2 (Faeth et al., 1994; Moffat, 1997; Ingham, 2000). Везивање угљеника у дрвенастој биомаси је један од најзначајнијих механизма уклањања угљеника из атмосфере, а промена начина коришћења земљишта из пољопривредних у шумска је повезана са значајним добитима угљеника у земљишту у односу на губитке који се могу приписати разлагању и/или минерализацији (Lal, 2002; Lal et al., 2003).

У светлу глобалног отопљавања, посебну пажњу потребно је посветити анализи тренутног стања климатских параметара као што су средње месечне температуре и суме падавина, као и њиховим трендовима. Ови параметри у најбољој мери могу навестити величину и динамику промене климе. Падавине и температура су параметри који, између осталих, утичу на везивање угљеника у земљишту. Укупни садржај угљеника у земљишту се повећава са повећањем количине падавина и смањењем температуре (Jobbágy и Jackson, 2000).

Према класификацији климе по Көрпен-у, подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине припада Dfb климатском подтипу. Овај климатски подтип показује велике сезонске температурне контрасте са топлим летима и хладним зимама. Подручја са овим подтипом континенталне климе имају просечну температуру у најтоплијем месецу испод 22°C, а просечна температура у најхладнијем месецу је обично испод -3°C.

У Табели 6.1. приказане су обрађене средње месечне температуре и суме падавина по месецима за период 1949(1954)-1967. године, а у Табели 6.2. приказане су обрађене средње месечне температуре и суме падавина по месецима за период 1977(1991)-2009. године.

Табела 6.1. Средње месечне температуре (t) и суме падавина (P) по месецима у периоду 1949(1954)-1967. године.

Станица	НВ		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср./ Σ
Врање	432	t	-0,6	1,4	5,3	11,1	15,5	19,2	21,5	21,6	17,7	12,2	7,0	2,3	11,2
1949-67		P	43	40	43	55	61	61	55	36	43	56	76	61	631
Кукавица	1442	t	-3,9	-2,7	0,5	5,1	10,1	13,9	16,0	16,6	12,9	8,6	3,7	-0,7	6,7
1954-67		P	71	67	73	104	113	106	61	51	65	72	101	81	963
Предејане	318	t	-0,4	1,4	5,2	11,0	15,0	18,7	20,5	20,0	16,7	11,6	7,5	2,6	10,8
1949-67		P	65	58	68	82	89	87	58	48	47	59	82	75	818

Табела 6.2. Средње месечне температуре (t) и суме падавина (P) по месецима у периоду 1977(1991)-2009. године.

Станица	НВ		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. /Σ
Врање	432	t	-0,2	2,0	6,5	10,9	15,9	19,4	21,5	21,3	16,7	11,8	5,5	1,1	11,0
1977-08		P	36	38	39	50	60	61	43	44	47	47	52	49	567
Кукавица	1442	t	-3,1	-3,2	-0,1	4,3	9,7	13,5	15,3	15,6	10,8	7,2	2,0	-2,3	5,8
1991-08		P	58	67	70	97	121	96	83	76	92	77	74	77	986
Предејане	318	t	-0,2	1,7	6,2	10,4	15,2	18,5	20,1	20,1	15,9	11,4	5,4	1,2	10,5
1977-08		P	45	53	57	66	76	80	56	53	53	49	61	56	704
Влад. Хан	395	t	-0,2	2,0	6,5	10,9	15,9	19,4	21,5	21,3	16,7	11,8	5,5	1,1	11,0
1977-08		P	48	48	49	60	68	69	47	48	51	45	58	50	640

За исте метеоролошке станице у прилозима: Прилог 4, Прилог 5, Прилог 6, Прилог 7, Прилог 8, Прилог 9 и Прилог 10 су дати климадијаграми по Walter-у за наведене низове (Табела 6.2 и Табела 6.3.).

Табела 6.3. Релативне и апсолутне суше за проучаване периоде приказани по станицама

Станица	Период	Релативна суша	Апсолутна суша
Врање	1949-1967	06.06.-17.07. и 16.08.-13.09.	18.07.-15.08.
	1977-2008	03.06.-28.06. и 11.07.-05.09.	29.06.-10.07.
Кукавица	1954-1967	-	-
	1991-2008	-	-
Предејане	1946-1967	29.06.-03.09.	-
	1977-2008	28.06.-19.08.	-
Владичин Хан	1977-2008	13.06.-29.08.	-

Већ према подацима климадијаграма, уочава се дефицит падавина за станице Врање и Предејане у периодима од 1949. до 1967. године и од 1977. до 2008. године и за станицу Владичин Хан у периоду од 1977. до 2008. године у вегетационом (април-септембар) периоду. Поменути дефицит падавина је нарочито изражен у летњим (јул-август) месецима. За станицу Кукавица у периодима од 1954. до 1967. године и од 1991. до 2008. године се не очекује појава сушних периода, јер се она налази на надморској висини од 1442 m што условљава веће количине падавина и ниже средње месечне температуре.

Добијени резултати указују да се проучавано подручје налази у условима где се најмања количина падавина јавља у периоду када је највиша температура ваздуха, што не погодује развијању и опстанку вегетације. Глобална промена климе које иде у правцу пораста температуре ваздуха и смањења количине падавина, свакако се може одразити на састав вегетације, могућност опстанка појединих врста и успех пошумљавања на проучаваном подручју.

У Бугарској су у последњих 20 година спроведена обимна истраживања утицаја глобалних климатских промена на успех пошумљавања голети и адаптацију шума новим условима средине због појаве масовног сушења шума на мањим надморским висинама (Раев, 2012). Сушење је уочено нарочито на површинама пошумљаваним четинарским врстама. Истраживања у Бугарској су показала да је главни узрок сушења четинарских шума њихова неправилна интродукција на мањим надморским висинама изван природног ареала. Уочено је да последице неправилне интродукције врста у услове више температуре ваздуха и мање количине падавина могу бити аналогне последицама глобалног загревања и климатских промена (Раев, 2012). Као једна од мера за адаптацију шумских екосистема на будуће промене климе предлаже се промена избора врста за пошумљавање, где најчешће четинарске врсте треба заменити лишћарским, посебно на нижим надморским висинама и у областима где се очекују значајне промене климе (UNFCCC, 1998).

Поповић (2007) наводи трендове годишње температуре ваздуха у Србији за различите периоде према којима, подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине у периоду 1951-2000. године показује негативан тренд раста годишње температуре ваздуха који је забележен и у периоду: 1961-2000. и 1961-2005. године. Међутим, тренд годишње температуре ваздуха на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине, као и на читавом подручју Србије, у периоду од 1951-2008. је позитиван и износи до $0,4^{\circ}\text{C}/100$ год. као и тренд годишње температуре ваздуха за периоде од 1971-2000., 1971-2005., 1981-2000., 1981-

2005., 1991-2001. и 1991-2005. године, што указује да је Србија крајем деведесетих година прошлог века изашла из опсега „нормално“ и ушла у опсег „топло“ (Поповић et al., 2009). Примера ради, за станицу Врање тренд температуре изражен у °C/100 год. за периоде од 1971-2005., 1981-2005. и 1991-2005. износи 2,5; 3,6 и 3,1°C/100 год., респективно. У вегетационом (април-септембар) и летњем (јул-август) периоду, трендови за све проучаване периоде су позитивни у мањој или већој мери.

Падавине представљају други основни климатски елемент и одликује их већа варијабилност у односу на температуре ваздуха. Према Поповићу и сарадницима (2009), од осамдесетих година двадесетог века, доминирају године са дефицитом падавина на подручју Србије, што значи да се интензитет суше повећао, а 2000. година се издваја екстремно јаком сушом. Исти аутори запажају поклапање периода преовлађујућих негативних вредности тренда годишњих падавина са периодом преовлађујућих позитивних вредности тренда годишњих температура ваздуха.

Према подацима које наводи Поповић (2007), тренд количина падавина у фиксним периодима 1951-2000., 1951-2005., 1961-2000., 1961-2005., 1971-2000., 1971-2005., 1981-2000., 1981-2005., 1991-2001. и 1991-2005. године анализиран је на основу података годишњих сума падавина, сума падавина у вегетационом периоду (април-септембар) и сума падавина за лето (јул-август). За период 1951-2000. на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине постоји негативни тренд падавина - блажа тенденција губитка годишњих падавина до 25% нормалне вредности за 50 година. Најизраженији негативни тренд падавина на овом подручју забележен је у периоду 1971-2000. године, када достиже, чак 50% нормале за 50 година. Позитиван тренд падавина на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине забележен је у периоду 1981-2000. године, док је у периоду 1981-2005. године тренд изразито позитиван (преко 40% у односу на нормалу за 50 година).

Тренд падавина за период од 1991-2005. године је позитиван и износи до 30% нормале за 15 година. Односно, падавине на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине, у односу на тренд за период од 1991-2005. године, повећавају се до 30% за 15 година.

Посматрајући вегетациони (април-септембар) и летњи (јул-август) период, тренд падавина задржава основни облик годишње расподеле.

Промена климе је неминовност. Међутим, могуће је смањити брзину промене и тиме омогућити живом свету да се адаптира на новонастале услове. Темпо промене могуће је ублажити деловањем шумских екосистема и земљишта у правцу везивања и конзервације акумулираног угљеника, што се може остварити повећавањем шумског фонда пошумљавањем голети и других непродуктивних површина и одговарајућим управљањем постојећим шумама.

6.1.2. Утицај пошумљавања на педолошке карактеристике подручја

Један од показатеља успешности пошумљавања је развијање земљишта на обешумљеним теренима. Узевши у обзир да је подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине, пре обављених пошумљавања, углавном било под непродуктивним голетима захваћеним веома израженим процесима ерозије, анализом садашњег стања стиче се увид у успешност мелиоративних радова на основу карактеристика земљишта насталог после изведених радова.

Као квантификатори процеса педогенезе проучаване су особине земљишта на одабраним огледним пољима где су изведена мелиоративна пошумљавања, и то: морфолошке карактеристике земљишта, физичке и хемијске особине земљишта, концентрација и дистрибуција тешких метала (Zn, Cu, Pb и Cd) у земљишту и резерве везаног угљеника у земљишту.

6.1.2.1. Особине проучаваних земљишта

6.1.2.1.1. Морфолошке карактеристике земљишта

Према класификацији Шкорића и сарадника (1985) на проучаваном подручју дефинисана су два типа земљишта:

1. кисело смеђе земљиште
2. хумусно-силикатно земљиште.

Подтипови и варијетети **киселих смеђих земљишта** дефинисани на проучаваном подручју су: кисело смеђе илимеризовано, кисело смеђе плитко до врло плитко и кисело смеђе плитко еродирано на шкриљцима; кисело смеђе врло плитко на филитима. Такође су дефинисани подтипови и варијетети **хумусно-силикатног земљиште** и то: хумусно-силикатно антропогенизовано на

граниту, хумусно-силикатно на андезитском туфу и на дациту и хумусно-силикатно плитко, еродирано на шкриљцима.

Морфолошке особине земљишта на огледним пољима пошумљеним багретом на јаме приказане су у Табели 6.4., а у Фототабели 4 приказани су земљишни профили.

Табела 6.4. Морфолошке особине земљишта пошумљених багретом на јаме

Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет				
1	Лесковац	Крпејски поток	Профил 1 ОI - на површини органске материје око 2,5 см; А (0 - 10 cm) - црне боје, мрвичасте структуре, проткано корењем до 10 см ситним, до 40 см крупнијим; (В) (10 - 40(70) cm) - смеђе боје, неправилан прелаз из А у (В) скелета око 1% ; R - гнајс.			
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)	Профил 2 ОI - на површини органске материје око 1,5 см; А (0 - 7 cm) - црне боје, мрвичасте структуре, проткано корењем до 45 см; (В) (7 - 40(60) cm) - смеђе боје, иловасто, проткано корењем, скелетно до 10%; R - гнајс.			
SE	44	390				
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма			
Кисело смеђе	олимеризовано	на гнајсу	средње дубоко			
Грађа профила	1	$\frac{O_I}{2,5-0}$	$\frac{A}{0-10}$	$\frac{(B)}{10-40/70}$	$\frac{R}{\geq 40/70}$	
	2	$\frac{O_I}{1,5-0}$	$\frac{A}{0-7}$	$\frac{(B)}{7-40/60}$	$\frac{R}{\geq 40/60}$	
Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет	Профил 14 Olf - органска материја на површини дебљине 5 см; А(В) (0-5 cm) - мрко-смеђе боје, мрвичасто-прашкаст, растресит представља еродирани (В) хоризонт обогаћен хумусном материјом после пошумљавања; (В) (5-20 cm) - жуто-смеђе боје, прашкаста иловача, доминантна фракција праха; С - шкриљци у стадијуму физичког распадања (подсећају на гнајс).			
7	Врање	Калиманска река	Профил 15 Olf - органске материје на површини око 5-6 см; А(В) - (0-5(7) cm) - мрко-смеђе боје, мрвичасто-прашкаст, растресит представља еродирани (В) хоризонт обогаћен хумусном материјом после пошумљавања; (В) - (5(7)-24 cm) - жуто-смеђе боје, прашкаста иловача, доминантна фракција праха; С ₁ - шкриљци у распадању.			
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)				
S	36	860				
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма			
Кисело смеђе	типично	на шкриљцима	плитко			
Грађа профила	14	$\frac{O_{lf}}{5-0}$	$\frac{A(B)}{0-5}$	$\frac{(B)}{5-20}$	$\frac{C}{\geq 20}$	
	15	$\frac{O_{lf}}{5/6-0}$	$\frac{A(B)}{0-5/7}$	$\frac{(B)}{5/7-24}$	$\frac{C_1}{\geq 24}$	

Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет			
8	Врање	Калиманска река			
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)			
SE	16-30	920			
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма		
Кисело смеђе	типично	на филитима	плитко		
Грађа профила	16	$\frac{Olf}{3-0}$	$\frac{A(B)}{0-3/4}$	$\frac{(B)}{3/4-22}$	$\frac{R}{\geq 22}$
	17	$\frac{Olf}{3-0}$	$\frac{A(B)}{0-5}$	$\frac{(B)}{5-25}$	$\frac{R}{\geq 25}$

Профил 16
Olf - органске материје на површини око 3 cm;
A(B) (0-3/4 cm) - мрко-смеђе боје, мрвичасто-прашкаст, растресит представља еродирани (B) хоризонт обогаћен хумусном материјом после пошумљавања. У односу на 14/09 са мање хумуса и слабије развијен;
(B) (3/4-22 cm) – жуто-смеђе боје, прашкаст, поједини облаци супстрата, еродиран, скелетност 15-20%;
R – филити.

Профил 17
Olf – органске материје на површини око 3 cm;
A(B) (0-5 cm) - мрко-смеђе боје, мрвичасто-прашкаст, растресит представља еродирани (B) хоризонт обогаћен хумусном материјом после пошумљавања. У односу на 14/09 са мање хумуса и слабије развијен;
(B) (5-25 cm) – жуто-смеђе боје, прашкаст, поједини облаци супстрата, еродиран;
R – филити.

Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет		
10	Врање	Љештарска долина		
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)		
S SW	25	570		
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма	
Хумусно-силикатно	еутрично	литичан		
Грађа профила	20	$\frac{Ol}{1,5/2-0}$	$\frac{A}{0-10/13}$	$\frac{R}{\geq 10/13}$
	21	$\frac{Ol}{1,5/2-0}$	$\frac{A}{0-15}$	$\frac{R}{\geq 15}$

Профил 20
Ol – органске материје на површини око 1,5-2 cm;
A (0-10/13 cm) – мрко-сиве боје, иловаст, мрвичасто збијен;
R – андезитски туф.

Профил 21
Ol – органске материје на површини око 1,5-2 cm;
A (0-15 cm) – мрко-сиве боје, иловаст, мрвичасто збијен;
R – андезитски туф.

Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет			
4	Врање	Куновска река			
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)			
S	39	1040			
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма		
Хумусно-силикатно	еутрично	литичан	јако скелет.		
Грађа профила	8	$\frac{Ol}{2-0}$	$\frac{A}{0-11}$	$\frac{(B)}{11-25}$	$\frac{R}{\geq 25}$
	9	$\frac{Ol}{3,5-0}$	$\frac{A}{0-10}$	$\frac{(B)}{10-23}$	$\frac{R}{\geq 23}$

Профил 8
Ol – органска материја на површини моћности око 2 cm;
A (0-11cm) – црне боје, мрвичасте структуре, проткан корењем. До 20 cm присуство скелета 40-50%. Скелет чине каменчићи пречника 2-3 cm;
(B) (11-25 cm) – смеђе боје, иловасто, присутно крупније камење. Скелетан 50-60%, а скелет чине ситни каменчићи величине 2-5 cm;
R – шкриљци на дубини од 25 cm.

Профил 9
Ol – на површини око 3,5 cm органске материје;
A (0-10 cm) – тамне боје, мрвичасте структуре, присутни каменчићи. Присуство скелета 60-80%;
(B) (10-23 cm) – смеђе боје, присутни каменчићи, скелетност 80%;
R – шкриљци.



а. Огледно поље 1: профили 1 и 2



б. Огледно поље 7: профили 14 и 15



в. Огледно поље 8: профили 16 и 17



г. Огледно поље 10: профили 20 и 21



д. Огледно поље 4: профили 8 и 9

Фототабела 4. Педолошки профили на огледним пољима пошумљеним багретом на јаме

У Табели 6.5. су приказане морфолошке особине земљишта на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме, а у Фототабели 5 приказани су педолошки профили.

Табела 6.5. Морфолошке особине земљишта пошумљених црним бором на јаме

Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет		Профил 10 Olf – органске материје на површини око 3 cm; A (0-25 cm) – загасито сиве боје, прашкасто-мрвичаст и сув. Неправилно прелази у трошан супстрат; R – туф.	
5	Врање	Љештарска долина			
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)			
SW	25	430		Профил 11 Olf – органска материја на површини око 3 cm; A (0-20 cm) – загасито сиве боје, прашкасто-мрвичаст и сув. Неправилно прелази у трошан супстрат; R – туф.	
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма		
Хумусно-силикатно	еутрично	литичан			
Грађа профила	10	$\frac{Olf}{3-0}$	$\frac{A}{0-25}$	$\frac{R}{\geq 25}$	
	11	$\frac{Ol}{3-0}$	$\frac{A}{0-20}$	$\frac{R}{\geq 20}$	
Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет		Профил 22 Ol – на површини око 2-3 cm органске материје; A (0-25 cm) – загасито сив и збијен, присутан материјал распаднутог супстрата; AC (25-38 cm) – присутно знатно више распаднутог супстрата у односу на А-хоризонт, остале особине сличне; R – дацит на дубини преко 40 cm.	
11	Лесковац	Момин камен			
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)			
W SW	54	380		Профил 23 Ol – органска материја на површини дебљине 2-3 cm; A (0-35 cm) – загасито сив и збијен, присутан материјал распаднутог супстрата; AC (35-45 cm) – знатно више распаднутог супстрата у односу на А-хоризонт, остале особине сличне; R – дацит на дубини преко 45 cm.	
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма		
Хумусно-силикатно	еутрично	реголитичан			
Грађа профила	22	$\frac{Ol}{2/3-0}$	$\frac{A}{0-25}$	$\frac{AC}{25-38}$	$\frac{R}{\geq 40}$
	23	$\frac{Ol}{2/3-0}$	$\frac{A}{0-35}$	$\frac{AC}{35-45}$	$\frac{R}{\geq 45}$

Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет		Профил 24 OI – органска материја на површини моћности 1-2 cm; A (0-5(7) cm) – загасито сиве боје, слабо изражен, еродиран површински скелет изражен 45%; R – андезито-дацит.	
12	Лесковац	Момин камен			
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)			
S	55	380		Профил 25 OI – моћност органске материје на површини 1-2 cm; A (0-8 cm) – загасито сиве боје, слабо изражен, еродиран површински скелет изражен 45%; AC (8-15 cm) – много трошног супстрата који се лако физички дроби са врло мало земље око 15%; R – андезито-дацит.	
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма		
Хумусно- силикатно	еутрично	реголитичан			
Грађа профила	16	$\frac{OI}{1/2-0}$	$\frac{A}{0-5/7}$		$\frac{R}{\geq 5/7}$
	17	$\frac{OI}{1/2-0}$	$\frac{A}{0-8}$		$\frac{AC}{8-15}$



а. Огледно поље 5:
профили 10 и 11



б. Огледно поље 11:
профили 22 и 23



в. Огледно поље 12:
профили 24 и 25

Фототабела 5. Педолошки профили на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме

Морфолошке особине земљишта на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне дате су у Табели 6.6., а педолошки профили су приказани у Фототабели 6.

Табела 6.6. Морфолошке особине земљишта пошумљених црним бором на градоне

Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет		Профил 3 (у градону) O1 - на површини органске материје око 4 cm; A (0 - 9 cm) - црне боје, мрвичасте структуре, присутно скелета 30%; (B) (9 - 40(45) cm) - смеђе боје, скелетно 30-40%, по који каменчић, извађени крупни комадићи скелета; R - актинолитски шкриљци.		
2	Лесковац	Предејанска река				
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)				
S	37	620				
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма	Профил 4 (између градона) O1 - органска материја на површини дебљине 1 cm; (B)/C (0-25 cm) - смеђе боје, 50-55% скелета, ситног до средње крупног, прашкаста иловача, еколошки услови неповољни; R - актинолитски шкриљци.		
Кисело смеђе	типично	на шкриљцима				
Грађа профила	3	$\frac{O1}{4-0}$	$\frac{A}{0-9}$		$\frac{(B)}{9-40/45}$	$\frac{C}{\geq 40/45}$
	4	$\frac{O1}{1-0}$	$\frac{(B)/C}{0-25}$		$\frac{C}{\geq 25}$	
Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет		Профил 18 (у градону) O1f - присуство органске материје на површини око 3-4 cm; A(B) (4-12 cm) - жућкасто-смеђе боје, прашкаста иловача; C1 - шкриљци.		
9	Врање	Калиманска река				
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)				
SW	47	1020				
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма	Профил 19 (између градона) O1f - органске материје на површини око 3-4 cm; A(B) (4-12 cm) - жућкасто-смеђе боје, прашкаста иловача; C1 - шкриљци.		
Кисело смеђе	типично	на шкриљцима				
Грађа профила	18	$\frac{O1f}{3/4-0}$	$\frac{A(B)}{0-4/12}$		$\frac{C1}{\geq 4/12}$	
	19	$\frac{O1f}{3/4-0}$	$\frac{A(B)}{0-4/12}$		$\frac{C1}{\geq 4/12}$	

Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет			
6	Лесковац	Зла долина 2			
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)			
SE	39	410			
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма		
Кисело смеђе	типично	на шкриљцима	плитко		
Грађа профила	12	$\frac{Ol}{1/2-0}$	$\frac{A}{0-2/4}$	$\frac{(B)}{2/4-30}$	$\frac{C}{\geq 30}$
	13	$\frac{Ol}{1/2-0}$	$\frac{A}{0-2}$	$\frac{(B)}{2-30}$	$\frac{C}{\geq 30}$

Профил 12 (у градону)
Ol – органске материје на површини око 1-2 cm;
A (0-2/(4) cm) – мрко сиве (загасито сиве) боје, зрнасте структуре;
(B) (2(4)-30 cm) – светло смеђе боје, са доста распаднутог шкриљца, збијен;
C – шкриљци.

Профил 13 (између градона)
Ol – на површини органска материја дебљине око 1-2 cm;
A (0-2 cm) – мрко сиве (загасито сиве) боје, зрнасте структуре;
(B) (2-30 cm) – светло смеђе боје, са доста распаднутог шкриљца, збијен;
C – шкриљци.

Огледно поље	Шумско газдинство	Локалитет		
3	Врање	Калиманска река		
Експозиција	Нагиб (%)	Надморска висина (m)		
SE	22-28	990		
Тип земљишта	Подтип	варијетет	форма	
Хумусно-силикатно	дистрично	литичан	јако склетно	
Грађа профила	5	$\frac{Olf}{12-0}$	$\frac{A}{0-50}$	$\frac{C}{\geq 50}$
	6	$\frac{Olf}{3-0}$	$\frac{A}{0-25}$	$\frac{C}{\geq 25}$

Профил 5 (у градону)
Olh – присуство органске материје на површини око 12 cm;
A (0-50 cm) – смеђе боје, мрвичасте структуре, проткан корењем, са присуством скелета 50%;
C – гранит.

Профил 6 (између градона)
Olh – на површини органске материје око 3 cm;
A (0-25 cm) – смеђе боје (црно-чоколадне), проткан корењем, скелетан 60-70%;
C – гранит.



а. Огледно поље 2: профили 3 и 4



б. Огледно поље 9: профили 18 и 19



в. Огледно поље 6: профили 12 и 13



г. Огледно поље 3: профили 5 и 6

Фототабела 6. Педолошки профили на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне

С обзиром да је пре извршених противерозионих пошумљавања на овим површинама било земљиште исцрпљено неадекватним коришћењем у пољопривреди и захваћено процесима ерозије великог интензитета, према наведеним морфолошким карактеристикама земљишта, може се закључити да је земљиште у различитим развојним фазама присутно на свим огледним пољима.

У зависности од својстава матичног супстрата, али и топографских карактеристика површина, на првом месту нагиба и експозиција, земљиште је различите дубине: од 5-40 см. За ово истраживање значајан показатељ прогресивних педогенетских процеса је постојање А-хоризонта, који је присутан у свим профилима осим у профилу 4 између градона на огледном пољу 2 у Предејанској реци. Развијен хумусно-акумулативни А-хоризонт је један од показатеља развијеност земљишта у генетско-еволуционом смислу (Ђирић, 1962).

6.1.2.1.2. Основне физичке и хемијске особине проучаваних земљишта

Карактер педогенетских процеса одређује физичке и хемијске особине земљишта, од којих даље, зависи водни, ваздушни и топлотни режим као и адсорптивна својства земљишта, а од ових земљишних особина зависи плодност, односно еколошко производна вредност земљишта која је битан предуслов за опстанак биљака. Наведена својства земљишта детерминишу услове станишта, а уколико су повољна, омогућавају сукцесију биљних заједница потенцијалне вегетације које су га насељавале пре но што је деградирано. Она уједно и предодређују и усмеравају успех противерозионих пошумљавања у смислу контроле ерозије и стварања нових понора за угљеник на површинама које су претходно биле огољене, изложене ексцесивној ерозији и са веома малим капацитетом за депоновање угљеника.

Физичке особине проучаваних земљишта, приказане су у табелама: Табела 6.7., Табела 6.8. и Табела 6.9. по врсти и методи пошумљавања, респективно. Одређени су дубина профила, присутни скелет и гранулометријски састав земљишта.

Проучавана земљишта се према текстури по Америчкој класификацији могу сврстати у класе од иловастог песка, преко песковите иловаче до иловаче. Иловастом песку припадају профили 6 и 15. Песковитој иловачи припадају профили 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24 и 25, док иловачи припадају профили 1, 2, 3, 13, 22 и 23.

Табела 6.7. Физичке особине земљишта пошумљених багретом на јаме

ОП	Тре	Земљиште	Број профила	Дубина cm	Хигроскопна влага %	Гранулометријски састав %										Укупни	
						0-5	5-10	10-20	20-40	0,2-0,06mm	0,06-0,02mm	0,02-0,006mm	0,006-0,002mm	<0,002mm	песак	глина+прах	
ОП 1	Кисело смеђе илимеризовано на гнајсу средње дубоко	1 / 08	0-5	9,00	1,50	30,40	17,30	22,90	9,40	11,00	56,70	43,30					
			5-10	9,50	1,21	30,50	18,20	20,20	9,20	12,40	58,20	41,80					
			10-20	8,40	1,09	31,00	18,50	18,60	11,10	12,40	57,90	42,10					
			20-40	8,10	1,01	30,00	17,60	20,20	10,50	13,60	55,70	44,30					
ОП 7	Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко	14 / 09	0-5	17,90	1,01	46,50	13,80	10,50	3,50	7,80	78,20	21,80					
			5-10	22,30	0,51	45,10	10,50	9,40	4,20	8,50	77,90	22,10					
			10-20	23,80	0,41	45,70	9,40	8,30	5,20	7,60	78,90	21,10					
			0-5	21,40	0,58	54,80	8,90	6,90	2,30	5,70	85,10	14,90					
ОП 8	Кисело смеђе типично на филитима плитко	15 / 09	5-10	28,10	0,35	46,40	6,80	7,20	3,60	7,90	81,30	18,70					
			10-20	21,90	0,29	56,30	6,80	3,90	3,90	7,20	85,00	15,00					
			0-5	23,50	0,66	36,70	9,90	12,90	7,10	9,90	70,10	29,90					
			5-10	24,70	0,45	37,30	8,60	11,10	7,10	11,20	70,60	29,40					
ОП 10	Хумусно-силикатно еутрично литично	16 / 09	10-20	22,20	0,45	40,90	7,00	12,20	6,60	11,10	70,10	29,90					
			0-5	23,00	0,88	43,00	10,90	10,90	4,10	8,10	76,90	23,10					
			5-10	26,80	0,39	41,90	10,50	8,60	4,10	8,10	79,20	20,80					
			10-20	25,40	0,40	44,70	7,70	8,20	4,90	9,10	77,80	22,20					
ОП 10	Хумусно-силикатно еутрично литично	17 / 09	0-5	19,10	1,88	35,20	10,60	15,50	8,10	11,50	64,90	35,10					
			5-10	17,90	1,33	34,10	10,50	14,30	9,00	14,20	62,50	37,50					
			0-5	21,30	1,93	34,20	13,50	15,00	6,50	9,50	69,00	31,00					
			5-10	14,00	1,24	38,00	11,70	13,40	7,40	15,50	63,70	36,30					

Пошумљавање багретом на јаме

ОП 4	Хумусно – силикатно	8 / 08	0 - 5	1,22	31,10	37,30	9,80	13,90	3,10	4,80	78,20	21,80
			5 - 10	0,94	30,20	36,10	10,30	10,70	5,80	6,90	76,60	23,40
			10 - 20	1,06	29,10	33,80	6,80	18,00	3,00	9,30	69,70	30,30
	еутрично литично	9 / 09	0 - 5	1,96	25,60	33,20	13,30	14,60	5,50	7,80	72,10	27,90
			5 - 10	1,23	28,30	31,80	10,70	15,40	4,90	8,90	70,80	29,20
			10 - 20	1,13	21,90	31,50	11,60	14,60	7,10	13,30	65,00	35,00

Табела 6.8. Физичке особине земљишта пошумљених црним бором на јаме

ОП	Тре	Земљиште	Број профила	Дубина cm	Хигроскопна влага %	Гранулометријски састав %										Укупни	
						0-5	2,0-0,2mm	0,2-0,06mm	0,06-0,02mm	0,02-0,006mm	0,006-0,002mm	<0,002mm	песак	глина+прах			
ОП 5	Хумусно – силикатно еутрично	10 / 09	0-5	0,83	40,50	24,90	6,30	10,60	6,30	11,40	71,70	28,30					
			5-10	1,01	39,10	23,70	6,10	12,60	7,30	11,20	68,90	31,10					
			10-20	0,95	35,70	23,70	5,80	12,60	9,60	12,60	65,20	34,80					
	литично	11 / 09	0-5	1,22	29,60	24,00	8,00	13,20	9,00	16,20	61,60	38,40					
			5-10	0,98	36,70	20,40	4,80	14,90	6,30	16,90	61,90	38,10					
			10-20	1,08	33,70	22,50	5,90	11,90	8,10	17,90	62,10	37,90					
ОП 11	Хумусно – силикатно еутрично	22 / 09	0-5	2,43	16,60	26,00	14,90	20,30	6,40	15,80	57,50	42,50					
			5-10	2,06	17,50	23,70	14,70	20,70	5,10	18,30	55,90	44,10					
			10-20	2,11	20,30	22,80	14,20	18,60	5,00	19,10	87,30	42,70					
	реголитично	23 / 09	0-5	2,62	12,80	26,10	15,60	22,60	6,70	16,20	54,50	45,50					
			5-10	2,42	9,30	29,50	14,20	21,20	6,40	19,40	53,00	47,00					
			10-20	2,39	15,00	22,90	14,50	21,00	6,00	20,60	52,40	47,60					
Хумусно – силикатно еутрично	24 / 09	0-5	2,25	34,10	26,00	11,30	14,70	4,00	9,90	71,40	28,60						
		0-5	2,09	31,20	27,90	14,90	13,00	4,00	9,00	74,00	26,00						
ОП 12	реголитично	25 / 09	0-5	2,09	31,20	27,90	14,90	13,00	4,00	9,00	74,00	26,00					

Табела 6.9. Физичке особине земљишта пошумљених црним бором на градоње

ОП	Тре	Земљиште	Број профила	Дубина cm	Хигроскопна влага %	Гранулометријски састав %							Укупни	
						0-5	2,0-0,2mm	0,06-0,02mm	0,02-0,006mm	0,006-0,002mm	<0,002mm	песак	глина+прах	
ОП 2		Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко	3 / 08	0-5	2,57	16,80	30,40	14,00	19,70	9,70	9,40	61,20	38,80	
				5-10	1,24	22,90	31,50	12,10	14,20	8,20	11,10	66,50	33,50	
				10-20	1,14	21,20	30,40	13,00	13,70	8,20	13,50	64,60	35,40	
				20-40	1,38	17,10	28,70	12,00	18,30	10,70	13,20	57,80	42,20	
				0-5	0,79	19,70	33,60	14,60	15,00	6,20	10,90	67,90	32,10	
				5-10	0,65	46,00	23,00	10,30	8,80	2,70	9,20	79,30	20,70	
ОП 9		Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко	18 / 09	0-5	0,51	40,70	26,60	8,70	8,90	5,00	10,10	76,00	24,00	
				5-10	0,39	40,60	27,70	7,20	8,60	5,30	10,60	75,50	24,50	
				0-5	1,48	42,90	22,90	10,20	10,60	4,50	8,90	76,00	24,00	
				5-10	0,78	28,10	33,60	10,00	11,50	6,00	10,80	71,70	28,30	
				0-5	0,68	18,00	40,60	10,70	11,80	6,40	12,50	69,30	30,70	
				5-10	0,69	17,90	37,00	11,20	12,50	5,70	15,70	66,10	33,90	
ОП 6		Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко	13 / 09	0-5	0,85	23,00	33,30	10,30	13,50	6,50	13,40	66,60	33,40	
				5-10	0,64	23,40	21,70	12,00	16,40	7,90	18,60	57,10	42,90	
				10-20	0,63	26,10	15,00	12,40	17,60	9,60	19,30	53,50	46,50	
				0-5	1,65	33,90	40,30	7,70	6,90	2,40	8,80	81,90	18,10	
				5-10	1,25	29,20	44,70	8,00	6,00	2,90	9,20	81,90	18,10	
				10-20	1,26	37,10	40,90	5,00	5,70	3,00	8,30	83,00	17,00	
ОП 3		Хулаусно – силкатно дискрично литично јако склетно	6 / 08	0-5	1,31	36,00	38,90	7,10	7,20	3,40	7,40	82,00	18,00	
				5-10	1,09	26,10	50,40	5,60	6,50	4,70	6,70	82,10	17,90	
				10-20	1,19	28,90	46,70	6,00	7,40	6,00	5,00	81,60	18,40	

Табела 6.10. Хемијске особине земљишта пошумљених багретом на јама

О	П	Тр	Земљиште	Бр. проф.	Дуби на см	рН	Y ₁ сстп 0,1M NaOH	Адсорптивни комплекс mg еквив. / 100 g зем. (Г-S)	V %	Хумус %	C %	N %	C/N	Лакоприступачни mg / 100 g зем. P ₂ O ₅ K ₂ O				
					0I	6,40	6,00	-	-	59,08	34,30	1,22	28,1	0,24	0,30			
				1/08	0-5	5,43	4,51	22,50	14,63	8,20	22,83	35,92	4,54	2,63	0,30	8,8	15,50	
					5-10	5,12	4,10	22,50	14,63	4,00	18,63	21,47	2,93	1,70	0,20	8,5	10,00	
					10-20	5,26	4,20	19,00	12,35	3,60	15,95	22,57	2,08	1,21	-	-	8,00	
					20-40	5,52	4,44	14,00	9,10	4,40	13,50	32,59	1,37	0,79	-	-	7,70	
О	П	1	Кисело смеђе илимеризовано на гнајсу средње дубоко		0I	6,70	6,29	-	-	63,46	36,84	1,33	27,7	0,26	0,30			
				2/08	0-5	5,72	4,67	16,50	10,73	6,40	17,13	37,36	3,80	2,20	0,26	8,50	20,50	
					5-10	5,35	4,22	16,50	10,73	2,60	13,33	19,50	1,82	1,06	-	-	7,30	
					10-20	5,43	4,30	15,00	9,75	3,60	13,35	26,97	1,56	0,91	-	-	7,30	
					20-40	5,70	4,54	14,50	9,43	5,20	14,63	35,54	1,78	1,03	-	-	7,60	
				14/09	0I	6,40	6,00	-	-	72,03	41,75	2,23	18,70	-	-			
					0-5	5,88	5,17	16,50	10,73	21,20	31,93	66,39	7,06	4,10	0,42	9,80	2,10	27,30
					5-10	5,32	4,39	16,00	10,40	12,80	23,20	55,17	2,53	1,47	0,18	8,20	1,30	18,60
					10-20	5,34	4,36	14,50	9,43	12,00	21,43	56,00	1,24	0,72	-	-	1,20	12,00
О	П	7	Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко		0I	6,64	6,20	-	-	70,67	40,85	2,16	18,90	-	-			
				15/09	0-5	5,34	4,42	18,00	10,70	7,40	19,10	38,74	4,90	2,84	0,29	9,80	1,90	18,70
					5-10	5,10	4,20	14,50	9,43	5,40	14,83	36,41	1,45	0,84	-	-	1,40	13,00
					10-20	5,30	4,22	12,00	7,80	6,40	14,20	45,07	0,67	0,39	-	-	1,20	11,20
				16/09	0I	6,46	5,97	-	-	57,63	33,31	1,70	19,60	-	-			
					0-5	5,28	4,42	21,50	13,98	4,80	18,78	25,56	4,52	2,62	0,25	10,50	1,70	18,60
					5-10	5,32	4,42	15,50	10,08	2,60	12,68	20,50	1,89	1,09	0,12	9,10	1,60	13,00
					10-20	5,37	4,36	15,00	9,75	2,20	11,95	18,41	1,66	0,97	-	-	0,80	13,00
О	П	8	Кисело смеђе типично на филитима плитко		0I	6,28	5,86	-	-	74,04	42,80	1,40	30,60	-	-			
				17/09	0-5	5,14	4,39	29,50	19,18	10,20	29,38	34,72	9,71	5,63	0,45	12,10	1,10	16,30
					5-10	5,12	4,23	18,50	12,03	3,20	15,23	21,01	3,46	2,00	0,18	11,10	1,60	11,50
					10-20	5,06	4,13	18,00	11,70	2,00	13,70	14,60	1,96	1,14	0,12	9,50	1,70	12,30

Пошумљавање багретом на јама

О	Хумусно - силкатно	20/09	О1	6,56	6,23	-	-	-	-	68,40	39,54	1,73	22,80	-	-	
			0-5	6,22	5,34	12,00	7,80	12,80	20,60	62,14	4,83	2,80	0,30	9,30	4,70	>40,00
			5-10	5,67	4,75	15,00	9,75	6,00	15,75	38,10	2,34	1,36	0,15	9,10	2,80	>40,00
П	еутрично	21/09	О1	6,56	6,22	-	-	-	-	63,67	36,80	1,60	23,00	-	-	
			0-5	6,16	5,33	13,00	8,45	15,20	23,65	64,27	5,98	3,47	0,30	11,60	2,80	>40,00
			5-10	5,60	4,70	12,00	7,80	4,20	12,00	35,00	1,52	0,88	-	-	3,20	36,00
10	литично	8/08	О1	6,60	6,10	-	-	-	-	48,37	28,12	1,42	19,9	0,24	0,375	
			0-5	5,78	4,68	17,00	11,05	3,80	14,85	25,59	3,75	2,17	0,25	8,7	0,70	28,00
			5-10	5,47	4,35	16,00	10,40	1,40	11,80	11,86	2,23	1,30	-	-	0,30	24,20
4	Хумусно - силкатно	9/08	10-20	5,22	4,12	18,00	11,70	1,20	12,90	9,30	1,73	1,00	-	-	24,20	
			О1	6,43	6,08	-	-	-	-	-	62,30	36,22	1,90	19,1	0,32	0,375
			0-5	5,85	5,02	19,00	12,35	10,60	22,95	46,18	6,81	3,95	0,37	10,7	1,60	25,50
П	еутрично	9/08	5-10	5,50	4,48	17,00	11,05	3,60	17,65	20,40	2,47	1,44	0,18	8,0	0,30	
			10-20	5,46	4,40	16,00	10,40	1,20	11,60	10,34	1,29	0,75	-	-	-	14,50

Табела 6.11. Хемијске особине земљишта пошумљених прним бором на јама

ОП	Тр	Земљиште	Бр. проф.	Дуби на стп	рН	Y ₁ ссп 0,1М NaOH	Адсорптивни комплекс mg еквив. / 100 g зем.			V %	Хумус %	C %	N %	C / N	Лакоприступачни mg / 100 g зем. P ₂ O ₅ K ₂ O	
							(Т - S)	S	T							
ОП 5	Хумусно – сликатно	еутрично	10/09	01	5,27	4,82	-	-	-	-	77,68	44,90	1,06	42,30	-	
				0-5	5,7	4,75	14,00	9,10	14,60	23,70	61,60	2,31	1,34	0,18	7,40	4,20
				5-10	6,28	5,42	10,50	6,83	17,40	24,23	71,81	3,60	2,09	0,28	7,5	5,30
				10-20	5,73	4,80	14,00	9,10	14,20	23,30	60,94	2,48	1,44	0,17	8,50	7,50
	лигично	11/09	01	5,37	4,85	-	-	-	-	-	81,34	47,01	1,19	39,60	-	
			0-5	6,17	5,26	13,00	8,45	20,40	28,85	70,71	4,50	2,88	0,23	12,50	4,50	
			5-10	5,63	4,69	16,00	10,40	14,80	25,20	58,73	2,27	1,32	0,14	9,40	7,50	
			10-20	5,58	4,62	16,50	10,73	15,00	25,73	58,30	1,87	1,08	-	-	16,50	
	Хумусно – сликатно	22/09	01	5,46	4,98	-	-	-	-	-	83,25	48,12	1,28	37,60	-	
			0-5	6,16	5,27	13,00	8,45	16,40	24,85	66,00	6,01	3,48	0,25	13,60	1,70	
			5-10	5,86	4,83	13,50	8,78	14,60	23,38	62,45	2,52	1,46	0,14	10,40	1,40	
			10-20	5,92	4,94	12,00	7,80	16,00	23,80	67,23	1,86	1,08	-	-	1,30	
еутрично реголитично	23/09	01	5,40	4,93	-	-	-	-	-	83,32	48,16	0,89	54,10	-		
		0-5	6,67	6,02	8,00	5,20	23,00	28,20	81,56	5,45	3,16	0,26	12,10	1,50		
		5-10	6,33	5,56	10,50	6,83	17,40	24,23	71,81	2,74	1,59	0,15	10,60	1,20		
		10-20	5,97	5,04	11,50	7,48	16,80	24,28	69,19	1,96	1,14	0,12	9,50	1,20		
Хумусно – сликатно	24/09	01	5,56	5,08	-	-	-	-	-	78,72	45,50	0,99	45,90	-		
		0-5	6,75	6,20	5,50	3,58	24,60	28,18	87,30	3,30	1,91	0,16	11,90	3,60		
		01	4,80	4,36	-	-	-	-	-	88,81	51,34	0,61	84,10	-		
		0-5	6,35	5,72	9,50	6,18	21,80	27,98	77,91	4,65	2,69	0,20	13,40	3,20		

Пошумљавање прним бором на јама

Табела 6.12. Хемијске особине земљишта пошумљених прним бором на градоње

ОП	Тр	Земљиште	Бр. проф.	Дуби на см	pH	Y ₁	Адсорптивни комплекс			C / N	Лакоприсуљачн				
							H ₂ O	CaCl ₂	0,1M NaOH		mg эквив. / 100 g зем.	mg / 100 g зем.	P ₂ O ₅	K ₂ O	
ОП 2	Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко	О1	5,36	4,64	-	-	-	-	75,54	43,92	1,18	37,2	0,27	0,20	
		0-5	6,34	5,54	13,00	8,45	16,00	24,45	65,44	3,86	0,33	11,7	1,20	34,00	
		5-10	6,34	5,40	11,00	7,15	8,40	15,55	54,02	1,50	-	-	0,20	31,20	
		10-20	5,97	5,10	11,50	7,48	6,00	13,48	44,51	2,20	1,27	-	-	28,80	
		20-40	5,90	4,90	15,00	9,75	7,60	17,35	43,80	2,51	1,46	-	-	26,30	
	Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко	О1	5,40	4,78	-	-	-	-	-	67,23	38,86	1,55	25,07	-	-
		0-5	6,45	5,66	9,00	5,85	9,80	15,65	62,62	3,03	1,76	0,17	10,40	1,40	16,30
		5-10	6,40	5,60	8,00	5,20	8,20	13,40	61,19	2,27	1,32	0,16	8,30	1,30	14,00
		О1	5,70	5,13	-	-	-	-	-	75,64	43,73	0,71	61,60	-	-
		0-5	5,70	4,90	12,00	7,80	3,40	11,20	30,36	3,17	1,84	0,14	13,10	1,50	1,50
ОП 9	Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко	5-10	5,07	4,25	16,50	10,73	0,40	11,13	3,59	2,00	0,10	11,60	1,50	10,20	
		О1	5,44	4,73	-	-	-	-	-	83,40	48,21	0,65	74,10	-	-
		0-5	6,40	5,65	9,50	6,18	8,40	14,58	57,61	5,47	3,17	-	-	1,60	20,00
		5-10	5,33	4,48	12,50	8,13	1,60	9,73	16,44	1,69	0,98	-	-	1,30	15,70
		О1	5,56	4,95	-	-	-	-	-	45,30	26,18	0,76	34,40	-	-
	Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко	0-5	5,60	4,75	18,50	12,03	8,40	20,43	41,12	5,50	3,19	0,22	14,50	1,80	13,60
		5-10	5,45	4,43	17,00	11,05	5,40	16,45	32,83	2,69	1,56	0,12	13,00	1,10	10,50
		10-20	5,58	4,54	14,50	9,43	5,80	15,23	38,08	2,33	1,35	0,12	11,30	1,10	11,00
		О1	5,47	4,89	-	-	-	-	-	63,35	36,62	0,89	41,10	-	-
		0-5	5,70	4,73	15,00	9,75	6,20	15,95	38,87	3,67	2,13	0,16	13,30	1,10	15,60
ОП 6	Кисело смеђе типично на шкриљцима плитко	5-10	5,40	4,39	15,50	10,08	7,00	17,08	40,98	1,72	1,00	-	-	0,80	9,50
		10-20	5,45	4,40	15,00	9,75	7,40	17,15	43,15	1,88	1,09	-	-	0,80	9,50

Пошумљавање прним бором на градоње

			О1	5,50	4,96	-	-	-	-	-	74,94	43,57	0,63	69,4	0,14	0,15
			0-5	5,03	4,17	27,00	17,55	3,40	20,95	16,23	4,94	2,86	0,22	13,0	4,40	12,50
	5/08		5-10	4,57	3,78	27,50	17,88	0	0	-	2,94	1,70	0,18	9,40	8,00	7,30
			10-20	4,46	3,74	28,00	18,20	0,40	18,60	2,15	4,07	2,36	0,20	11,8	11,00	8,00
			20-40	4,60	3,75	29,00	18,85	0	-	-	3,88	2,25	0,19	11,8	9,40	8,20
		Хумусно -	О1	5,60	5,00	-	-	-	-	-	73,93	42,67	0,87	49,0	0,30	0,15
		сидкатно	0-5	5,80	4,83	15,50	10,08	4,00	14,08	28,41	3,74	2,17	0,22	9,9	3,70	8,00
	6/08		5-10	5,48	4,48	15,50	10,08	2,80	12,88	21,74	2,28	1,32	-	-	5,00	5,30
			10-20	5,57	4,53	15,00	9,75	3,20	12,95	24,71	2,41	1,40	-	-	4,50	6,00
ОП		литично јако														
3		скелетно														

Хемијске особине проучаваних земљишта приказане су у табелама: Табела 6.10., Табела 6.11. и Табела 6.12. за земљишта пошумљена различитим врстама и методама, респективно. Хемијске особине су одређене минералном компонентом, присутном вегетацијом, начином обраде, затим декомпозицијом органске материје и др.

Хемијске особине земљишта на огледним пољима пошумљеним багретом на јаме

Хемијске особине земљишта приказане су за сваки земљишни профил на огледним пољима пошумљеним багретом на јаме.

Огледно поље 1

Профил 1

Хемијске особине су карактерисане јако киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,12-5,52 рН јединица. Степен засићености базама је мањи од 50%. Према садржају хумуса у површинском слоју до 5 cm је доста хумусно, док са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатог према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O средња до ниска.

Профил 2

Вредност рН у води се креће између 5,35-5,72, што указује на јако киселу до умерено киселу реакцију у површинском и дубљим (>20 cm) слојевима земљишта. Степен засићености базама је мањи од 50%. Процент хумуса у површинском слоју до 5 cm је доста хумусно, а са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатог

земљишта према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O висока.

Огледно поље 7

Профил 14

Земљиште је умерено киселе до јако киселе реакције, што показује вредност рН у води која се креће између 5,32-5,88 рН јединица. Степен засићености базама је већи од 50%. Према проценту хумуса у површинском слоју до 5 cm је јако хумусно, а са дужином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи врло богатог земљишта према Wolthmann-у у првих 5 cm, док са повећањем дубине спада у добро обезбеђена. Однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O висока до средња.

Профил 15

Вредност рН у води се креће између 5,10-5,34 рН јединица и карактерише земљиште јако киселом реакцијом. Степен засићености базама је мањи од 50%. Према проценат хумуса у површинском слоју до 5 cm је јако хумусно, а са дужином опада до врло слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатих у првих 5 cm, док у дубљим слојевима је испод границе детекције према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O висока до средња у слоју >5 cm.

Огледно поље 8

Профил 16

Вредност рН у води се креће између 5,28-5,37 рН јединица и карактерише земљиште јако киселом реакцијом. Степен zasiћености базама је мањи од 50%. Према проценату хумуса, земљиште је доста хумусно у првих 5 cm, док је у дубљим слојевима слабо хумусно. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатог до добро обезбеђеног земљишта према Wolthmann-у. Однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, у слоју од 10-20 cm ниска, док је обезбеђеност K_2O средња.

Профил 17

Вредност рН у води се креће између 5,06-5,14 рН јединица и карактерише земљиште јако киселом реакцијом. Степен zasiћености базама је мањи од 50%. Према проценту хумуса у површинском слоју до 5 cm је јако хумусно, а са дубином опада постепено по слојевима преко доста хумусног до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи врло богатих према Вохлтманн-у у првих 5 cm, а већ у наредном слоју спада у добро обезбеђена. Однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O средња до ниска.

Огледно поље 10

Профил 20

Хемијске особине су карактерисане слабо киселом до умерено киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,67-6,22 рН јединица. Степен zasiћености базама је у површинском слоју до 5 cm већи, а у наредном мањи од 50%. Према проценту хумуса у површинском слоју до 5 cm је доста хумусно, а са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово

земљиште припада класи богатих у првих 5 cm, док у дубљем слоју спада у добро обезбеђена према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O висока.

Профил 21

Хемијске особине су карактерисане умерено до слабо киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,60-6,16 рН јединица. Степен zasiћености базама је у површинском слоју до 5 cm већи, а у наредном мањи од 50%. Према проценату хумуса, земљиште је јако до слабо хумусно. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатог земљишта према Wolthmann-у у површинском слоју до 5 cm. Однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, у слоју од 10-20 cm ниска, док је обезбеђеност K_2O висока.

Огледно поље 4

Профил 8

Хемијске особине су карактерисане јако киселом до умерено киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,22-5,78 рН јединица. Степен zasiћености базама је мањи од 50%. Процент хумуса у површинском слоју до 5 cm је доста хумусно, а са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богато обезбеђених према Wolthmann-у у првих 5 cm, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O висока.

Профил 9

Хемијске особине су карактерисане јако киселом до умерено киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,46-5,85 рН јединица. Степен zasiћености базама је мањи од 50%. Процент хумуса у површинском слоју до 5 cm је јако хумусно, а са дужином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи врло богатих у првих 5 cm, док у дубљем слоју спада у добро обезбеђена према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O висока до средња у слоју >20 cm.

Хемијске особине земљишта на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме

Хемијске особине земљишта приказане су за сваки земљишни профил на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме.

Огледно поље 5

Профил 10

Хемијске особине су карактерисане умерено до слабо киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,70-6,28 рН јединица. Степен zasiћености базама је већи од 50%. Према проценту хумуса, земљиште је слабо до доста хумусно. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатог до добро земљишта према Wolthmann-у. Однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, у слоју од 10-20 cm ниска, док је обезбеђеност K_2O висока.

Профил 11

Хемијске особине су карактерисане слабо до умерено киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,58-6,17 рН јединица. Степен засићености базама је већи од 50%. Процент хумуса у површинском слоју до 5 cm је доста хумусно, а са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи добро обезбеђених према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска и ниска, а у слојевима земљишта дубљим од 10 cm висока, док је обезбеђеност K_2O висока у првих 5 cm, док је у дубљим слојевима средњи.

Огледно поље 11

Профил 22

Вредност рН у води се креће између 5,86-6,16 рН јединица и карактерише земљиште умерено киселом реакцијом. Степен засићености базама је већи од 50%. Процент хумуса у површинском слоју до 5 cm је јако хумусно, а са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатих до добро обезбеђених према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O средња у првих 5 cm, док је у дубљим слојевима ниска.

Профил 23

Хемијске особине су карактерисане неутралном, слабо до умерено киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,97-6,67 рН јединица. Степен засићености базама је већи од 50%. Према проценту хумуса у површинском слоју до 5 cm је јако хумусно, а са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатих у првих 5 cm, док у дубљем слоју спада у добро обезбеђена према Wolthmann-у, а

однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O средња до ниска.

Огледно поље 12

Профил 24

Вредност рН у води је 6,75 рН јединица и карактерише земљиште неутралном реакцијом. Степен засићености базама је већи од 50%. Према проценату хумуса, земљиште је јако до слабо хумусно. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи доста хумусног земљишта према Wolthmann-у. Однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O средња.

Профил 25

Вредност рН у води је 6,35 рН јединица и карактерише земљиште слабо киселом реакцијом. Степен засићености базама је већи од 50%. Према проценту хумуса спада у слабо хумусно земљиште. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи добро обезбеђених према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O средња.

Хемијске особине земљишта на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне

Хемијске особине земљишта приказане су за сваки земљишни профил на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне.

Огледно поље 2

Профил 3 (у градону)

Хемијске особине су карактерисане слабо киселом до неутралном реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,90-6,34 рН јединица. Степен засићености базама је већи од 50% у слоју до 10 cm, док је у дубљим слојевима земљиште незасићено базама. Процент хумуса у површинском слоју до 5 cm је јако хумусно, а са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатог према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O висока.

Профил 4 (између градона)

Хемијске особине су карактерисане слабо киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 6,40-6,45 рН јединица. Степен засићености базама је већи од 50%. Према проценту хумуса у површинском слоју до 5 cm, земљиште је доста хумусно, а са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште спада у добро обезбеђена према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O је средња.

Огледно поље 9

Профил 18 (у градону)

Хемијске особине су карактерисане јако киселом до умереном реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,07-5,70 рН јединица. Степен засићености базама је мањи од 50%. Према проценту хумуса, земљиште је доста до слабо хумусно. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи добро обезбеђеног земљишта према Wolthmann-у. Однос угљеника према азоту је

повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O ниска.

Профил 19 (између градона)

Хемијске особине су карактерисане слабо до јако киселом реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,33-6,40 рН јединица. Степен zasiћености базама је у површинском слоју до 5 cm већи, а у наредном мањи од 50%. Процент хумуса у површинском слоју до 5 cm је јако хумусно, а са дубином опада до слабо хумусног. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи ограничене способности гајења према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O висока до средња.

Огледно поље 6

Профил 12 (у градону)

Земљиште има карактеристике умерене до јако киселе реакције. Вредност рН у води износи 5,45-5,60 рН јединица. Степен zasiћености базама је мањи од 50%. Процент хумуса указује да је у првих 5 cm ово земљиште јако хумусно, док у дубљим слојевима спада слабо хумусна према Wolthmann-у, а однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O средња у првих 5 cm, док је у дубљим слојевима ниска.

Профил 13 (између градона)

Хемијске особине су карактерисане умереном киселом до јако реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,40-5,70 рН јединица. Степен zasiћености базама је мањи од 50%. Према проценту хумуса, земљиште је доста до слабо хумусно. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи добро

обезбеђеног земљишта у првих 5 cm према Wolthmann-у, док је у дубљим слојевима азот испод границе детекције. Однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O средња до ниска.

Огледно поље 3

Профил 5 (у градону)

Хемијске особине су карактерисане врло јако киселом реакцијом (у слоју 10-20 cm екстремно киселом реакцијом). Вредност рН у води се креће између 4,46-5,03. Степен засићености базама је мањи од 50 %. У односу на проценат хумуса у површинском слоју до 5 cm и у слојевима > 10cm земљиште је доста хумусно, а у слоју 5-10 cm је слабо хумусно. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи врло богатих до добро обезбеђених према Wolthmann-у. Однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска до средња (у слоју 10-20 cm), док је обезбеђеност K_2O средња (у површинском и дубљем слоју) до ниска (у слоју 10-20 cm).

Профил 6 (између градона)

Хемијске особине су карактерисане јако киселом до умереном реакцијом. Вредност рН у води се креће између 5,48-5,80 рН јединица. Степен засићености базама је мањи од 50%. Према проценату хумуса, земљиште је слабо хумусно. Према садржају укупног азота ово земљиште припада класи богатог земљишта у првих 5 cm према Wolthmann-у, док је у дубљим слојевима азот испод границе детекције. Однос угљеника према азоту је повољан. Обезбеђеност земљишта приступачним P_2O_5 је врло ниска, док је обезбеђеност K_2O ниска.

Према величини рН – вредности, најзаступљенија су земљишта јако киселе и умерени киселе реакције. Нешто мање су заступљени профили врло јако киселе и слабо киселе реакције. У свим случајевима рН – вредност у води је мања од 7 рН – јединица. Земљишта пошумљавања црним бором на јаме су најкиселија, док стеља на земљишту под багремом сађеним на јаме има највише вредности рН – најмању киселост.

Садржају хумуса у земљишту креће се од 9,71% (профил 17/09, слој 0-5 cm) до 0,67% (профил 15/09, слој 10-20 cm) и опада у дубљим слојевима профила. У погледу садржаја хумуса у земљишту нема значајних разлика између различитих третмана.

Садржај азота у земљишту креће се од 0,45% (профил 17/09, слој 0-5 cm) до 0,10% (профил 18/09, слој 5-10 cm) и опада са дубином профила, а често у дубљим слојевима није детектован. Земљишта под багремом сађеним на јаме у слоју 0-5 cm имају највећи садржај азота. Садржај азота у стељи креће се од 2,23% (профил 14/09) до 0,63% (профил 19/09). Такође, стеља багрема садржи највише азота.

Степен засићености базама на земљиштима на којима се пошумљавало углавном је мањи од 50% и опада са повећањем дубине земљишта. Степен засићености базама мањи од 50% указује на киселост земљишта и потребу за калцификацијом уколико би се ова земљишта користила у сврху пољопривреде.

6.1.2.1.3. Резерве везаног угљеника у земљишту

Како би се боље сагледали мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања, процењене су резерве везаног угљеника у земљишту. На потенцијал земљишта да везује и складишти угљеник, поједине особине земљишта су од посебног значаја. Као најбитније издвајају се дубина земљишног профила и дебљина А-хоризонта. Са становишта везивања и

складиштења атмосферског угљеника у земљишту, површински А-хоризонт је од посебне важности, јер је место највеће концентрације везаног угљеника у земљишту (Spain et al., 1983; Burke et al., 1989). Од значаја за везивање и резерве везаног угљеника су и количина и карактеристике шумске стеље (пре свега, рН), рН земљишта, садржај глине, хумуса, органског угљеника, азота, однос C/N.

У табелама: Табела 6.13., Табела 6.14. и Табела 6.15. дате су резерве везаног угљеника у земљишту за сваки од третмана.

Табела 6.13. Резерва везаног угљеника у земљишту приказана по слојевима и у стељи на огледним пољима пошумљеним багремом на јаме

Огледно поље	RezC у земљишту t·ha ⁻¹	RezC у А-хоризонту t·ha ⁻¹	RezC у слоју 0-5 cm t·ha ⁻¹	RezC у стељи t·ha ⁻¹
1	65,3	19,2	11,9	12,2
4	28,6	19,8	13,1	26,9
7	29,4	18,8	16,6	29,2
8	36,4	17,3	17,3	15,7
10	20,6	20,6	14,4	12,7

Табела 6.14. Резерва везаног угљеника у земљишту приказана по слојевима и у стељи на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме

Огледно поље	RezC у земљишту t·ha ⁻¹	RezC у А-хоризонту t·ha ⁻¹	RezC у слоју 0-5 cm t·ha ⁻¹	RezC у стељи t·ha ⁻¹
5	27,6	27,6	9,1	49,1
11	36,6	36,6	16,0	18,7
12	9,7	9,7	9,7	13,7

Табела 6.15. Резерва везаног угљеника у земљишту приказана по слојевима и у стељи на огледним пошумљеним црним бором на градоне

Огледно поље	RezC у земљишту t·ha ⁻¹		RezC у А-хоризонту t·ha ⁻¹		RezC у слоју 0-5 cm t·ha ⁻¹		RezC у стељи t·ha ⁻¹	
	уг	иг	уг	иг	уг	иг	уг	иг
2	89,0	65,6	24,2	0,0	17,0	8,6	41,1	29,8
3	115,4	31,1	115,4	31,1	11,7	9,1	54,9	33,9
6	37,6	26,6	15,4	10,5	15,4	10,5	24,0	18,8
9	12,2	16,0	12,2	16,0	7,4	11,0	35,9	42,6

У односу на резерву везаног угљеника у земљишту, уочава се да су највеће количине угљеника ускладиштене у земљишту под црним бором сађеним на градоне, а најмање под црним бором сађеним на јаме. У профилима отвореним у градону, акумулира се више угљеника него у профилима између градона.

Према добијеним резултатима, у стељи се веже највише угљеника, а одмах затим у А-хоризонту, што је уочено у свим третманима. У погледу резерве везаног угљеника по слојевима земљишта и у стељи најбољи резултати су добијени у профилима отвореним у градону.

6.1.2.2. Утицај начина пошумљавања на особине земљишта и резерву везаног угљеника у земљишту

6.1.2.2.1. Утицај врсте за пошумљавање на физичке и хемијске особине земљишта и резерву везаног угљеника у земљишту

Утицај врста за пошумљавање на особине земљишта испитиван је анализом варијансе.

Анализа варијансе појединих особина земљишта на огледним пољима под багремом и црним бором показала је статистички значајно већи садржај глине у целом профилу земљишта ($p < 0,05$), А-хоризонту ($p < 0,05$) и слоју 0-5 cm ($p < 0,01$)

на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме ($14,2 \pm 1,8$; $14,2 \pm 1,8$ и $13,1 \pm 1,4\%$) у односу на огледна поља пошумљена багремом на јаме ($10,4 \pm 0,8$; $9,2 \pm 0,8$ и $8,4 \pm 0,7\%$).

На огледним пољима под црним бором сађеним на јаме су статистички значајно више вредности рН у земљишту ($p < 0,01$), А-хоризонту ($p < 0,01$) и слоју 0-5 cm ($p < 0,01$), док је у стељи рН више на огледним пољима под багремом ($p < 0,01$). Узевши у обзир да су огледна поља пошумљена црним бором на јаме на хумусно-силикатном земљишту на дацитима и туфу, а огледна поља пошумљена багремом на јаме углавном на киселом смеђем земљишту на шкриљцима, значајна разлика у рН – вредностима земљишног раствора је условљена особинама матичног супстрата, а не утицајем врсте којом је пошумљавано. Вредност рН стеље под црним бором је очекивано нижа, узевши у обзир да је већа киселост (нижа вредност рН) једна од главних одлика стеље црног бора.

Садржај хумуса у стељи и угљеник у стељи су статистички значајно већи на огледним пољима под црним бором ($p < 0,01$) и износе: $82,2 \pm 1,6\%$ и $47,5 \pm 0,9\%$, а на огледним пољима под багремом су: $64,0 \pm 2,4\%$ и $37,1 \pm 1,4\%$. Овакав резултат је очекиван, ако се узме у обзир да се стеља црног бора спорије разлаже, при чему се формира дебљи органски слој (De Marco et al., 2012).

На огледним пољима под црним бором нађено је да је однос C/N шири него на огледним пољима под багремом и износи $11,1 \pm 0,8$ у целом земљишном профилу ($p < 0,05$), $11,8 \pm 0,9$ у слоју 0-5 cm ($p = 0,06$) и $50,6 \pm 7,1$ у стељи ($p < 0,01$). Док је однос C/N на огледним пољима под багремом у целом профилу земљишта $9,5 \pm 0,3$, у слоју 0-5 cm је $10,0 \pm 0,4$, а у стељи износи $22,4 \pm 1,4$.

Посматрајући садржај N у земљишту, слоју 0-5 cm и стељи, уочава се да је на огледним пољима под багремом статистички значајно већи ($p < 0,01$) и то: $0,3 \pm 0,02$; $0,3 \pm 0,02$ и $1,7 \pm 0,1\%$. Багрем је врста која има способност везивања атмосферског азота и као таква обогаћује земљиште овом елементом, стога

овакав резултат потврђује чињеницу да стеља багрема садржи више азота (Qui et al., 2010) и његово кружење је брже у односу на стељу врста које нису азотофикстори (Tateno et al., 2007). Сличан ефекат су уочили Panagoroulos и Nazistathis (1995) анализирајући утицај пошумљавања багремом и црним бором на рудницима лигнита на генезу и неке особине земљишта.

Анализом варијансе на огледним пољима пошумљеним багремом и црним бором добијено је да се под багремом у целом профилу земљишта акумулира више угљеника ($36,0 \pm 5,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) у односу на огледна поља под црним бором ($24,6 \pm 5,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) ($p=0,180$). Слично је и у слоју 0-5 cm ($p=0,160$): под багремом се акумулира $14,7 \pm 1,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, а под црним бором $11,6 \pm 1,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

У А-хоризонту је обрнуто, наиме, већа је акумулација угљеника на огледним пољима под црним бором ($p=0,200$). Разлог томе је да се у А-хоризонту везује и акумулира више органског угљеника у односу на дубље слојеве земљишта. Анализа варијансе показује да је статистички значајно већа ($p<0,01$) дебљина А-хоризонта на огледним пољима пошумљеним црним бором ($20,0 \pm 4,4 \text{ cm}$) у односу на огледна поља пошумљена багремом ($8,7 \pm 1,2 \text{ cm}$). Претходно наведено је у складу са истраживањима Spain et al. (1983), Burke et al. (1989), Lorenz и Lal (2005) и Лукић et al. (2010) према којима је највећа акумулација угљеника у А-хоризонту земљишта до дубине од 20-30 cm, иако и дубљи хоризонти имају капацитет за везивање органског угљеника.

6.1.2.2.2. Утицај методе пошумљавања на физичке и хемијске особине земљишта и резерву везаног угљеника у земљишту

Поредећи особине земљишта на огледним пољима пошумљеним различитим методама, нађене су статистички значајне разлике у рН земљишта ($p<0,05$), А- хоризонта ($p=0,09$) и слоја 0-5 cm ($p<0,05$), где су вредности рН веће

на огледним пољима сађеним на јаме, док у погледу рН стеље нема статистички значајне разлике.

На огледним пољима пошумљеним на јаме је статистички значајно већи садржај хумуса у стељи ($82,2 \pm 1,6\%$; $p < 0,05$) и угљеник у стељи ($47,5 \pm 0,9\%$; $p < 0,05$) у односу на огледна поља пошумљена на градоне ($69,9 \pm 4,1\%$; $40,5 \pm 2,4\%$).

Поредећи резерве везаног угљеника у земљишту на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме ($24,6 \pm 5,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) и на градоне у профилима између градона ($21,8 \pm 4,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), као ни у А-хоризонту (јаме: $24,6 \pm 5,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; између градона: $14,4 \pm 6,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) и слоју 0-5 cm (јаме: $11,6 \pm 1,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; између градона: $9,8 \pm 0,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) нема статистички значајних разлика.

Међутим, у погледу резерве везаног угљеника у целом земљишном профилима у градону ($63,5 \pm 23,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), уочава се статистички значајна разлика ($p = 0,090$) у односу на профиле у јамама ($24,6 \pm 5,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), док то није случај у А-хоризонту (јаме: $24,6 \pm 5,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; у градону: $41,8 \pm 24,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) и слоју 0-5 cm (јаме: $11,6 \pm 1,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; у градону: $12,9 \pm 2,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Овакав резултат указује на то да је приликом припреме земљишта и садње на градонима дошло до прерасподеле везаног угљеника у земљишту, тако што је угљеник из А-хоризонта, као хоризонта највеће акумулације, делом премештен у дубље слојеве, на тај начин повећао укупну количину везаног угљеника када се посматра профил земљишта читавом дубином.

6.1.2.3. Веза између особина земљишта и резерве везаног угљеника у земљишту

Анализирајући утицај особина земљишта на резерве везаног угљеника у земљишном профилима ($RezC_{zem}$) на огледним пољима под баграмом сађеним на јаме, нађена је зависност резерве везаног угљеника у земљишту и дебљине А-

хоризонта, рН земљишта и класе нагиба земљишта која је представљена је функцијом:

$$\text{RezC}_{\text{zem}} = -43,88 + 4,460 \cdot \text{KlasaNagiba} + 9,242 \cdot \text{pH}_{\text{zem}} + 0,559 \cdot \text{Ah},$$

где је:

RezC_{zem} – резерва везаног угљеника у земљишту ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

KlasaNagiba – класа нагиба земљишта

(према класификацији Костадинов et al., 20086),

pH_{zem} – рН земљишног раствора,

Ah – дебљина А-хоризонта (cm).

Овај модел објашњава 68,60% варијабилности акумулираног угљеника у узорку и нема значајне аутокорејације у узорку ($DW > 1,4$).

Сви елементи испитане функције имају значајан утицај на резерву везаног угљеника у земљишном профилу ($p < 0,05$) код пошумљавања багретом на јаме.

Количина акумулираног угљеника у А-хоризонту (RezC_A) зависи од: количине хумуса у А-хоризонту, рН А-хоризонта, класе нагиба земљишта и дебљине А-хоризонта, што објашњава функција вишеструке регресије:

$$\text{RezC}_A = 321,16 + 14,764 \cdot \text{Hum}_A - 73,384 \cdot \text{pH}_A - 1,681 \cdot \text{Ah} + 45,199 \cdot \text{KlasaNagiba},$$

где је:

RezC_A – резерва везаног угљеника у А-хоризонту ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

Hum_A – садржај хумуса у А-хоризонту,

pH_A – рН А-хоризонта,

Ah – дебљина А-хоризонта (cm),

Klasa Nagiba – класа нагиба земљишта

(према класификацији Костадинов et al., 20086).

Овај модел објашњава 94,04% варијабилности акумулираног угљеника у узорку, без значајне аутокорелације у узорку ($DW > 1,4$). Елементи испитиване функције имају значајан утицај на резерву везаног угљеника у А-хоризонту ($p < 0,05$) на површинама пошумљеним багретом на јаме.

Осим тога, у земљишту на огледним пољима пошумљеним багретом на јаме, нађено је да садржај глине у А-хоризонту утиче на резерву везаног угљеника у А-хоризонту и то:

$$\text{RezC}_A = -8,916 + 5,365 \cdot \text{Glina}_A,$$

где је:

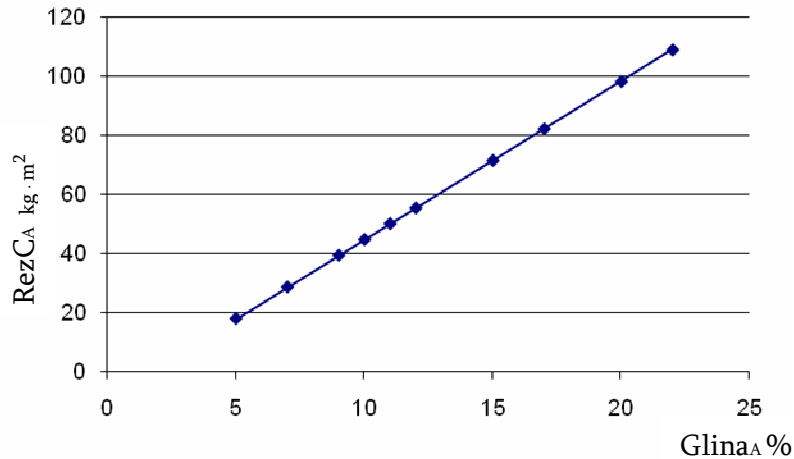
RezC_A – резерва везаног угљеника у А-хоризонту ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

Glina_A – садржај глине у А-хоризонту (%).

Модел објашњава 55,59% варијабилности резерве везаног угљеника у А-хоризонту. Веза између променљивих је јака (коэффициент корелације је 0,746), а статистички значај утицаја садржаја глине у А-хоризонту на резерву везаног угљеника у А-хоризонту је на нивоу значајности 95% ($p < 0,05$).

Од више анализираних модела који представљају природу зависности линеарни модел функције најбоље представља везу између количине акумулираног угљеника и садржаја глине у А-хоризонту.

На бази статистичких параметара изабране функције закључује се да количина угљеника у А-хоризонту значајно расте са повећањем садржаја глине. (Слика 6.1)



Слика 6.1. Линеарна функција садржаја акумулираног угљеника у А-хоризонту (Rez_{CA}) и садржаја глине у А-хоризонту ($Glin_{A}$)

Утицај текстуре земљишта, а посебно садржај глине Jobbágy и Jackson (2000) истичу као значајан фактор за укупан садржај везаног угљеника у земљишту. Према овим ауторима, са порастом садржаја глине, расте и садржај везаног угљеника тако што глина стабилизује везани угљеник. Глина стабилизује органски угљеник кроз два процеса. Прво, органски угљеник се везује за површину честица глине, што успорава деградацију. Глина са великим адсорпционим капацитетом као што је монтморилонит, задржава органске молекуле. Друго, земљишта са већим садржајем глине имају већи потенцијал за формирање агрегата, који хватају органски угљеник и физички га штите од деградације микроорганизама. (Rice, 2002)

Анализирајући утицај особина земљишта на резерву везаног угљеника у земљишту код пошумљавања црним бором на јаме нађено је да садржај глине у земљишту утиче на резерву везаног угљеника у земљишту и ту везу најбоље представља реципрочни-Х модел функције:

$$\text{RezC}_{\text{Zem}} = 59,8215 - \frac{457,769}{\text{Glina}_{\text{Zem}}},$$

где је:

RezC_{Zem} – резерва везаног угљеника у земљишту ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)

$\text{Glina}_{\text{Zem}}$ – садржај глине у земљишту (%).

Овај модел објашњава 89,44% варијабилности. Веза између променљивих је јака што показује коефицијент корелације који износи -0,946, а $p < 0,01$ указује да је утицај садржаја глине у земљишту на резерву везаног угљеника у земљишту статистички значајан на нивоу поверења 99%.

Резерва везаног угљеника у А-хороизонту земљишта под црним бором сађеним на јаме зависи од дебљине А-хороизонта и најбоље је представљена моделом функције S-криве:

$$\text{RezC}_A = \exp\left(3,96441 - \frac{12,7354}{Ah}\right)$$

где је:

RezC_A – резерва везаног угљеника у А-хороизонту ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$),

Ah – дебљина А-хороизонта (cm).

Модел објашњава 97,30% варијабилности. Веза између променљивих је јака на шта указује коефицијент корелације који износи -0,986. Дебљина А-хороизонта статистички значајно утиче на резерву везаног угљеника у А-хороизонту на нивоу поверења 99% ($p < 0,01$).

Нађено је да резерва везаног угљеника у стељи огледних поља под црним бором сађеним на јаме зависи од класе нагиба земљишта, што је најбоље приказано моделом логаритамске-Х функције:

$$\text{RezC}_{\text{O1}} = 48,65 - 46,9561 \cdot \ln(\text{KlasaNagiba}),$$

где је:

RezC_{O1} – резерва везаног угљеника у стељи ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

KlasaNagiba - класа нагиба земљишта

(према класификацији Костадинов et al., 20086).

Овај модел објашњава 92,47% варијабилности. Коефицијент корелације који износи -0,962 указује на јаку везу између променљивих. Статистички значај утицаја класе нагиба земљишта на резерву везаног угљеника у стељи је на нивоу значајности 99% ($p < 0,01$).

У земљишту на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне нађено је да резерва угљеника у земљишту зависи од рН земљишта, садржаја глине у земљишту и моћности А-хоризонта и представљена је функцијом вишеструке регресије:

$$\text{RezC}_{\text{Zem}} = -627,487 + 81,0783 \cdot \text{pH}_{\text{Zem}} + 5,40632 \cdot \text{Ah} + 12,3688 \cdot \text{Glinazem},$$

где је:

RezC_{Zem} – резерва везаног угљеника у земљишту ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

pH_{Zem} – рН земљишног раствора,

Ah – дебљина А-хоризонта (cm)

Glinazem – садржај глине у земљишту (%).

Овај модел објашњава 82,54% варијабилности резерве везаног угљеника у земљишту. Нема значајне ауторкорелације у узорку што показује вредност $DW > 1,4$. Елементи функције имају значајан утицај на резерву везаног угљеника у земљишту на нивоу значајности 90% ($p < 0,10$).

Резерва везаног угљеника у А-хоризонту земљишта је у функцији рН А-хоризонта, садржаја хумуса у А-хоризонту и моћности А-хоризонта:

$$\text{RezC}_A = 0,0966935 - 7,16455 \cdot \text{pH}_A + 9,9783 \cdot \text{Hum}_A + 2,09573 \cdot \text{Ah}$$

где је:

RezC_A – резерва везаног угљеника у А-хоризонту ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

pH_A – рН А-хоризонта,

Hum_A – садржај хумуса у А-хоризонту (%),

Ah – дебљина А-хоризонта (cm).

Модел објашњава 96,93% варијабилности резерве везаног угљеника у А-хоризонту и у узорку нема аутокорељације ($DW > 1,4$). Сви елементи функције имају утицај на величину резерве везаног угљеника у земљишту на нивоу значајности 90% ($p < 0,10$).

На огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне дебљина А-хоризонта има значајан утицај на резерву везаног угљеника у А-хоризонту који се најбоље може приказати линеарним моделом функције:

$$\text{RezC}_A = -1,91196 + 2,10663 \cdot \text{Ah},$$

где је:

RezC_A – резерва везаног угљеника у А-хоризонту ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

Ah – дебљина А-хоризонта (cm).

Модел објашњава 90,22% варијабилности резерве везаног угљеника у А-хоризонту, а веза између променљивих је јака, на шта указује коефицијент корелације који износи 0,950. Утицај дебљине А-хоризонта на резерву везаног

угљеника у А-хоризонту је статистички значајан на нивоу поверења 99% ($p < 0,01$).

Из приказаних једначина регресије види се да моћност А-хоризонта у свим третманима има утицај на резерву везаног угљеника у земљишту и у А-хоризонту земљишта. Вредности рН земљишта и А-хоризонта, такође имају утицај на везивање и акумулацију угљеника у земљишту.

Садржај глине у земљишту значајно утиче на везивање угљеника у случају оба третмана црним бором. У случају пошумљавања багремом на јаме, садржај глине у А-хоризонту и садржај хумуса у А-хоризонту утичу на резерву везаног угљеника и А-хоризонту.

Класа нагиба је значајна за везивање и акумулацију угљеника у земљишту и А-хоризонту код пошумљавања багремом на јаме и за резерву везаног угљеника у стељи код пошумљавања црним бором на јаме. Према добијеним регресионим једначинама код пошумљавања црним бором на градоне, утицај класе нагиба на везивање и акумулацију угљеника у земљишту и стељи није потврђен.

6.1.2.4. Тешки метали у проучаваним земљиштима

Тешки метали су хемијски елементи чија је густина атома већа од $5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, а атомски број већи од 20. Поједини тешки метали су неопходни за живе организме, тзв. биогени елементи. Они до одређене концентрације делују повољно на продуктивност биљака и других живих организама и у њих спадају Zn и Cu, који су обухваћени овим истраживањем. Међутим, већина тешких метала је значајан загађивач животне средине (Секулић et al., 2003). Неки аутори користе термин „токсични метали“ издвајајући тешке метале који нису биогени и делују искључиво токсично, а Cd и Pb спадају у такве. Узевши у

обзир да уз токсичне метале (Pb и Cd) и биогени елементи (Zn и Cu) показују токсична својста у количинама већим од оних које су потребне за живот организама, спадају у опасне загађиваче животне средине.

Тешки метали су присутни у траговима у свим незагађеним земљиштима као резултат распадања матичног супстрата, као елементи у траговима (Белановић, 2006). Без обзира да ли су биогени елементи или токсични метали, сви овим истраживањем обухваћени елементи (Zn, Cu, Pb и Cd) су штетни, када су њихове приступачне форме присутне у земљишту у великим количинама.

У погледу токсичности проучавани тешки метали имају следећи редослед: Cu>Cd>Zn>Pb (Секулић et al., 2003).

6.1.2.4.1. Концентрације и индикаторске вредности приступачности тешких метала у проучаваном земљишту

Концентрација тешких метала у проучаваним земљиштима за O1, слој 0-5 cm, A-хоризонт и цео земљишни профил, приказне су за сваки елемент посебно и упоређене са максимално прихватљивим концентрацијама (MPC) за шумске екосистеме Србије (Кадовић и Кнежевић, 2002) (Табела 6.16.) и критичним концентрацијама тешких метала у земљишту која важе у земљама Европске уније и сагласна су са критичним ограничењима за органске и минералне слојеве према (Tyler, 1992; Witer, 1992; Kabata-Pendias и Pendias, 1984) (Табела 6.17.). Критичне концентрације тешких метала могу се дефинисати као оне количине испод којих тешки метали неће изазвати штетне последице на поједине компоненте екосистема по данашњим сазнањима (Белановић, 2006).

Табела 6.16. Максимално прихватљиве концентрације тешких метала (МРС) за шумске екосистеме Србије (Кадовић и Кнежевић, 2002)

Елемент	МРС (mg·kg ⁻¹)	
	органски слој	минерални слој
Zn	38,02	44,67
Cu	14,45	16,98
Pb	35,48	39,81
Cd	0,69	0,69

*Извор: Кадовић, Кнежевић, 2002.

Табела 6.17. Критичне концентрације тешких метала у земљишту

Елемент	Критичне концентрације (mg·kg ⁻¹)		
	органски слој ⁽¹⁾	минерални слој	мултифункционално коришћење ⁽⁴⁾
Zn	300	170 ⁽²⁾	50-200
Cu	20	60 ⁽³⁾	30-70
Pb	500	100-400 ⁽³⁾	32-100
Cd	3,5	3-8 ⁽³⁾	0,3-2,0

⁽¹⁾Tyler (1992), ⁽²⁾ Witer (1992), ⁽³⁾Kabata-Pendias и Pendias (1989), ⁽⁴⁾de Vries и Bakker (1998)

*Извор: Белановић, 2006.

Приказане су и граничне и ремедијационе вредности у складу са Уредбом о програму систематског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма (Сл. гласник РС 88, 2010). Граничне вредности су на нивоу природног фона елемената, док се у односу на ремедијационе вредности утврђује неопходност примене програме ремедијације.

Уредбом је прописана корекциона формула за процену граничних и ремедијационих концентрација тешких метала у земљишту у зависности од садржаја глине и органске материје у земљишту:

$$(SW, IW)_b = (SW, IW)_{sb} \cdot [A + (B \cdot \% \text{ глине}) + (C \cdot \% \text{ органске материје})] / [A + (B \cdot 25) + (C \cdot 10)]$$

где је:

$(SW, IW)_b$ – коригована гранична вредност за одређено земљиште,

$(SW, IW)_{sb}$ – гранична или ремедијациона вредност из табеле,

% gline – измерен проценат глине у одређеном земљишту

(величина честице < 2 μ m)

% organske materije – измерен проценат органске материје у

одређеном земљишту,

A, B, C – константе зависне од врсте метала (Табела 6.18.).

Табела 6.18. Константе у зависности од врсте метала:

Елемент	A	B	C
Zn	50	3	1,5
Cu	15	0,6	0,6
Pb	50	1	1
Cd	0,4	0,007	0,021

*Извор: Службени гласник РС 88, 2010.

Овако добијене вредности упоређене су са граничним и ремедијационим вредностима прописаним Уредбом (Табела 6.19.).

Табела 6.19. Граничне и ремедијационе вредности концентрације опасних и штетних материја и вредности које могу указати на значајну контаминацију земљишта

Елемент	Земљиште ($mg \cdot kg^{-1}$ апсолутно суве материје)	
	Гранична вредност	Ремедијациона вредност
Zn	10	720
Cu	36	190
Pb	85	530
Cd	0,8	12

*Извор: Службени гласник РС 88, 2010.

Индикаторске вредности приступачности (I_{nm}) за процену квалитета земљишта са становишта угрожености и биолошке приступачности тешких метала (Vanmechelen et al., 1997) су израчунате према следећем изразу:

$$I_{\text{HM}} = \frac{M \cdot R_{\text{pH}}}{\text{CEC}_c}$$

где је:

R_{pH} – вредност за релативну мобилност у функцији од рН (CaCl_2) (Табела 6.20.)

CEC_c – класа СЕС за површинске слојеве (Табела 6.21.)

M – концентрација тешких метала (Zn, Pb, Cd) у органском слоју.

Дистрибуција класа приступачности Zn, Pb и Cd по Vanmechelen et al. (1997) дата је у Табели 6.22.

Табела 6.20. Релативна покретљивост Zn, Pb и Cd у функцији од рН (CaCl_2) по Vanmechelen et al. (1997)

рН (CaCl_2)	Релативна покретљивост		
	Zn	Pb	Cd
7,5	1	1	1
6,5	1	1	1
5,5	1,5	1	2
4,5	2	1	5
3,5	5	1,5	10
2,5	10	2	25

*Извор: Кадовић, Кнежевић, 2002.

Табела 6.21. Граничне вредности за класе СЕС по Vanmechelen et al. (1997)

Класа	СЕС $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$
1	$\leq 2,0$
2	2,1-5,0
3	5,1-10,0
4	10,1-20,0
5	$> 20,0$

*Извор: Кадовић, Кнежевић, 2002.

Табела 6.22. Дистрибуција класа приступачности Zn, Pb и Cd (ранг индикаторске вредности I_{NM}) по Vanmechelen et al. (1997)

Класе приступачности	Zn	Pb	Cd
ризик од дефицита	$\leq 34,7$		
ниска	34,8-95,5	$\leq 21,0$	$\leq 1,8$
средња	95,6-221,0	21,1-57,5	1,9-5,2
висока	221,1-625,0	57,6-303,3	5,3-16,0
ризик од токсичности	$> 625,0$	$> 303,4$	$> 16,0$

*Извор: Кадовић, Кнежевић, 2002.

Приказане су просечне и медијан вредности садржаја тешких метала у земљишту пошумљеном различитим врстама и методама, као и фактор односа садржаја тешких метала у органском и минералном слоју земљишта. Фактор M_{org}/M_{min} је представља однос медијан вредности тешких метала у органским слојевима и у орвано-минералним слојевима и омогућава закључивање у вези премештања тешких метала из горњих органских у ниже минералне слојеве земљишта (Кадовић и Кнежевић, 2002). Вредности фактора M_{org}/M_{min} мање од јединице значе да је садржај тешких метала у органским слојевима нижи.

6.1.2.4.1.1. Цинк (Zn) у проучаваном земљишту

Садржај Zn у земљишту, према Adriano-у (1986), највише зависи од природе матичне стене, органске материје, текстуре и рН-вредности земљишта (Белановић, 2006). Адсорпција Zn се повећава са повећањем СЕС, рН-вредности и присуством CaCO₃, тако су земљишта формирана на базичним стенама богатија Zn од земљишта формираних на гранитима, гнајсевима и др. При високим вредностима рН, више Zn се адсорбује на позицијама са којих није лако заменљив.

Органска материја гради комплексе са Zn, који су најважнији извор растворљивог Zn у земљиштима са високом рН (Кадовић и Кнежевић, 2002).

Посматрајући концентрације тешких метала у земљишту у поређењу са максимално прихватљивим концентрацијама МРС за шумске екосистеме Србије (Кадовић и Кнежевић, 2002) и критичним концентрацијама тешких метала у земљишту (Tyler, 1992; Witer, 1992; Kabata-Pendias и Pendias, 1984) уочено је да су измерене концентрације цинка (Табела 6.23.) у органском слоју у профилима 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22 и 24 више од МРС, док су у односу на критичне испод дате вредности. У минералном слоју вредности у свим профилима посматрано за цео профил, А-хоризонт и слој 0-5 cm изнад МРС, а у односу на критичне вредности су испод, сем у профилима 3 и 4, где прелазе критичне вредности посматрано у целом профилу, А-хоризонту и слоју 0-5 cm. Међутим, овако добијене вредности у поменутиим профилима нису последица загађења Zn, већ природног фона матичне стене на подручју на коме се налази ово огледно поље (ОП 2, Предејанска река).

Табела 6.23. Концентрација **Zn** у земљишту и појединим слојевима према врсти и методи пошумљавања

В М з	багрем					црни бор				УГ	градони			
	јаме					јаме					градони			
	О1	0-5	А	Зем	О1	0-5	А	Зем		О1	0-5	А	Зем	
1	11,13	72,84	75,12	73,25	10	48,33	53,04	53,31	53,31	3	21,71	374,14	399,30	419,81
2	7,09	72,32	72,03	73,69	11	54,51	53,14	62,26	62,26	5	29,78	67,89	64,30	64,30
8	50,73	50,23	50,84	49,93	22	44,87	50,10	48,66	48,66	12	56,18	48,66	48,66	51,24
9	44,21	49,43	50,33	49,92	23	37,36	49,82	48,80	48,80	18	47,45	98,65	94,37	94,37
14	49,90	59,19	59,19	57,63	24	46,07	50,94	50,94	50,94	ИГ				
15	45,75	50,06	50,06	47,30	25	37,33	51,29	51,29	51,29	4	169,22	542,59	0,00	580,66
16	45,28	49,38	49,38	50,06						6	20,62	60,96	55,44	55,44
17	43,71	55,08	55,08	52,76						13	48,67	55,35	55,35	56,46
20	29,79	46,38	46,26	46,26						19	44,51	87,42	87,46	87,46
21	33,06	48,16	47,43	47,43										

*МРС – максимално прихватљиве концентрације (Кадовић и Кнежевић, 2002)

Према препорукама из Уредбе, прорачунате су граничне и ремедијационе вредност за Zn и добијене вредности су дате у Табели 6.24.

Табела 6.24. Измерене концентрације Zn у односу на кориговане граничне и ремедијационе вредности

о п	пр	багрем			оп	п	црни бор			оп	пр	градони		
		јаме					јаме					градони		
		Zn (mg·kg ⁻¹)					Zn (mg·kg ⁻¹)					Zn (mg·kg ⁻¹)		
		изм	гра	рем		изм	гран	рем		изм	гран	рем		
1	1	73,2	91,6	471,5	5	10	53,3	89,93	462,4	УГ				
	2	73,6	90,9	467,8		11	62,2	105,6	543,1	2	3	419,8	92,05	473,4
4	8	49,9	76,2	392,2	11	22	48,6	108,8	559,6	3	5	64,30	79,54	409,0
	9	49,9	86,9	447,0		23	48,8	112,1	576,7	6	12	51,24	97,72	502,5
7	14	57,6	78,1	401,9	12	24	50,9	84,65	435,3	9	18	94,37	84,93	436,7
	15	47,3	73,8	379,9		25	51,2	83,98	431,8	ИГ				
8	16	50,0	86,1	442,9						2	4	580,6	84,13	432,6
	17	52,7	82,2	422,7						3	6	55,44	72,14	371,0
10	20	46,2	93,9	483,0						6	13	56,46	106,3	547,1
	21	47,4	93,1	478,9						9	19	87,46	84,92	436,7

Кориговане граничне и ремедијационе вредности показују да ова земљишта у складу са својим особинама имају мањи капацитет апсорпције Zn у односу на граничне и ремедијационе вредности дате у Табели 6.19. Али и поред тога, према добијеном може се закључити да проучавана земљишта нису загађена Zn. Измерене високе концентрације Zn у земљишту на огледном пољу 2 (профили 3 и 4), су последица природног фона матичне стене, а на огледном

пољу 9 (профили 18 и 19), измерене концентрације Zn незнатно изнад граничне вредности може бити последица положаја огледног поља 9 које налази непосредно испод шумског пута.

Према индикаторским вредностима $I_{\text{нм}}$ за Zn (Табела 6.25.) у односу на класе приступачности тешких метала по Vanmechelen et al. (1997) добијено је да на проучаваном подручју нема значајне угрожености Zn.

Табела 6.25. Индикаторске вредности $I_{\text{нм}}$ за Zn дате за профил земљишта и поједине слојеве и дистрибуција класа приступачности по Vanmechelen et al. (1997)

ОП	багрем јаме					црни бор					градони			
	пр.	Зем	А-х	0-5	ОП	пр.	Зем	А-х	0-5	ОП	пр.	Зем	А-х	0-5
1	1	44,9	39,1	29,1	5	10	19,0	18,9	19,9	УГ				
	2	39,6	38,7	34,7		11	23,0	23,0	17,3		2	3	178,4	149,7
4	8	31,2	25,4	23,9	11	22	17,0	17,0	16,1	3	5	85,7	87,9	39,4
	9	24,3	18,9	17,3		23	15,1	15,1	12,5		6	12	25,2	18,3
7	14	22,5	19,8	19,7	12	24	11,7	11,7	11,7	9	18	46,0	46,0	44,4
	15	31,9	28,8	27,5		25	14,4	14,4	14,4			ИГ		
8	16	28,8	28,4	27,2		ризик од дефицита				2	4	211,9	0,0	192,6
	17	36,9	25,3	25,3		ниска класа приступач.					3	6	27,0	27,0
10	20	19,7	19,9	14,6		средња класа приступ.				6		13	28,9	26,2
	21	20,7	20,5	15,1		висока класа приступ.					9	19	37,2	37,4

Посматрајући цео профил, приступачност Zn је у већини профила, такође у класи ризика од дефицита. У осталим профилима је у класи ниске приступачности, осим у профилима у Предејанској реци, где је у класи средње приступачности са 178,4 и 211,9.

У А-хоризонту у већини профила присуство Zn је, према вредностима $I_{\text{нм}}$ у класи ризика од дефицита. У осталим профлима $I_{\text{нм}}$ је у класи ниске приступачности, осим у А-хоризонту профила 3 у Предејанској реци где је $I_{\text{нм}}$ 149,7 и налази се у класи средње приступачности. У слоју 0-5 см, за већину профила класа приступачности је у ризику од дефицита, док остали профили припадају класи ниске приступачности, осим профила 3 и 4 у Предејанској реци где са $I_{\text{нм}}$ 108,5 и 192,6 припадају средњој класи приступачности.

6.1.2.4.1.2. Бакар (Cu) у проучаваном земљишту

Cu је један од најслабије покретљивих тешких метала у земљишту. Растворљивост, мобилност и приступачност Cu биљкама, највише зависи од рН земљишта и то: приступачност Cu је драстично редукована при рН вредностима изнад 7, док постаје лако приступачан при рН<6, а нарочито при рН<5 (Adriano, 1986). Органска материја има велики ефекат на специјалну адсорпцију, јер се више Cu адсорбује са повећањем рН.

Измерана концентрација Cu дата је у Табели 6.26. и у органском слоју концентрација Cu прелази MPC у профилима 4, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22 и 23. У минералном слоју земљишта посматраном у целини и по појединим профилима концентрације Cu су изнад MPC у профилима 2, 3, 4, 9, 17, 18 и 19, а у профилу 1 концентрација је изнад MPC само посматрајући цео профил. Концентрација Cu већа је од критичне вредност у органском слоју у профилима 4, 11, 12, 15, 16 и 17, док у минералном слоју концентрација Cu не прелази граничну вредност.

Табела 6.26. Концентрација **Cu** у земљишту и појединим слојевима према врсти и методи пошумљавања

В М з	багрем					црни бор					градони				
	јаме					јаме					градони				
	ОI	0-5	А	Зем		ОI	0-5	А	Зем	УГ	ОI	0-5	А	Зем	
1	12,82	16,58	16,61	18,51	10	19,13	8,40	7,67	7,67	3	9,32	44,63	46,09	46,94	
2	11,57	19,52	20,81	21,41	11	25,49	6,97	6,09	6,09	5	7,28	7,04	6,18	6,18	
8	15,95	14,63	15,00	15,00	22	19,78	5,14	3,78	3,78	12	21,31	10,02	10,02	11,18	
9	11,77	17,11	18,20	18,20	23	14,93	5,17	3,31	3,31	18	10,25	32,78	31,73	31,73	
14	18,31	16,64	16,64	17,60	24	12,71	2,91	2,91	2,91	ИГ					
15	22,97	13,01	13,01	13,67	25	10,48	4,18	4,18	4,18	4	28,71	55,82	0,00	56,60	
16	31,70	14,95	14,95	14,86						6	8,02	6,50	6,00	6,00	
17	32,09	20,61	20,61	18,39							13	17,34	11,04	11,04	11,88
20	10,30	8,22	7,90	7,90						19	9,63	31,32	30,07	30,07	
21	12,93	7,38	7,55	7,55											

*МРС – максимално прихватљиве концентрације (Кадовић и Кнежевић, 2002)

У Табели 6.27. дате су измерене и према Уредби кориговане граничне и ремедијационе вредности за **Cu**.

Табела 6.27. Измерене концентрације **Cu** у односу на кориговане граничне и ремедијационе вредности

О	багрем				ОП	црни бор				ОП	градони			
	јаме					јаме					градони			
	Cu (mg·kg ⁻¹)					Cu (mg·kg ⁻¹)					Cu (mg·kg ⁻¹)			
	пр	изм	гран	рем		пр	из	гран	рем		пр	изм	гран	рем
1	1	18,5	23,9	126,5	5	10	7,6	23,8	125,6		УГ			
	2	21,4	23,7	125,5		11	6,0	26,9	142,0		2	3	46,9	24,3
4	8	15,0	20,9	110,6	11	22	3,7	27,6	146,1	3	5	6,18	22,0	116,5
	9	18,2	23,2	122,8		23	3,3	28,3	149,5		6	12	11,1	25,5
7	14	17,6	21,5	113,6	12	24	2,9	22,9	120,9	9	18	31,7	22,7	120,1
	15	13,6	20,3	107,4		25	4,1	23,1	122,3			ИГ		
8	16	14,8	22,9	121,1						2	4	56,5	22,6	119,3
	17	18,3	22,7	119,9							3	6	6,00	20,2
10	20	7,90	24,8	131,2						6	13	11,8	26,9	142,3
	21	7,55	24,7	130,6							9	19	30,0	23,0

Кориговане граничне и ремедијационе вредности показују да особине проучаваног земљишта имају мањи капацитет адсорпције **Cu** у односу на граничне и ремедијационе вредности дате у Табели 6.19. Измерене концентрације **Cu** су испод коригованих граничних вредности за ово земљиште

и показују да нема загађења Cu . На огледним пољима 2 и 9 измерене концентрације су благо повишене у односу на гранчне.

6.1.2.4.1.3. Олово (Pb) у проучаваном земљишту

Природни садржај Pb у земљишту потиче од матичне стене, док у шумским екосистемима атмосферска депозиција представља главни извор Pb . У шумским екосистемима садржај Pb се, обично, смањује од површине ка дубљим слојевима земљишта. У врло киселим земљиштима уочене су највеће разлике у садржају Pb у органском и минералним слојевима, што указује на већу биолошку приступачност Pb у тим условима (Кадовић и Кнежевић, 2002). Концентрација Pb у земљишном раствору повећава се са повећањем киселости земљишног раствора и са повећањем учешћа органске материје, али врло вероватно и са повећаном концентрацијом S , Cu и Ni .

Измерена концентрација Pb дата је у Табели 6.28. Према добијеним вредностима, концентрација Pb не прелази MPC у органском слоју земљишта у свим профилима, осим у профилу 4. Минералном слоју MPC вредности су премашене у профилима 3, 4, 5, 6 и 20 посматрано у целом профилу и у појединим слојевима. Концентрација Pb у органском слоју земљишта је испод критичне вредности у свим профилима, док у минералном слоју његова концентрација премашује критичну вредност у профилима 3 и 4 посматрајући цео профил и његове поједине слојеве.

Слично као за Zn , повећана концентрација Pb је у земљишту на огледном пољу 2 (профили 3 и 4) је условљена природним фоном матичне стене и није последица загађености Pb на овом подручју. Док је измерена концентрација Pb у органском слоју земљишта на овом огледном пољу испод граничних вредности.

Табела 6.28. Концентрација **Pb** у земљишту и појединим слојевима према врсти и методи пошумљавања

В М з	багрем јаме				црни бор									
	ОП	0-5	А	Зем	ОП	0-5	А	Зем	UG	ОП	градони			
											0-5	А	Зем	
1	8,89	22,37	21,71	20,20	10	5,69	30,33	34,74	34,74	3	23,86	226,86	245,40	172,86
2	7,79	20,52	17,28	18,50	11	9,61	33,01	32,56	32,56	5	9,44	55,71	50,46	50,46
8	8,88	25,21	24,12	24,12	22	8,43	16,45	14,92	14,92	12	12,26	11,27	11,27	10,21
9	5,41	23,94	22,82	22,82	23	1,30	17,71	14,52	14,52	18	8,06	22,23	20,63	20,63
14	5,06	9,51	9,51	7,54	24	7,85	11,19	11,19	11,19	IG				
15	5,57	7,33	7,33	6,03	25	2,03	9,46	9,46	9,46	4	66,78	339,31	0,00	410,08
16	6,18	14,48	14,48	12,21						6	11,74	47,04	46,27	46,27
17	2,69	11,46	11,46	9,72										
20	5,87	52,30	44,80	44,80										
21	3,05	32,51	29,46	29,46										

*MPC – максимално прихватљиве концентрације (Кадовић и Кнежевић, 2002)

Измерене концентрације Pb на проучаваном земљишту не прелазе кориговане граничне и ремедијационе вредности према Уредби (Табела 6.29.), осим на огледном пољу 2 (профили 3 и 4).

Табела 6.29. Измерене концентрације Pb у односу на кориговане граничне и ремедијационе вредности

багрем јаме	ремедијационе вредности													
	Pb (mg·kg ⁻¹)			црни бор јаме			градони			Pb (mg·kg ⁻¹)				
ОП	пр	изм	гран	рем	ОП	пр	изм	гран	рем	ОП	пр	изм	гран	рем
1	1	20,20	64,96	405,07	5	10	34,74	64,67	403,22	2	3	172,86	65,50	408,40
	2	18,50	64,65	403,08		11	32,56	69,85	435,55					
4	8	24,12	59,94	373,71	11	22	14,92	71,14	443,56	3	5	50,46	61,82	385,45
	9	22,82	63,79	397,75		23	14,52	72,23	450,36					
7	14	7,54	60,89	379,68	12	24	11,19	63,20	394,07	9	18	20,63	62,94	392,42
	15	6,03	58,92	367,40		25	9,46	63,65	396,88					
8	16	12,21	63,26	394,43						2	4	410,08	62,70	390,95
	17	9,72	62,87	392,03										
10	20	44,80	66,44	414,24						3	6	46,27	58,74	366,23
	21	29,46	66,25	413,09										

Табела 6.30. Индикаторске вредности $I_{\text{НМ}}$ за Рb дате за профил земљишта и поједине слојеве и дистрибуција класа приступачности по Vanmechelen et al. (1997)

ОП	багрем				ОП	јаме				црни бор			градони		
	пр.	Зем	А-х	0-5		пр.	Зем	А-х	0-5	ОП	пр.	Зем	А-х	0-5	
1	1	5,4	4,8	4,5	5	10	6,9	6,9	6,1	UG					
	2	4,9	4,5	5,1		11	6,5	6,5	6,6		2	3	43,2	61,3	45,4
4	8	6,6	6,0	6,3	11	22	3,0	3,0	3,3	3	5	22,7	22,7	12,8	
	9	5,7	4,6	4,8		23	2,9	2,9	3,5		6	12	2,6	2,3	2,3
7	14	1,5	1,9	1,9	12	24	2,2	2,2	2,2	9	18	5,2	5,2	5,6	
	15	1,7	1,9	1,9		25	1,9	1,9	1,9		IG				
8	16	3,2	3,8	3,8						2		4	102,5	0,0	84,8
	17	2,8	2,4	2,4							3	6	11,6	11,6	11,8
10	20	11,2	11,2	10,5						6	13	2,8	3,2	3,2	
	21	7,4	7,4	6,5							9	19	6,0	6,0	6,5

Индикаторске вредности $I_{\text{НМ}}$ за Рb (Табела 6.30.) показују да је у профилима проучаваних земљишта ниска приступачност овог тешког метала, сем у профилима 3 и 4 у Предејанској реци где је у профилу 3 средња – 43,2 , а у профилу 4 висока – 102,5 и у профилу 5 у Калиманској реци где са 22,7 припада средњој класи приступачности. Посматрајући А-хоризонт, приступачност Рb је у класи ниске, осим у профилу 3 у Предејанској реци непосредно испод пута, где је висока – 61,3. У слоју 0-5 cm, проучавана земљишта су у класи ниске приступачности, сем у профилу 3, где је $I_{\text{НМ}}$ 45,4 и припада срдњој класи приступачности и профилу 4 где је $I_{\text{НМ}}$ 84,4 и припада класи високе приступачности.

6.1.2.4.1.4. Кадмијум (Cd) у проучаваном земљишту

Хемијски састав матичне стене одређује садржај Cd у земљишту, тако све концентрације Cd веће од фонског нивоа од $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, указују на загађивање Cd антропогеним деловањем (Белановић, 2006. цит. Kabata-Pendias, Pendias, 1989). Cd се, углавном, везује за органску материју у минералним земљиштима. Јони Cd обично се адсорбују за органску материју (Vanmechelen et al., 1997), као и за минерале, где се лако могу заменити другим јонима и испрати из земљишта у киселим условима.

Измерене концентрације Cd дате у Табели 6.31., су више у односу на MPC у органском и минералном слоју у профилима 3 и 4, док је концентрација Cd у осталим профилима у органском и минералном слоју испод MPC. Концентрација Cd у свим земљиштима за органски и минерални слој су ниже у односу на критичне вредности концентрације Cd у земљишту.

Табела 6.31. Концентрација Cd у земљишту и појединим слојевима према врсти и методи пошумљавања

В М з	багрем					црни бор				градони				
	ОI	0-5	А	Зем		ОI	0-5	А	Зем	UG	ОI	0-5	А	Зем
1	0,20	0,00	0,00	0,00	10	0,35	0,00	0,00	0,00	3	1,32	1,93	1,91	1,77
2	0,15	0,04	0,02	0,01	11	0,47	0,11	0,04	0,04	5	0,34	0,08	0,05	0,05
8	0,04	0,05	0,03	0,03	22	0,57	0,03	0,01	0,01	12	0,33	0,16	0,16	0,08
9	0,17	0,00	0,02	0,02	23	0,12	0,00	0,00	0,00	18	0,44	0,04	0,02	0,02
14	0,06	0,01	0,01	0,01	24	0,10	0,00	0,00	0,00	IG				
15	0,09	0,00	0,00	0,03	25	0,17	0,00	0,00	0,00	4	2,05	2,70	0,00	2,94
16	0,11	0,12	0,12	0,09						6	0,51	0,18	0,14	0,14
17	0,04	0,00	0,00	0,00						13	0,53	0,01	0,01	0,07
20	0,00	0,03	0,02	0,02						19	0,35	0,12	0,06	0,06
21	0,00	0,00	0,00	0,00										

*MPC – максимално прихватљиве концентрације (Кадовић и Кнежевић, 2002)

Измерене концентрације Cd у проучаваном земљишту не прелазе, према Уредби кориговане граничне и ремедијационе вредности (Табела 6.32.).

Табела 6.32. Измерене концентрације Cd у односу на кориговане граничне и ремедијационе вредности

ОП	багрем					црни бор					градони						
	јаме					јаме					градони						
	пр	изм	гран	рем	ОП	пр	изм	гран	рем	ОП	пр	изм	гран	рем			
		Cd (mg·kg ⁻¹)						Cd (mg·kg ⁻¹)						Cd (mg·kg ⁻¹)			
1	1	0,00	0,54	8,17	5	10	0,00	0,55	8,27	2	3	1,77	0,56	8,41			
	2	0,01	0,54	8,11		11	0,04	0,59	8,80						5	0,05	0,55
4	8	0,03	0,51	7,68	11	22	0,01	0,60	9,03	3	5	0,08	0,58	8,68			
	9	0,02	0,55	8,22		23	0,00	0,61	9,14						6	12	0,02
7	14	0,01	0,53	7,93	12	24	0,00	0,55	8,23	9	18	0,02	0,54	8,05			
	15	0,03	0,50	7,48		25	0,00	0,57	8,57						ИГ		
8	16	0,09	0,54	8,05						2	4	2,94	0,54	8,04			
	17	0,00	0,56	8,41											3	6	0,14
10	20	0,02	0,58	8,64						6	13	0,07	0,58	8,74			
	21	0,00	0,58	8,66											9	19	0,06

Индикаторске вредности I_{HM} за Cd (Табела 6.33.) у свим профилима и одвојено посматраним А-хоризонтима и слоју 0-5 cm су у класи ниске приступачности.

Табела 6.33. Индикаторске вредности I_{HM} за Cd дате за профил земљишта и поједине слојеве и дистрибуција класа приступачности по Vanmechelen et al. (1997)

ОП	багрем					црни бор					градони				
	јаме					јаме					градони				
	пр.	Зем	А-х.	0-5	ОР	пр.	Зем	А-х	0-5	ОР	пр.	Зем	А-х	0-5	
1	1	0,0	0,0	0,0	5	10	0,0	0,0	0,0	2	3	1,4	1,0	0,8	
	2	0,0	0,0	0,0		11	0,0	0,0	0,1						5
4	8	0,0	0,0	0,1	11	22	0,0	0,0	0,0	3	5	0,0	0,1	0,1	
	9	0,0	0,0	0,0		23	0,0	0,0	0,0						6
7	14	0,0	0,0	0,0	12	24	0,0	0,0	0,0	9	18	0,0	0,0	0,0	
	15	0,0	0,0	0,0		25	0,0	0,0	0,0						ИГ
8	16	0,1	0,2	0,2						2	4	1,4	0,0	1,2	
	17	0,0	0,0	0,0											3
10	20	0,0	0,0	0,0						6	13	0,1	0,0	0,0	
	21	0,0	0,0	0,0											ниска класа приступач.

Да би се одредио фактор $M_{\text{org}}/M_{\text{min}}$ претходно су одређене медијан вредности садржаја тешких метала у земљишту, у А-хоризонту и у слоју 0-5 cm

и приказане су према врсти којом је пошумљавано и методи пошумљавања (Табела 6.34.).

Табела 6.34. Медијан вредности за земљишта и поједине профиле дате по врстама и методама пошумљавања

	багрем				црни бор											
	јаме				јаме				у градону УГ				градони између градона ИГ			
	Зем	А	0-5	ОI	Зем	А	0-5	ОI	Зем	А	0-5	ОI	Зем	А	0-5	ОI
Zn	50,0	50,6	50,2	44,0	51,1	51,1	51,1	45,5	64,3	64,3	67,9	47,5	56,5	55,4	61,0	44,5
Cu	16,3	15,8	15,8	14,4	4,0	4,0	5,2	17,0	11,2	10,0	10,0	10,0	11,9	11,0	11,0	9,6
Pb	19,4	19,5	21,4	5,7	14,7	14,7	17,1	6,8	20,6	20,6	22,2	10,1	24,2	24,2	25,8	9,5
Cd	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,5

Фактор M_{org}/M_{min} је показатељ интензитета премештања тешких метала из горњих, органских, ниже минералне слојеве. У Табели 6.35. су дате вредности фактора M_{org}/M_{min} у односу на врсте којима је пошумљавано и методе пошумљавања.

Табела 6.35. Фактор M_{org}/M_{min} приказан по врстама и методама пошумљавања за земљиште и поједине профиле

M_{org}/M_{min}	багрем				црни бор											
	јаме				јаме				у градону УГ				градони између градона ИГ			
	Зем	А	0-5	ОI	Зем	А	0-5	ОI	Зем	А	0-5	ОI	Зем	А	0-5	ОI
Zn	0,88	0,87	0,88	0,89	0,76	0,89	0,74	0,74	0,70	0,79	0,73	0,80				
Cu	0,89	0,91	0,92	4,28	4,28	3,31	0,90	1,00	1,00	0,81	0,87	0,87				
Pb	0,30	0,29	0,27	0,46	0,46	0,40	0,49	1,00	0,46	0,39	0,39	0,31				
Cd	6,44	5,80	14,49	-	-	-	6,86	6,86	4,92	7,55	7,55	4,24				

Вредности фактора M_{org}/M_{min} мање од јединице, значе нижи садржај тешких метала у органским слојевима земљишта. Тако су вредности фактора M_{org}/M_{min} за Zn и Pb су нижи у органском него у органо-минералном слоју земљишта, као и у А-хоризонту и у површинском слоју 0-5 cm.

Вредности фактора M_{org}/M_{min} за Cu су нешто виши на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме и варирају од 3,31 до 4,28, док вредности фактора M_{org}/M_{min} за Cd показују да садржај Cd у органским слојевима

вишеструко надмашује онај у органо-минералним слојевима и крећу се од 4,24 до 14,49.

6.1.2.4.2. Утицај врсте за пошумљавање на садржај тешких метала у земљишту

Анализом варијансе упоређене су измерене концентрације тешких метала на огледним пољима пошумљаваним багретом и црним бором. Статистички значајних разлика нема у садржају Zn, Pb и Cd у земљишту под багретом и под црним бором. Међутим, садржај Cu је значајно виши у земљишту на огледних поља пошумљених багретом (у земљишту: $15,3 \pm 1,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; у А-хоризонту: $15,1 \pm 1,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ и у слоју 0-5 cm: $14,9 \pm 1,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, док у стељи нема статистички значајне разлике у концентрацији Cu) у односу на концентрације под црним бором (у земљишту: $4,6 \pm 0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; у А-хоризонту: $4,6 \pm 0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ и у слоју 0-5 cm: $5,5 \pm 0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Концентрација и растворљивост Cu у земљишном раствору зависи од многих фактора међу којима су: рН, органска материја, садржај глине (Andersen et al., 2004). Однос C/N је значајан показатељ брзине трансформације и квалитета органске материје (Кадовић и Кнежевић, 2002). Узевши у обзир да су рН земљишта под багретом статистички значајно ниже него под црним бором, садржај глине такође нижи, а однос C/N ужи, указује да је за очекивати да на огледним пољима под багретом буде већа растворљивост, а онда и концентрација Cu у дубљим слојевима земљишног профила. Овакав резултат је последица својстава земљишта, али не и утицаја врсте којом је пошумљавано, у овом случају багрема.

Такође, у стељи црног бора нађене су више концентрације Cd ($0,3 \pm 0,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) у односу на стељу багрема ($0,09 \pm 0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), што може бити последица различите брзине трансформације стеље багрема и црног бора.

Стеља багрема се трансформише за годину дана и уђе у минерално земљиште, док се стеља црног бора акумулира, јер јој је за трансформацију и прелазак у минерално земљиште потребно више година.

У земљишту на огледним пољима под багремом и под црним бором нема статистички значајних разлика у концентрацији Cd.

6.1.2.4.3. Утицај методе пошумљавања на садржај тешких метала у земљишту

Утицај методе пошумљавања утврђиван је анализом варијансе измерене концентрације тешких метала на огледним пољима пошумљеним на јаме и на градоне. Добијено је да је концентрација Zn статистички значајно виша ($p < 0,1$) на огледним пољима пошумљеним на градоне у целом профилу земљишта (градони: $68,2 \pm 7,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; јаме: $52,5 \pm 2,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), док у А-хоризонту, слоју 0-5 cm и стељи нема статистички значајне разлике.

Концентрације Cu су статистички значајно више у целом земљишном профилу ($p < 0,05$) на огледним пољима пошумљеним на градоне ($16,2 \pm 4,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) у односу на профиле огледних поља пошумљених на јаме ($4,6 \pm 0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Овакав резултат је највероватније последица утицај методе пошумљавана на градоне, ако се узме у обзир да осим ниже рН земљишног раствора ни једно друго својство земљишта које утиче на растворљивост и концентрацију Cu у земљишном раствору не показује статистички значајне разлике у односу на методу пошумљавања. Тако у садржају органске материје, садржају глине и односу C/N нема статистички значајних разлика на огледним пољима пошумљеним на јаме и на градоне. Приликом пошумљавања на градоне, површински слој земљишта се премешта у зону корена саднице, а јама се допуњава земљиштем из дубљих слојева профила, тако да долази до инверзије

земљишта и првобитно површински слој који садржи већу концентрацију Cu доспева у дубље слојеве профила, чиме повећава укупну концентрацију Cu у профилима у градону.

Концентрација Pb се не разликује статистички на огледним пољима пошумљеним на јаме и на градоне како у целом профилу земљишта, тако ни у његовим појединим слојевима и у стељи.

Концентрација Cd се статистички значајно разликује у А-хоризонту ($p < 0,05$) и у слоју 0-5 cm ($p < 0,05$) на огледним пољима пошумљеним на јаме и на градоне у профилима у градону. Утврђено је да у профилима у градону има више Cd (А-хор: $0,07 \pm 0,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; слој 0-5 cm: $0,1 \pm 0,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) у односу на јаме (А-хор: $0,008 \pm 0,006 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; слој 0-5 cm: $0,002 \pm 0,001 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

6.1.2.4.4. Веза између особина земљишта и садржаја тешких метала у земљишту

Поједине особине земљишта директно утичу на растворљивост и концентрацију тешких метала у земљишту.

На огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме нађено је да концентрација Zn у земљишном раствору зависи од садржаја N, рН земљишта и моћности А-хоризонта и ова веза је представљена функцијом:

$$Zn_{Zem} = 283,081 - 0,611617 \cdot Ah - 286,875 \cdot N_{Zem} - 26,8599 \cdot pH_{Zem},$$

где је:

Ah – дебљина А-хоризонта (cm),

N_{Zem} – садржај N у земљишту (%),

pH_{Zem} – рН земљишног раствора.

Модел објашњава 96,91% варијабилности садржаја Zn у земљишту. Нема значајне ауторкорелације у узорку што показује вредност $DW > 1,4$. Елементи функције имају значајан утицај на садржај Zn у земљишту на нивоу значајности 95% ($p < 0,05$).

На огледним пољима пошумљеним на градоне нађено је да садржај Zn у земљишту зависи од рН земљишта и од резерве везаног угљеника у земљишту:

$$Zn_{Zem} = -2170,18 + 395,333 \cdot pH_{Zem} + 2,87381 \cdot RezC_{Zem},$$

где је:

pH_{Zem} – рН земљишног раствора,

$RezC_{Zem}$ – резерва везаног угљеника у земљишту ($t \cdot ha^{-1}$).

Модел објашњава 75,43% варијабилност садржаја Zn у земљишту, а $DW < 1,4$ показује да нема значајне аутокорелације у узорку. Елементи испитиване функције имају значајан утицај на садржај Zn у земљишном раствору ($p < 0,10$).

На огледним пољима пошумљеним багремом на јаме, нађено је да садржај Cu у земљишном раствору зависи од садржаја глине у земљишту, рН земљишног раствора и резерве везаног угљеника у земљишту на следећи начин:

$$Cu_{Zem} = 43,0213 - 0,871262 \cdot Glina_{Zem} - 5,04506 \cdot pH_{Zem} + 0,237066 \cdot RezC_{Zem},$$

где је:

$Glina_{Zem}$ – садржај глине у земљишту (%),

pH_{Zem} – рН земљишног раствора,

$RezC_{Zem}$ – резерва везаног угљеника у земљишту ($t \cdot ha^{-1}$).

Модел објашњава 91,08% варијабилности и нема значајне аутокорелације у узорку ($DW > 1,4$). Утицај варијабли у моделу на садржај Cu у земљишном раствору је на нивоу значајности 95% ($p < 0,05$).

Док на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме на садржај Cu у земљишту имају садржај глине у земљишту и pH земљишног раствора, али не и резерва везаног угљеника у земљишту:

$$Cu_{zem} = 41,9283 - 0,26872 \cdot Glinazem - 5,43733 \cdot pH_{zem},$$

где је:

$Glinazem$ – садржај глине у земљишту (%),

pH_{zem} – pH земљишног раствора.

Овај модел објашњава 86,25% варијабилности и нема значајне аутокорелације у узорку ($DW > 1,4$), а утицај варијабли на садржај Cu у земљишту је на нивоу значајности 95% ($p < 0,05$).

Вредност pH земљишта је значајан фактор који утиче на садржај Zn и Cu у земљишту и према приказаним регресионим једначинама са повећањем pH вредности земљишта, смањује се садржај Zn и Cu .

Резерва везаног угљеника у земљишту ($RezC_{zem}$) утиче на садржај Zn у земљишту под црним бором сађеним на градоне и на садржај Cu у земљишту под багретом сађеним на јаме.

Утицај садржаја глине у земљишту на садржај Cu у земљишту уочава се у једначинама регресије за пошумљавања багретом на јаме и црним бором на јаме и са повећањем садржаја глине смањује се садржај Cu у земљишту.

6.1.3. Мелиоративни ефекти пошумљавања у односу на састав вегетације

Станишни услови настали као резултат примењених метода противерозионих пошумљавања и врста које су коришћене за пошумљавање су у корелацији са врстама које насељавају то станиште на два начина:

- ефекат врсте/методе у односу на заједнице које насељавају станиште и
- ефекат врсте/методе у односу на саме врсте које су присутне.

Да би се вегетација довеле у везу са факторима средине који служе као квантификатори услова станишта, примењене су статистичке методе: анализа варијансе (ANOVA), Forward-селекција и канонијска кореспондентна анализа (CCA).

Анализом варијансе (ANOVA) се утврдило да ли постоје статистички значајне разлике за поједине факторе средине између група података које се пореде (метода: градони-јаме; врста: багрем-црни бор).

Forward-селекцијом издвојени су најзначајнији средински фактори у датим сетовима података који улазе у канонијску кореспондентну анализу (CCA).

Канонијском кореспондентном анализом (CCA) доведени су у везу издвојени средински фактори са вегетацијом на датом станишту. Одређено је да ли и у којој мери поједини средински фактори утичу на вегетацију и да ли диференцирају станишта у односу на примењену методу пошумљавања или врсту којом је пошумљавано.

6.1.3.1. Флористички састав на пошумљеним површинама

На огледним пољима издвојеним према врсти и методи пошумљавања вршена су фитоценолошка истраживања. На сваком огледном пољу узет је фитоценолошки снимак по релевантној методологији.

Огледна поља сађена багретом на јаме налазе се у сливовима Крпејског потока (ОП 1), Калиманске (ОП 7, 8) и Куновске (ОП 4) реке и у Љештарској долини (ОП 10). Фитоценолошки снимак наведених огледних поља дат је у Табели 6.36.

Табела 6.36. Фитоценолошки снимак огледних поља пошумљених багретом на јаме

Врста	ОП1	ОП4	ОП7	ОП8	ОП10
<i>Crataegus monogyna</i>	2.2	1.2	+1	1.2	+1
<i>Geranium robertianum</i>	+				
<i>Dryopteris filix-mas</i>	1.2	1.1			
<i>Quercus cerris</i>	+	3.3	4.4	3.3	3.3
<i>Fagus silvatica</i>	+				
<i>Carpinus orientalis</i>	2.3		1.2		
<i>Rosa canina</i>	+	+	+	+1	+
<i>Pteridium aquilinum</i>		+2	1.2	1.2	
<i>Agrostis alba</i>		3.3	2.2		2.2
<i>Fragaria vesca</i>	+2		+	+	+2
<i>Teucrium chamaedrys</i>	1.2				
<i>Poa nemoralis</i>				2.2	
<i>Calamintha vulgaris</i>			+2		
<i>Brhypodium silvaticum</i>	2.2		1.2		
<i>Dactylis glomerata</i>	+				
<i>Hypericum perforatum</i>			+1		1.1
<i>Melica uniflora</i>			+2		
<i>Genista tinctoria</i>				2.3	
<i>Geum urbanum</i>	1.2	1.2	1.2	+2	
<i>Tamus communis</i>	+				
<i>Galium aparine</i>	3.3	1.1			
<i>Stellaria media</i>	3.3	1.1			
<i>Festuca drymeia</i>	2.2				
<i>Hedera helix</i>	2.2				
<i>Rubus hirtus</i>	1.1	2.2	1.2	2.2	2.2
<i>Lathyrus niger</i>	+1				
<i>Veronica chamaedrys</i>	+				
<i>Alliaria officinalis</i>	1.1				
<i>Poa vivipara</i>	+				
<i>Glechoma hederacea</i>	+				
<i>Aristolochia clematidis</i>	+				
<i>Ranunculus repens</i>	+				
<i>Fraxinus ornus</i>	1.1				
<i>Juglans regia</i>	+				
<i>Euonymus europaeus</i>	+1		+1		+
<i>Acer campestre</i>	+1		+1		1.1
<i>Cornus mas</i>	+1				
<i>Clematis vitalba</i>	+		+		

<i>Solanum dulcamara</i>	+			
<i>Carex divulsa</i>	+2	+2		+
<i>Stenactis annua</i>	+			
<i>Lamium maculatum</i>	+			
<i>Urtica dioica</i>	+			
<i>Melissa officinalis</i>	+			
<i>Salvia glutinosa</i>	+			
<i>Cyclamen neapolitanum</i>	+2			1.3
<i>Colchicum autumnale</i>	+2			1.2
<i>Festuca drymeia</i>		3.3		
<i>Euphorbia cyparissias</i>		1.1		
<i>Fragaria moschata</i>		+		
<i>Glechoma hirsuta</i>		+		
<i>Ficaria verna</i>		1.1		
<i>Pirus sp.</i>		+1		
<i>Prunus spinosa</i>		+		
<i>Viola tricolor</i>			1.2	1.2
<i>Eringium campestre</i>				2.2
<i>Sesleria tenuifolia</i>			+2	
<i>Centaurea micranthos</i>				1.1
<i>Bromus sterillis</i>			2.2	1.2
<i>Thymus sp.</i>			+	2.2
<i>Avena pubescens</i>			+2	
<i>Aremonia agrimonioides</i>			+	
<i>Corylus avellana</i>				+
<i>Cynosurus cristatus</i>				+
<i>Achillea millefolium</i>				+
<i>Ulmus glabra</i>				+1
<i>Muscari botrioides</i>				+

Према фитоценолошком снимку на огледним пољима пошумљеним багретом методом на јаме присутно је 67 врста од којих су најзаступљеније: *Crataegus monogyna*, *Quercus cerris*, *Fragaria vesca*, *Geum urbanum* и *Rubus hirtus*.

Огледна поља пошумљена црним бором на јаме налазе се у Љештарској долини (ОП 5) и на Момином Камену (ОП 11 и 12). Фитоценолошки снимак ових огледних поља дат је у Табели 6.37.

Табела 6.37. Фитоценолошки снимак огледних поља сађених црним бором на
јаме

Врста	ОП5	ОП11	ОП12
<i>Crataegus monogyna</i>	+	+2	+
<i>Geranium robertianum</i>	3.3		
<i>Quercus cerris</i>	+	4.4	3.3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	+		
<i>Carpinus orientalis</i>	1.2	2.2	2.3
<i>Rosa canina</i>		+	+1
<i>Agrostis alba</i>		2.3	
<i>Helleborus odorus</i>		+1	
<i>Fragaria vesca</i>		+2	+2
<i>Festuca heterophylla</i>			3.3
<i>Teucrium chamaedrys</i>		+2	+3
<i>Calamintha officinalis</i>		1.1	1.1
<i>Brchypodium silvaticum</i>	1.2	3.2	2.2
<i>Dactylis glomerata</i>		+	+2
<i>Hypericum perforatum</i>	+1		1.1
<i>Melica uniflora</i>		+2	
<i>Genista tinctoria</i>		1.2	
<i>Hieracium sabaudum</i>		+	+
<i>Geum urbanum</i>	1.2		
<i>Potentilla micrantha</i>			+
<i>Potentilla argentea</i>	+		
<i>Galium aparine</i>	3.3		
<i>Festuca drymeia</i>	1.1		
<i>Hedera helix</i>		1.1	1.1
<i>Rubus hirtus</i>	3.3		
<i>Fraxinus ornus</i>		2.1	2.1
<i>Euonymus europaeus</i>	+1	2.1	+1
<i>Acer campestre</i>	+1	1.1	1.1
<i>Cornus mas</i>		1.1	+
<i>Carex divulsa</i>		+2	
<i>Cyclamen neapolitanum</i>		1.3	
<i>Chaerophyllum temulum</i>	+		
<i>Glechoma hirsuta</i>	+	1.2	
<i>Carpinus betulus</i>	+		
<i>Bromus mollis</i>	1.1		
<i>Galium album</i>	+		
<i>Myosotis collina</i>	+		
<i>Viola tricolor</i>	+		
<i>Myosotis silvatica</i>	+		
<i>Eringium campestre</i>	+		
<i>Sesleria tenuifolia</i>	2.2		
<i>Galium verum</i>	+2		
<i>Centaurea micranthos</i>	1.2		
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	+		
<i>Medicago minima</i>	+		
<i>Daucus carota</i>	+		
<i>Campanula persicifolia</i>		+	

<i>Thymus sp.</i>	+	+
<i>Mycelis muralis</i>	+	
<i>Epilobium montanum</i>		1.1
<i>Sedum sp.</i>		+

Према фитоценолошком снимку на огледним пољима пошумљеним црним бором методом на јаме заступљена је 51 врста од којих врсте: *Crataegus monogyna*, *Quercus cerris*, *Carpinus orientalis* и *Brachypodium silvaticum* имају највећи степен присутности.

Огледна поља пошумљена црним бором на градоне налазе се у сливу Предејанске реке (ОП 2), Калиманске реке (ОП 3 и 9) и у Злој долини 2 (ОП 6). Фитоценолошки снимак наведених огледних поља дат је у Табели 6.38.

Табела 6.38. Фитоценолошки снимак огледних поља сађених црним бором на градоне

Врста	ОП2	ОП3	ОП6	ОП9
<i>Crataegus monogyna</i>	+	+	+1	
<i>Geranium robertianum</i>		+	3.3	
<i>Dryopteris filix-mas</i>	2.2	+	1.2	
<i>Quercus cerris</i>	+	2.2	3.3	2.2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	+	1.1		
<i>Fagus silvatica</i>	1.1	1.1		1.1
<i>Carpinus orientalis</i>		1.2	2.2	2.3
<i>Rosa canina</i>		+	+	
<i>Pteridium aquilinum</i>		2.2		
<i>Agrostis alba</i>		2.3	2.3	3.3
<i>Galium cruciata</i>		1.2		
<i>Helleborus odoratus</i>	+	1.1	+	
<i>Lonicera caprifolium</i>		+	+	
<i>Hieracium pilosella</i>		1.2		+
<i>Fragaria vesca</i>	1.1	+2	+	
<i>Festuca heterophylla</i>		1.2		
<i>Teucrium chamaedrys</i>		+2		
<i>Poa nemoralis</i>		+		
<i>Calamintha vulgaris</i>		1.2		
<i>Festuca vallesiaca</i>		1.2		
<i>Brachypodium silvaticum</i>		2.2	2.2	
<i>Dactylis glomerata</i>		+1	+	
<i>Hypericum perforatum</i>		1.1		+
<i>Melica uniflora</i>		1.2		
<i>Genista tinctoria</i>		3.3		2.2
<i>Asperula odorata</i>	1.1	1.2		
<i>Stachys officinalis</i>		1.1		

<i>Hieracium sabaudum</i>		+	
<i>Geum urbanum</i>	1.2	1.2	+
<i>Potentilla argentea</i>		+	
<i>Tamus communis</i>	+	+	
<i>Trifolium alpestre</i>		+	
<i>Sanguisorba minor</i>		+	
<i>Galium aparine</i>			2.2
<i>Festuca drymeia</i>			+
<i>Hedera helix</i>			1.1
<i>Rubus hirtus</i>	1.1	1.2	
<i>Veronica chamaedrys</i>	+		+
<i>Alliaria officinalis</i>			+
<i>Poa vivipara</i>			+
<i>Aristolochia clematitis</i>	+		
<i>Fraxinus ornus</i>			1.1
<i>Euonymus europaeus</i>			1.1
<i>Acer campestre</i>	+		+
<i>Cornus mas</i>	+		
<i>Clematis vitalba</i>	+		+
<i>Carex divulsa</i>			1.2
<i>Urtica dioica</i>	+		
<i>Melissa officinalis</i>	+		
<i>Salvia glutinosa</i>	+		
<i>Cyclamen neapolitanum</i>			1.2
<i>Festuca drymeia</i>	1.1		
<i>Stellaria holostea</i>	1.1		
<i>Poa pratensis</i>	1.1		
<i>Ostrya carpinifolia</i>	+		
<i>Euphorbia cyparissias</i>	+		
<i>Taraxacum officinale</i>	+		+
<i>Bellis perennis</i>	+		
<i>Chaerophyllum temulum</i>	+		+
<i>Fragaria moschata</i>	+		
<i>Arum maculatum</i>	+		
<i>Sambucus nigra</i>	+		
<i>Glechoma hirsuta</i>	+		1.2
<i>Carpinus betulus</i>	3.2		
<i>Chelidonium majus</i>			1.1
<i>Viola silvestris</i>			+
<i>Viola odorata</i>			+
<i>Dentaria bulbifera</i>			+
<i>Asplenium trichomanes</i>			+2
<i>Ruscus aculeatus</i>			+
<i>Lathyrus pratensis</i>			+
<i>Campanula trachelium</i>			+
<i>Prunella vulgaris</i>			+2
<i>Thymus sp.</i>		+	+
<i>Achillea millefolium</i>			+1

На огледним пољима пошумљеним црним бором методом на градоне присутно је 75 врста од који највећи степен заступљености имају врсте: *Dryopteris filix-mas*, *Quercus cerris*, *Fagus sylvatica*, *Carpinus orientalis*, *Agrostis alba* и *Fragaria vesca*.

6.1.3.2. Мелиоративни ефекти врсте за пошумљавање и њен утицај на флористички састав

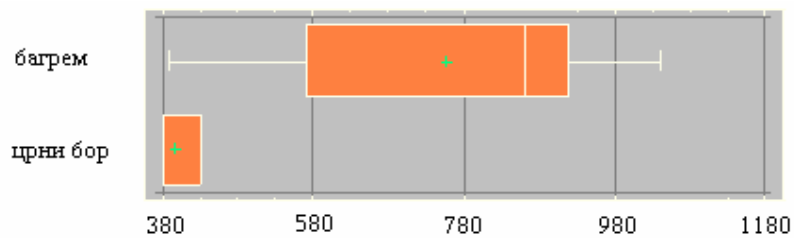
Избор врсте за пошумљавање има директан утицај на флористички састав. На ординационом дијаграму (Слика 6.8.) уочава се груписање поједих огледних поља: групишу се огледно поље 11 и огледно поље 12, која су пошумљена црним бором на јаме, затим огледна поља 7, 8, 10 и 4 која су пошумљена багремом на јаме и издвајају се потпуно различита међусобно и од осталих: огледно поље 1 и огледно поље 5. Огледно поље 1 пошумљено багремом на јаме, издвојено је следећим врстама: *Fagus sylvatica* (ponik), *Salvia glutinosa*, *Melissa officinalis*, *Solanum dulcamara*, *Aristolochia clematidis*, *Juglans regia*, *Lamium maculatum*, *Urtica dioica*, *Stenctis annua*, *Ranunculus repens*, *Glechoma hederacea*, *Poa vivipara*, *Veronica chamaedrys*, *Alliaria officinalis*, *Lathyrus niger* и *Tamus communis*, које су хигрофилније у односу на врсте које издвајају огледно поље 5. Огледно поље 5 пошумљено црним бором на јаме издвојено је од осталих присуством следећих врста: *Chaerophyllum temulum*, *Potentilla argentea*, *Robinia pseudoacacia*, *Carpinus betulus*, *Galium album*, *Bromus mollis*, *Daucus carota*, *Myosotis collina*, *Medicago minima*, *Euphorbia amygdaloides*, *Galium verum* и *Myosotis sylvatica*. Ово огледно поље се мора посматрати издвојено с обзиром да је под јаким антропогеним утицајем. Налази се непосредно изнад насељеног места и поред пута, а често је на мети недозвољене сече и изношења дрвета. Услед чега су равнотежа и природни

процеси у шумском екосистему нарушени, а довело је до издвајања овог огледног поља.

Forward-селекцијом издвојени су фактори који ће бити обухваћени канонијском кореспондентном анализом (ССА) за дати сет података: надморска висина (Слика 6.2.), нагиб (Слика 6.3.), садржај азота у стељи (N₀₁) (Слика 6.4.), садржај хумуса у стељи (Humus₀₁) (Слика 6.5.), губици земљишта (W_{god}) (Слика 6.6.) и резерва везаног угљеника у стељи (RezC₀₁) (Слика 6.7.).

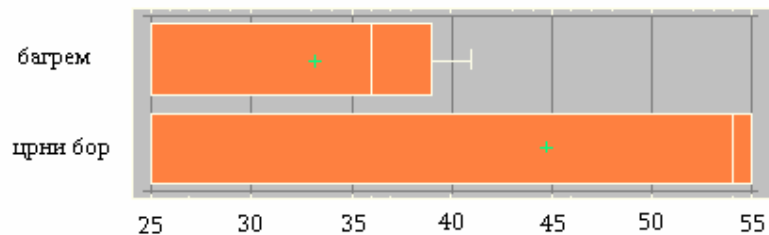
Сваки од наведених фактора варира у одређеном распону.

Надморска висина огледних поља пошумљаваних багремом се креће од 390-1045 m, а огледних поља пошумљаваних црним бором од 374-432 m.



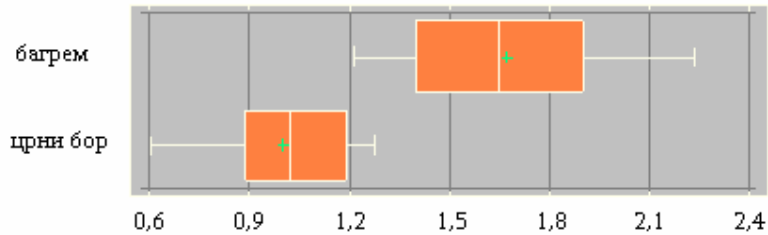
Слика 6.2. Надморска висина на огледним пољима пошумљеним различитим врстама

Нагиб на огледним пољима пошумљеним багремом је од 25-41%, а на огледним пољима пошумљеним црним бором је од 25-55%.



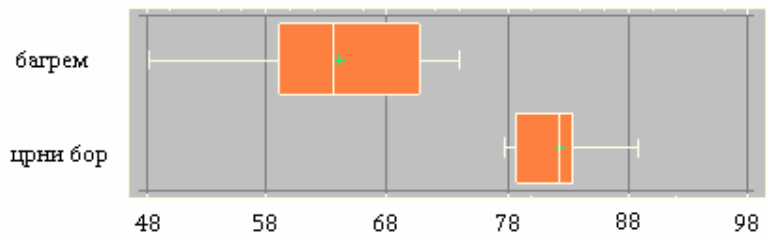
Слика 6.3. Нагиб на огледним пољима пошумљеним различитим врстама

Садржај азота у стељи (N Ol) у профилима под багремом је у распону од 0,19% до 0,44%, а у профилима пошумљаваним црним бором је од 0,16% до 0,20%.



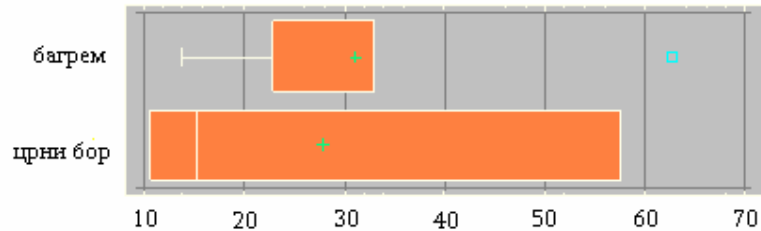
Слика 6.4. Садржај азота у стељи (N Ol) на огледним пољима пошумљеним различитим врстама

Садржај хумуса у стељи (Humus Ol) у профилима под багремом се налази у распону од 48,37-74,04%, а у профилима под црним бором се креће од 77,68-88,81%.



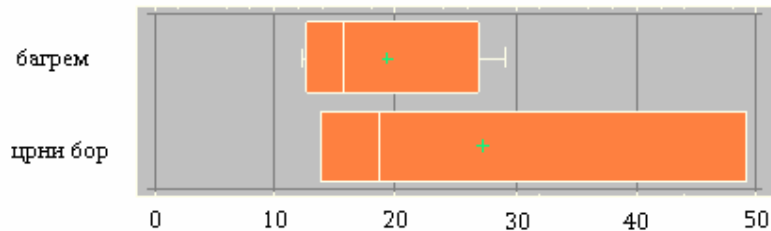
Слика 6.5. Садржај хумуса у стељи (Humus Ol) на огледним пољима пошумљеним различитим врстама

Годишњи губици земљишта по хектару (W_{god}) на огледним пољима пошумљаваним багремом су у распону од 2,29-7,16 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, а на огледним пољима пошумљаваним црним бором крећу се од 1,97-6,65 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$.

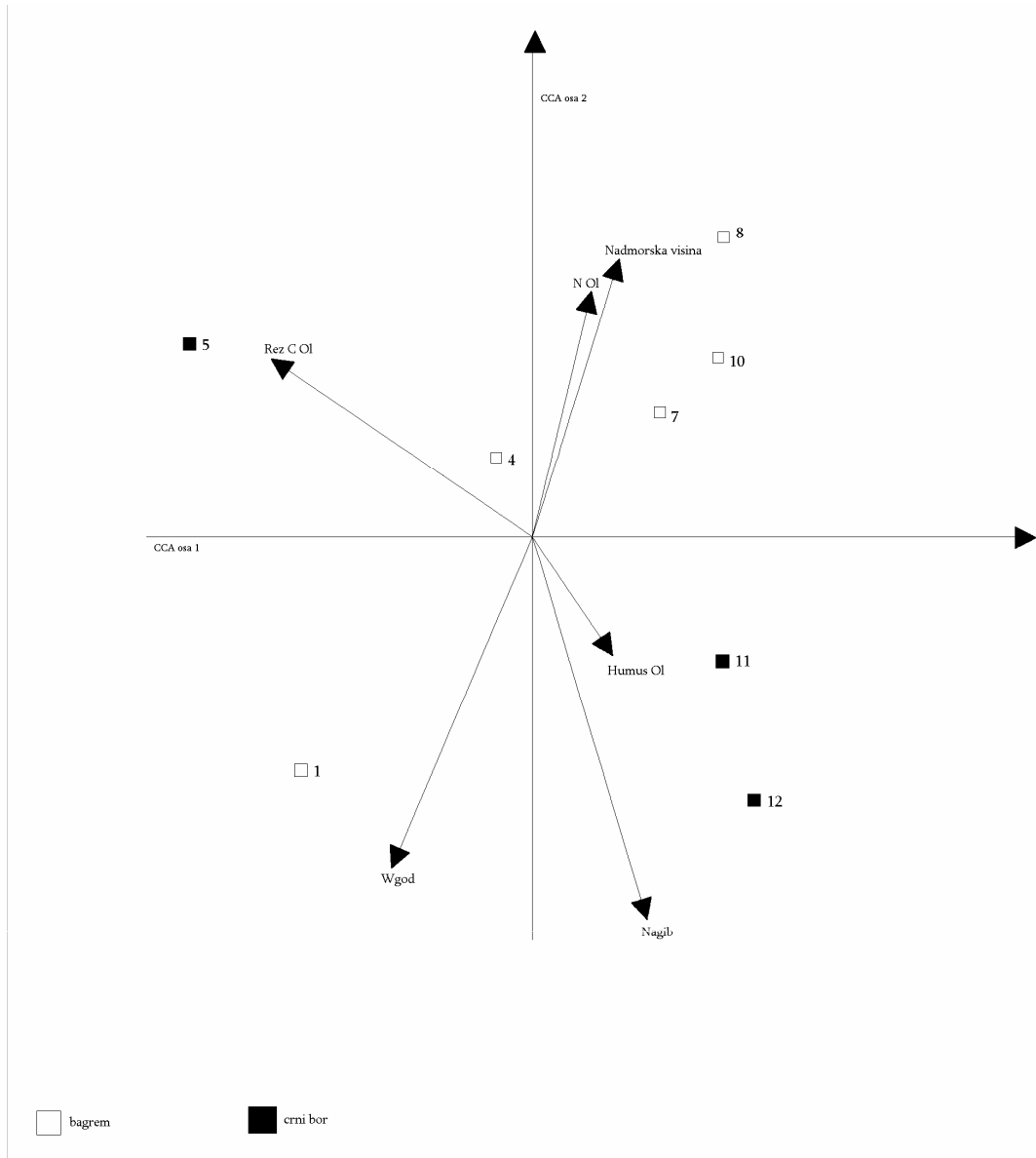


Слика 6.6. Годишњи губици земљишта по хектару (W_{god}) на огледним пољима пошумљеним различитим врстама

Резерва везаног угљеника у стељи (RezCoI) на огледним пољима пошумљеним багремом креће се у распону од 10,53 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ до 32,82 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, а на огледним пољима пошумљеним црним бором износи од 12,15 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ до 53,83 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$.



Слика 6.7. Резерва везаног угљеника у стељи (RezCoI) на огледним пољима пошумљеним различитим врстама



Слика 6.8. Ординациони дијаграм канонијске кореспондентне анализе (ССА) заједница (вегетације) на површинама пошумљеним багрѐмом и црним бором на јаме

На ординационом дијаграму (Слика 6.8.) се уочава да са порастом надморске висине опадају нагиби и смањују се губици земљишта (W_{god}). Губици земљишта су у позитивној корелацији са нагибом, што је очекивано, али надморске висине су на овакав начин доведене у везу са нагибом и губицима земљишта због самог избора огледних поља. Наиме, одабрана огледна

поља на вишим надморским висинама имају блаже нагибе, док огледна поља на мањим надморским висинама имају веће нагибе. Такође, огледно поље 1 пошумљено багретом истиче се величином губитака земљишта. Изузимајућу огледно поље 1 и огледно поље 5 која се међусобно и од осталих огледних поља битно разликују због веома израженог антропогеног утицаја, уочава се да су губици земљишта на огледним пољима пошумљаваним бором већи него на огледним пољима пошумљаваним багретом, мада је то у супротности са неким истраживањима (Tateno et al., 2007).

Веће количине азота налазе се у органском слоју и стељи багрема (стеља багрема: $1,67 \pm 0,1\%$; стеља црног бора: $1,00 \pm 0,1\%$), што потврђују истраживања Panagoroulos и Hatzistathis-a (1995) који налазе да је садржај N у слоју земљишта до 10 cm под багретом за 15% већи него под црним бором. Значајан пораст укупног N у земљишту пошумљеном багретом утврдили су Сао et al. (2007), а Qiu et al. (2010) су нашли да је укупни N у земљишту пошумљеном багретом већи у односу на земљиште под природном вегетацијом. Tateno et al. (2007) наводе да листови багрема који спада у врсте азотофиксаторе, имају већу концентрацију N у односу на врсте које немају способност азотофиксације. Садржај азота у стељи (N₀₁) налази се у позитивној корелацији са надморском висином. Узимајућу у обзир да са порастом надморске висине опада температурни градијент, односно снижава се температура која представља битан фактор за брзину одвијања процеса минерализације, очекивано је да долази до нагомилавања стеље. Изузимајући поменута огледна поља 1 и 5, јасно се издвајају огледна поља пошумљена багретом од оних пошумљених црним бором. Нижа температура утиче да процеси минерализације теку спорије услед чега долази до се накупљања неразложене стеље багрема на површини земљишта која му пружа бољу заштиту од ерозије кишним капима и доприноси да губици земљишта (W_{god}) под багретом буду мањи (багрет: $4,19 \pm 0,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$; црни бор: $3,94 \pm 1,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$

$^1 \cdot \text{god}^{-1}$), мада су истраживања Tateno et al. (2007) показала да су површине под багремом подложније ерозији земљишта. Разлог одступања добијених резултата у овом истраживању могао би бити у томе што су нагиби огледних површина под багремом мањи него на површинама под црним бором и налазе се на већој надморској висини. Осим тога, баграм је сађен на мањим растојањима него црни бор што је допринело већој густини његовог склопа. Такође, багрем има већу лисну површину него црни бор која пружа земљишту бољу заштиту од удара кишних капи.

Садржај хумуса у стељи (Humus Ol) корелише са стаништима пошумљаваним црним бором. Наиме, садржај хумуса у стељи црног бора је већи ($82,19 \pm 1,6\%$) него у стељи багрема ($63,96 \pm 2,4\%$). Стеља коју дају наведене врсте је по својим карактеристикама различита. Стеља багрема је мање кисела и лакше се разлазе, уколико су повољни процеси минерализације, може се разложити и за годину дана, док је стеља црног бора кисела, што само по себи доприноси успоравању разлагања, односно процеса минерализације. Отуда су веће количине хумуса у стељи измерене на површинама пошумљеним црним бором.

Резерва везаног угљеника у стељи (RezC₀₁) је већа на огледним пољима пошумљеним црним бором (црни бор: $27,17 \pm 11,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$; багрем: $19,34 \pm 3,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) може се повезати са споријом декомпозицијом стеље црног бора што условљава да буде дебљи органски слој стеље у коме се депонује органски угљеник (De Marco et al., 2012).

6.1.3.3. Мелиоративни ефекти методе пошумљавања и њен утицај на флористички састав

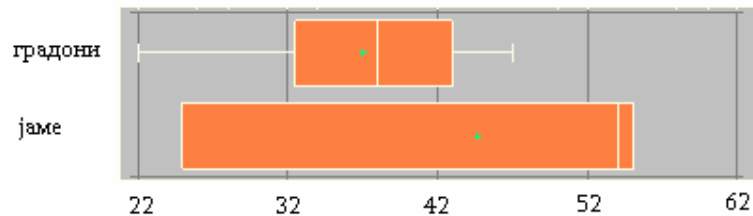
На ординационом дијаграму (Слика 6.17.) груписани су подаци о флористичком саставу на огледном пољу 2 и огледном пољу 5, што показује да на овим огледним пољима постоји утицај траженог параметра, а то је метода којом је пошумљавано. Положај заједница које карактеришу огледно поље 2 пошумљено методом на градоне и огледно поље 5 пошумљено методом на јаме диференцира ова два огледна поља међусобно и у односу на заједнице на осталим огледним пољима. Огледно поље 2 се издваја присуством следећих врста: *Urtica dioica*, *Melissa officinalis*, *Stellaria holostea*, *Aristolochia clematitis*, *Sambucus nigra*, *Ostrya carpinifolia*, *Salvia glutinosa*, *Fragaria moschata*, *Bellis perennis*, *Arum maculatum*, *Euphorbia cyparissias* и *Poa pratensis*. Присутне врсте које издвајају огледно поље 5 су: *Viola tricolor*, *Galium album*, *Myosotis collina*, *Sesleria tenuifolia*, *Myosotis silvatica*, *Euphorbia amygdaloides*, *Medicago minima*, *Centaurea micranthos*, *Eringium campestre*, *Bromus mollis*, *Daucus carota* и *Galium verum*. Врсте које су издвојиле огледно поље 2 по својим карактеристикама спадају у ксерофилније у односу на врсте на огледном пољу 5 које су мезофилније. Положај наведених огледних поља на ординационом дијаграму указује постојање утицаја методе пошумљавања на састав вегетације, али узевши у обзир да код осталих огледних поља нема значајног груписања података о флористичком саставу у односу на методу пошумљавања, диференцирање вегетације на огледним пољима 2 и 5 је последица утицаја других фактора.

Forward-селекцијом издвојени су фактори који ће бити обухваћени канонијском кореспондентном анализом (ССА) за дати сет података: нагиб (Слика 6.9.), надморска висина (Слика 6.10.), резерве везаног угљеника живој биомаси (RezervaC) (Слика 6.11.), концентрација Cu (Cu_{zem}) (Слика 6.12.) и Zn

($Z_{пзem}$) у земљишном профилу (Слика 6.13.), садржај угљеника у стељи (C OI) (Слика 6.14.), годишњи губици земљишта по хектару (W_{god}) (Слика 6.15.) и влага у А-хоризонту земљишта ($V_{лагаА}$) (Слика 6.16.).

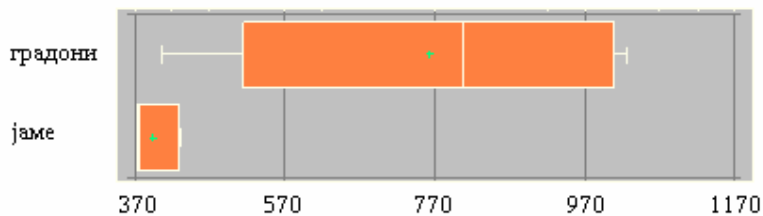
Сваки од издвојених фактора креће се у распону:

Нагиб на огледним пољима пошумљаваним на градоне креће се од 25-47%, а на огледним пољима пошумљаваним на јаме од 25-55%.



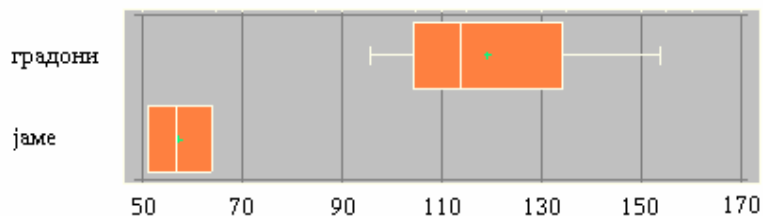
Слика 6.9. Нагиб на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Надморске висине огледних поља пошумљаваних на градоне су у распону 410-1020 m надморске висине, док су на огледним пољима пошумљаваним на јаме од 380-430 m надморске висине.



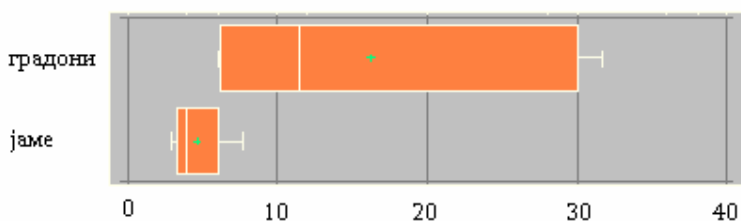
Слика 6.10. Надморска висина на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Резерве везаног угљеника живој биомаси ($RezervaC$) су на огледним пољима пошумљаваним на градона крећу од 100,91-162,43 $t \cdot ha^{-1}$, а на огледним пољима пошумљаваним на јаме од 49,12-62,22 $t \cdot ha^{-1}$.



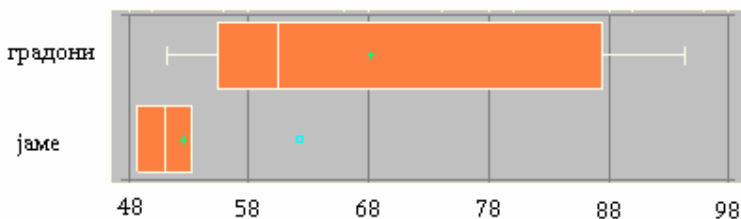
Слика 6.11. Резерве везаног угљеника живој биомаси (RezervaC) на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Концентрације Cu у земљишном профилу (Cu_{zem}) се у профилима градона крећу од 6,18-11,88 $mg \cdot kg^{-1}$. У профилима са јама концентрације Cu у земљишном профилу се крећу од 2,91-7,67 $mg \cdot kg^{-1}$.



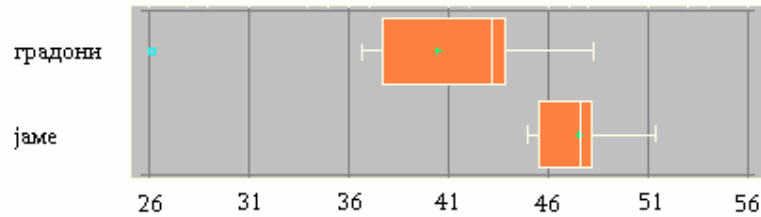
Слика 6.12. Концентрације Cu у земљишном профилу (Cu_{Zem}) на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Распон концентрације Zn у земљишном профилу (Zn_{zem}) на огледним пољима пошумљаваним на градоне креће се од 94,37 $mg \cdot kg^{-1}$ до 51,24 $mg \cdot kg^{-1}$, док су концентрације Zn у земљишним профилима пошумљаваним на јама у распону од 62,26 $mg \cdot kg^{-1}$ до 48,66 $mg \cdot kg^{-1}$.



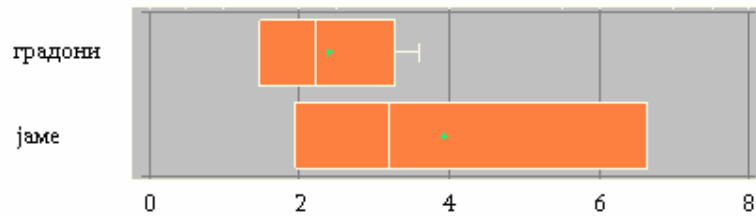
Слика 6.13. Концентрације Zn у земљишном профилу (Zn_{zem}) на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Садржај угљеника у стељи (C_{Ol}) у профилима градона је у распону од 36,18% до 75,54%, а у профилима пошумљаваним на јаме је од 44,50% до 51,34%.



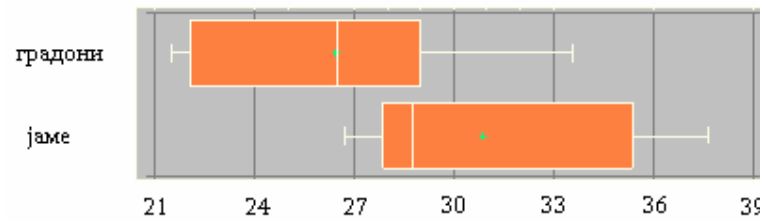
Слика 6.14. Садржај угљеника у стељи (C_{Ol}) на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Годишњи губици земљишта по хектару (W_{god}) на огледним пољима пошумљаваним на градоне су у распону од 1,48-3,62 t·ha⁻¹·god⁻¹, а на огледним пољима пошумљаваним на јаме крећу се од 1,97-6,65 t·ha⁻¹·god⁻¹.



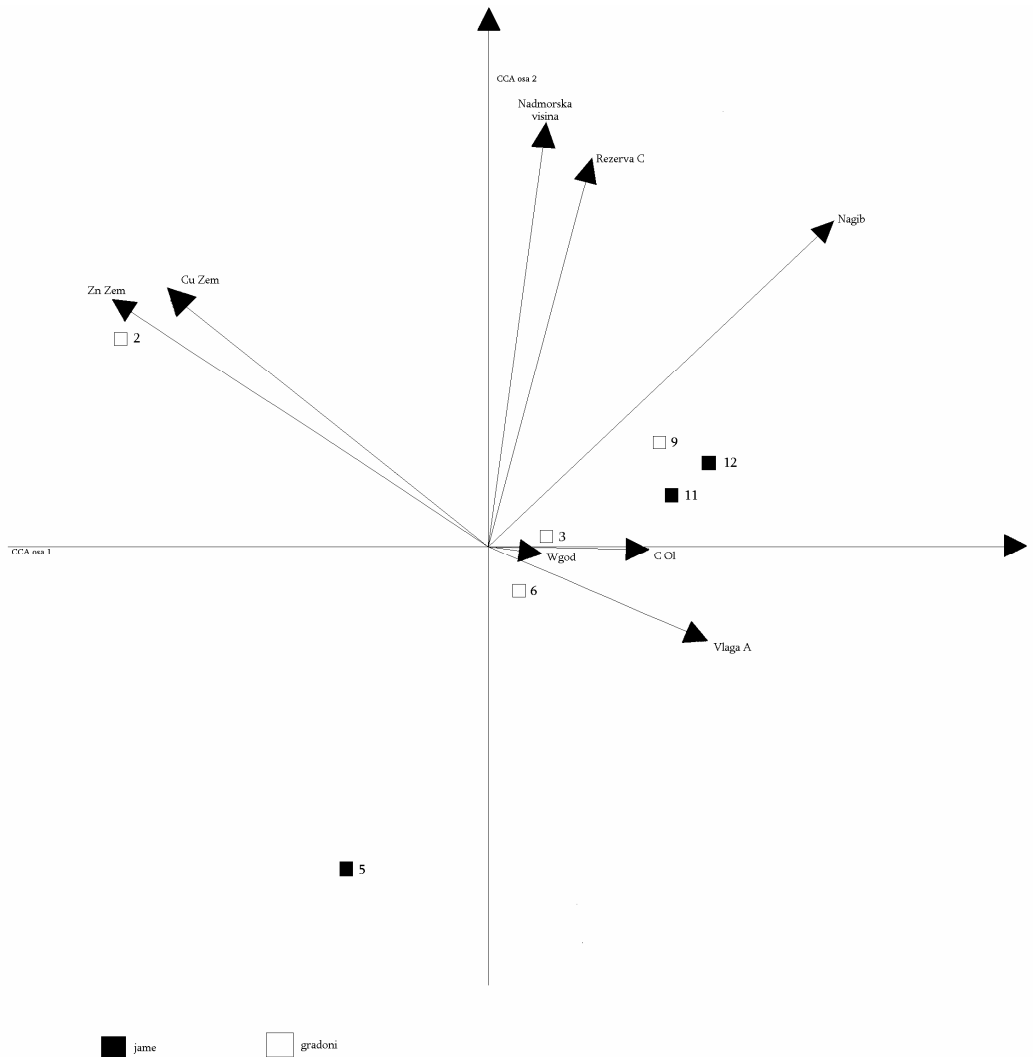
Слика 6.15. Годишњи губици земљишта по хектару (W_{god}) на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Влага у А-хоризонту земљишта ($V_{\text{лагаА}}$) се у профилима градона налази у опсегу од 21,53-33,55%, а у профилима јама износи од 26,75-37,65%.



Слика 6.16. Влага у А-хоризонту земљишта ($V_{\text{лагаА}}$) на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Анализа канонијске кореспонденције (ССА) показала је да поједини фактори средине имају утицај на састав вегетације на огледним пољима пошумљаваним различитим методама. Фактори који су показали утицај су: концентрација Zn и Cu у земљишту, нагиб, надморска висина, садржај угљеника у стељи, резерве везаног угљеника у живој биомаси, годишњи губици земљишта и влага у А-хоризонту.



Слика 6.17. Ординациони дијаграм канонијске кореспондентне анализе (ССА) заједница (вегетације) на површинама пошумљеним црним бором на јаме и на градоне

Нагиб и надморска висина су фактори који имају значајан утицај на диференцирање огледних поља према саставу вегетације. Међутим, утицај ових фактора се не може приписати утицају методе пошумљавања. Наиме, на ординационом дијаграму нема груписања огледних поља пошумљаваних методом на јаме и методом на градоне у односу на векторе ових фактора.

Резерве везаног угљеника у живој биомаси (RezervaC) расту са порастом надморске висине према ординационом дијаграму, али тај фактор не

диференцира примењене методе садње. Условљеност величине резерви угљеника надморском висином се могла очекивати, узевши у обзир да процеси минерализације у хладнијим условима теку спорије (Кадовић et al., 2011).

Концентрација Cu у земљишном профилу (Cu_{zem}) је фактор који диференцира огледна поља пошумљавана на градоне од оних која су пошумљавана на јаме. У профилима на огледним пољима пошумљаваним на градоне измерене су статистички значајно више концентрације Cu (градони: $16,17 \pm 4,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; јаме: $4,66 \pm 0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), док у А-хоризонту, 0-5 cm и стељи разлике у концентрацијама на градонима и на јамама немају статистички значај.

Према Andersen et al. (2004), концентрација Cu опада са дубином профила и он има највећу растворљивост у површинским слојевима земљишта. Према подацима мониторинга за ниво II здравственог стања шума Европе (Кадовић и Кнежевић, 2002. цит. Rademacher, 2001) средња концентрација Cu у органским слојевима земљишта Европе износи $15,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, а у минералним $6,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. У земљиштима Србије којима по типу припадају проучавана земљишта Грделичке клисуре и Врањске котлине, највеће концентрације Cu су измерене, такође у органском слоју земљишта (Кадовића и Кнежевић, 2002). Концентрација и растворљивост Cu у земљишту зависи од рН, текстуре земљишта (садржаја глине) и присуства органске материје за коју се везује Cu (Andersen et al., 2004). Присутни Cu се у органским слојевима земљишта везује за хумусне материје, пре свега за фулво киселине које се интензивно премештају кроз профил, а са њима и везани Cu (Кадовић и Кнежевић, 2002; Белановић, 2006). Однос C/N указује на тип хумуса и садржај фулво киселина у земљишту и представља индикатор брзине трансформације органских остатака и квалитета образованих хумусних материја, а у одмаклим фазама декомпозиције органских остатака однос C/N се сужава (Кадовић и Кнежевић, 2002). У проучаваним земљиштима однос C/N је $10,10 \pm 1,5$ у профилима пошумљаваним на градоне и $11,11 \pm 0,8$ у

профилима пошумљаваним на јаме. Анализа варијансе није показала статистички значајне разлике у погледу фактора рН земљишта, садржаја глине, садржаја хумуса и односа C/N између вредности добијених у профилима пошумљаваним на градоне и на јаме.

Сходно томе, статистички значајно већа концентрација Cu у профилима пошумљеним на градоне у односу на концентрацију Cu у профилима пошумљеним на јаме, као и правац даљег одвијања педогенетских процеса се може објаснити инверзијом слојева приликом израде градона.

Анализиране су концентрације Zn у земљишном профилу, у А-хоризонту, слоју 0-5 cm и у стељи. Концентрација Zn у земљишном профилу (Zn_{zem}) је фактор који диференцира станишта у датом сету података. Издвајају се огледна поља пошумљавана на градоне, где су концентрације Zn у земљишном профилу више у односу на оне измерене на огледним пољима пошумљеним на јаме. У односу на факторе концентрација Zn у А-хоризонт, слоју 0-5 cm и стељи нема статистички значајних разлика између огледних поља пошумљених на градоне и на јаме.

Истраживања дистрибуције концентрације Zn по слојевима земљишног профила показују да је у органским слојевима концентрација Zn веће него у минералним слојевима земљишта. Концентрација Zn смањује се са дужином земљишта, а Zn има већу растворљивост у површинским слојевима (Andersen et al., 2004). Резултати мониторинга за ниво II здравственог стања шума Европе (Кадовић и Кнежевић, 2002. цит. Rademacher, 2001) показују да су средње концентрације Zn у органском слоју земљишта Европе $56,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, а у минералом слоју $22,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. На подручју Србије на типовима земљишта којима припадју проучавана земљишта Грделичке клисуре и Врањске котлине, такође је у површинском слоју највећа концентрација Zn (Кадовић и Кнежевић, 2002). На проучаваним земљиштима постоје значајне разлике у концентрацији Zn у земљишним профилима на огледним пољима пошумљаваним на градоне

($68,21 \pm 7,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) и на јаме ($52,54 \pm 2,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), док у А-хоризонту, слоју 0-5 см и стељи нема значајне разлике у концентрацији Zn на огледним пољима пошумљаваним на градоне и на јаме.

Концентрација Zn у земљишту зависи од садржаја глине у земљишту, јер је Zn примарно везан или уграђен у минерале глине (Andersen et al., 2002). Пошто нема значајне разлике у садржају глине у земљишту на огледним пољима пошумљеним на градоне и на јаме (градони: $11,08 \pm 1,3\%$; јаме: $14,23 \pm 1,8\%$), узрок варирања концентрације Zn треба тражити у механичком премештању слојева земљишта код методе пошумљавања на градоне, при чему долази до инверзије слојева земљишта тако што се првобитно површински слој користи за затрпавање корена саднице, док се материјал из дубљих слојева користи за допуњавање јаме и формирање насипа. Наиме, органски површински слој где је концентрација Zn иницијелно већа, доспева дубље у профил и чини да концентрација Zn у земљишном профилу буде већа.

Огледна поља пошумљавана на јаме издвојена су по факторима садржаја угљеника у стељи, годишњим губицима земљишта по хектару и садржају влаге у А-хоризонту. Наведени фактори показују веће вредности за огледна поља пошумљавана на јаме.

Годишњи губици земљишта по хектару (W_{god}) су очекивано већи на огледним пољима пошумљаваним на јаме ($3,94 \pm 1,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$; а на градонима: $2,39 \pm 0,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$), јер за методу садње на јаме осим ископа јама, земљиште није посебно припремано. Израда градона подразумева терасирање терена и тако припремљено земљиште смањује кинетичку енергију воде за продукцију наноса (губици земљишта) (Ђоровић, 1969; Sheng, 2002) тако што ствара додатни отпор води која се слива низ падину. Процењени годишњи губици земљишта на огледним пољима пошумљеним на градоне су значајно мањи и то је један од показатеља већих мелиоративних ефеката ове методе у односу на методу пошумљавања на јаме.

Стеља представља други по значају депо за везивање органског угљеника после биомасе вегетације (Ouilmet et al., 2007), а њене особине имају утицаја на састав врста приземне вегетације у шумама (Aude et al., 1998). На први поглед није за очекивати да садржај угљеника у стељи (градони: $40,14 \pm 2,4\%$; јаме: $47,50 \pm 0,9\%$) и влага у А-хоризонту (градони: $26,45 \pm 1,6\%$; јаме: $30,86 \pm 1,8\%$) буду већи на огледним пољима пошумљаваним на јаме, с обзиром да су ту губици земљишта већи. Aude et al. (1998) налазе да је значајно већа количина стеље присутна у шумама у којима нису примењене мере газдовања. Yanai et al. (2003) наводе да се садржај органског угљеника у земљишту смањује после сече, јер долази до мешања и покретања стеље у слојеве минералног земљишта, до чега долази и приликом садње на градоне. Према истим ауторима, шумска сеча може имати значајан утицај на структуру и функцију стеље кроз механичко померање, инпуге сече, промене у продукцији стеље и спирање растворене органске материје, исто као и промена режима температуре и влаге. Такође, спирање и одношење земљишта није равномерно на читавој површини, већ се на местима земљиште мање или више односи у зависности од карактеристика микрорељефа. Тако у постојећим и новонасталим микродепресијама долази до нагомилавања органске материје (стеље) која има способност да задржава влагу и штити земљиште од сувишног испаравања, чиме се може објаснити већа влага у А-хоризонту на огледним пољима пошумљаваним на јаме.

6.1.4. Мелиоративни ефекти пошумљавања у односу на интензитет ерозионих процеса

Са становишта опстанка човека, земљиште је један од најважнијих природних ресурса. Процес образовања земљишта је спор, док је процес његове деградације неупоредиво бржи. Земљиште се деградира деловањем ерозије, хемијске, физичке и биолошке деградације, од којих се ерозија издваја као доминантан фактор деградације земљишта.

Ерозија је процес којим се земљиште и стена односе природним процесима као што су ветар и површинско отицање воде, а онда транспортују и депонују на другој локацији. То је процес чије су последице негативне како на месту где настаје и одвија се (on-site), тако и на површинама на које доспева нанос настао њеним деловањем (off-site).

Према Костадинову (2008а), ерозија одношењем земљишта, смањује капацитет педолошког покривача за упијање воде после падавина, тако да земљиште за време дуготрајних суша нема довољно залиха воде за биљке. Услед тога долази до пропадања вегетације и такве површине остају потпуно без заштите, па се на њима ерозиони процеси убрзавају.

Уколико се земљиште односи у приближно истој мери у којој се формира, то је геолошка (природна) ерозија чији средњи годишњи интензитет износи 70-100 m³·km⁻²·god⁻¹ (Лујић, 1973; Костадинов, 2008а). Деловањем природне ерозије обнавља се земљиште. Према Dvořák i Novák (1994), у централној Европи прихватљиви губици земљишта износе од 1-10 t·ha⁻¹ годишње. Ђоровић (2005) наводи вредности толерантних губитака земљишта у функцији дубине земљишта по Захару који за земљишта дубине 30 – 60 cm износе до 3,0 t·ha⁻¹ годишње, док за земљиште дубине < 30 cm износе до 0,75 t·ha⁻¹ годишње. Ђоровић (1973) на основу истраживања за Централну Србију предлаже вредност толерантних губитака земљишта за водну ерозију од 2,0 t·ha⁻¹ годишње.

Проблем се јавља када интензитет ерозије вишеструко премаши ниво природне, када настаје убрзана (антропогена) ерозија. Убрзана ерозија се јавља као последица интеракције природних (физичко-географских) и антропогених чинилаца од којих зависи и њен интензитет.

Природни (физичко-географски) чиниоци од највећег значаја су:

- климатски фактори – температура, падавине, ветар и њихов режим;
- геолошки састав – водопропустљивост и отпорност стена;
- педолошки фактори – земљиште и његова својства;
- рељеф – нагиб, дужина падине, дубина ерозионог базиса и купираност терена;
- вегетација – присуство/одсуство, структура и карактеристике.

Антропогени чиниоци односе се на активности човека у разним привредним гранама ради задовољавање његових животних потреба. Развијањем људског друштва, потребе човека су непрестано расле, што је довело до тога да антропогени фактор постане главни узрок опште деградације земљишта, а тиме и ерозије. Нерационални начини коришћења земљишта и других ресурса, одсуство стратегије, пре свега, у пољопривреди и шумарству, неконтролисано обешумљавање, екстензивно сточарство и примена неодговарајућих начина обраде земљишта доводе до исцрпљивања и уништавања земљишта као ресурса.

Земљиште због одсуства вегетације остаје незаштићено и изложено агенсима ерозије. Спира се и односи, при чему се стварају сасвим нови станишни услови који су све мање повољни за формирање биљног покривача због оскудног, каткад одсутног земљишта.

Србија спада у државе које су угрожене ерозијом, јер је практично 100% њене укупне површне угрожено процесима водне ерозије различитог интензитета. Томе доприноси чињеница да је стање шумских екосистема у Србији незадовољавајуће, јер су на великим површинама девастирани, а њихове

природне и општекорисне функције битно смањене. То потврђује и податак да је од укупног шумског фонда 56,1% под изданаčким шумама, шибљацима и шикарама; тј. 45,8% су деградиране шуме, а 64,2% су очуване шуме са неповољном структуром заступљености врста дрвећа (Велашевић и Ђоровић, 1998).

6.1.4.1. Мелиоративни ефекти врсте за пошумљавање и њен утицај на интензитет ерозионих процеса

Истраживањима је потврђено да карактеристике вегетације утичу на отицање и ерозију земљишта (Chirino et al., 2006; Durán Zuazo et al., 2006).

Мелиоративна ефикасност врста којима је пошумљавано утврђена је поређењем губитака земљишта 1967. године и 2009. године за сваку врсту посебно.

У Табели 6.39. су дате вредности губитака земљишта - ($W_{god} - m^3 \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$) за багрем (б) и црни бор (цб).

Табела 6.39. Губитак земљишта услед водне ерозије на огледним пољима пошумљеним различитим врстама

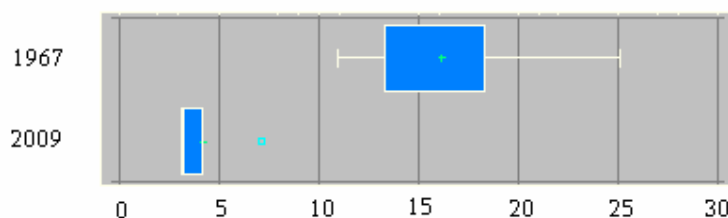
О П	Слив	вр	1967					2009				
			t	H _{god}	T	z	W _{god}	t	H _{god}	T	z	W _{god}
1	Крпејски поток	б	10,8	818	1,086	0,93	25,04	10,5	704	1,072	0,45	7,16
4	Куновска река	б	6,7	963	0,877	0,63	13,27	5,8	986	0,825	0,30	4,20
5	Љештарска долина	цб	11,2	631	1,105	0,78	15,08	11,0	567	1,095	0,30	3,20
7	Калиманска река	б	6,7	963	0,877	0,78	18,29	5,8	986	0,825	0,25	3,19
8	Калиманска река	б	6,7	963	0,877	0,63	13,27	5,8	986	0,825	0,20	2,29
10	Љештарска долина	б	11,2	631	1,105	0,63	10,95	11,0	567	1,095	0,25	2,44
11	Момин камен	цб	11,2	631	1,105	0,36	4,73	11,0	640	1,095	0,20	1,97
12	Момин камен	цб	11,2	631	1,105	0,50	7,78	11,0	640	1,095	0,45	6,65

Мелиоративни ефекти пошумљавања багремом квантификовани су поређењем годишњих губитака земљишта у 1967. и 2009. години. ANOVA (Табела 6.40.) је показала статистички значајну разлику између губитака земљишта у 1967. ($16,16 \pm 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) и у 2009. ($4,19 \pm 0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) години (Слика 6.18.).

Табела 6.40. Статистички параметри (показатељи) за губитке земљишта на огледним пољима пошумљеним багремом

Година	Средина узорка	Варијанса	Стандардна девијација	Стандардна грешка	Хомогене групе	ЛСД 95,0
1967	16,164	31,8099	5,64002	2,5223	х	
2009	4,188	2,95027	1,71764	0,76815	х	
					Разлика	+/- лимити
					11,976	6,08019

Према истраживањима утицаја пошумљавања на ерозијом угроженом подручју лесног платоа (Кина) багрем је показао ефикасност у конзервацији земљишта и вода на различитим типовима земљишта (Сао et al., 2007; Qiu et al., 2010). Такође, пошумљавања багремом утицала су да се поправе текстура и структура земљишта, повећа расположива влага и већина хемијских својстава земљишта рудника лигнита (Panagoroulos и Hatzistathis, 1995). Побољшање својства земљишта указује да је дошло до смањења губитака земљишта, али и побољшана својства земљишта смањују еродибилност тог земљишта (повећавају отпорност земљишта на ерозију).



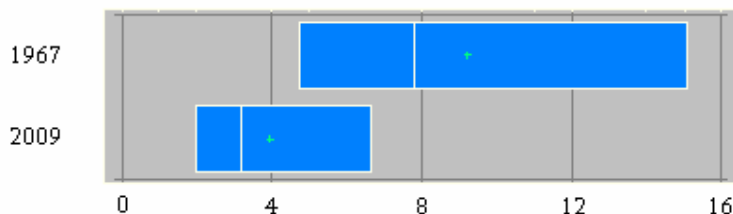
Слика 6.18. Губици земљишта 1967. и 2009. године на огледним пољима пошумљеним багремом

Анализа мелиоративне ефикасности пошумљавања црним бором вршена је поређењем губитака земљишта 1967. и 2009. године (Табела 6.41.). ANOVA је показала је да смањење губитака земљишта у 2009. години у односу на 1967. годину ($5,26 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) нема статистички значај (Слика 6.19.).

Табела 6.41. Статистички параметри (показатељи) за губитке земљишта на огледним пољима пошумљеним црним бором

Година	Средина узорка	Варијанса	Стандардна девијација	Стандардна грешка	Хомогене групе	ЛСД 95,0
1967	9,19667	28,2858	5,31844	3,0706	x	
2009	3,94	5,8863	2,42617	1,40075	x	
					Разлика	+/- лимити
					5,25667	9,37057

Смањење губитака земљишта на површинама пошумљаваним црним бором 2009. године ($3,94 \pm 1,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) у односу на 1967. годину ($9,20 \pm 3,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) је евидентна иако нема статистички значај ($p > 0,05$). Chirino et al. (2006) налазе да статистички значајне разлике у губицима земљишта постоје само између површина пошумљених алепским бором (*Pinus halepensis* Miller) и површина без вегетације, док на површинама под алепским бором у поређењу са површинама под природном вегетацијом нема статистички значајне разлике у губицима земљишта. Према томе мелиоративна ефикасност врсте бора за пошумљавање испољава се само у екстремним условима станишта.



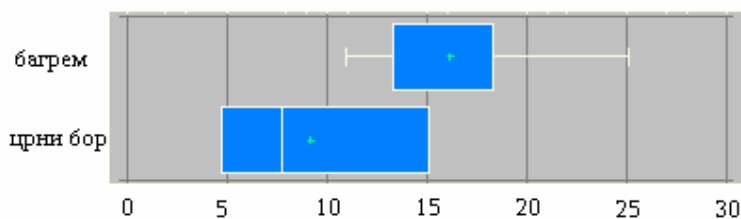
Слика 6.19. Губици земљишта 1967. и 2009. године на огледним пољима пошумљеним црним бором

Мелиоративна ефикасност врста утврђена је анализом варијансе губитака земљишта пошумљаваних багремом и црним бором у 1967. години (Табела 6.42.) и у 2009. години (Табела 6.43.).

Табела 6.42. Статистички параметри (показатељи) за губитке земљишта у 1967. години на огледним пољима пошумљеним различитим врстама.

Година	Средина узорка	Варијанса	Стандардна девијација	Стандардна грешка	Хомогене групе	ЛСД 95,0
багрем	16,164	31,8099	5,64002	2,5223	х	
црни бор	9,19667	28,2858	5,31844	3,0706	х	
					Разлика	+/- лимити
					6,9733	9,89075

Анализа варијансе губитака земљишта у 1967. години на површинама пошумљеним багремом и црним бором (Табела 6.42.) показала је да су губици земљишта под багремом ($16,16 \pm 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) већи него губици земљишта под црним бором ($9,20 \pm 3,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) (Слика 6.20.). Међутим, ова разлика ($6,97 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) нема статистички значај ($p > 0,05$).

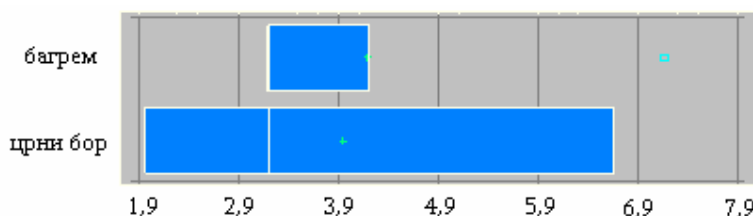


Слика 6.20. Губици земљишта 1967. године на огледним пољима пошумљеним различитим врстама

Табела 6.43. Статистички параметри (показатељи) за губитке земљишта у 2009. години на огледним пољима пошумљеним различитим врстама.

Година	Средина узорка	Варијанса	Стандардна девијација	Стандардна грешка	Хомогене групе	ЛСД 95,0
багрем	4,188	2,95027	1,71764	0,76815	х	
црни бор	3,94	5,8863	2,42617	1,40075	х	
					Разлика	+/- лимити
					0,248	3,54207

Губици земљишта у 2009. години под багремом износили су $4,19 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а под црним бором $3,94 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (Слика 6.21.).



Слика 6.21. Губици земљишта 2009. године на огледним пољима пошумљеним различитим врстама

Поредећи смањење губитака земљишта под багремом и под црним бором у 1967. и 2009. години, уочава се да су губици земљишта у 1967. години под багремом знатно већи него под црним бором, док је разлика у 2009. години незнатна. Разлика у губицима земљишта у 1967. години на површинама пошумљеним багремом у односу на површине пошумљене црним бором износи $6,97 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, док та разлика у 2009. години износи $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$.

Иако су губици земљишта у оба периода већи на површинама пошумљеним багремом, статистички значајно смањење губитака земљишта на површинама под багремом у 2009. години у односу на 1967., указује на његову мелиоративну ефикасност током времена у погледу контроле ерозије. Према Qiu et al. (2010), ефикасност багрема у погледу побољшања особина земљишта расте са његовом старашћу, а то се одражава на његову ефикасност у смањењу еродибилности земљишта, што показује и ово истраживање.

6.1.4.2. Мелиоративни ефекти методе пошумљавања и њен утицај на интензитет ерозионих процеса

Како би се утврдила мелиоративна ефикасност одабране методе за пошумљавање, упоређивани су губици земљишта 1967. године и 2009. године за сваку методу посебно. Такође су упоређивани губици земљишта за обе методе по годинама (у 1967. и 2009. години)

У Табели 6.44. су дати губици земљишта - ($W_{\text{god}} - \text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) за методу садње на градоне (г) и методу садње на јаме (ј).

Табела 6.44. Губитак земљишта услед водне ерозије на огледним пољима пошумљеним различитим методама

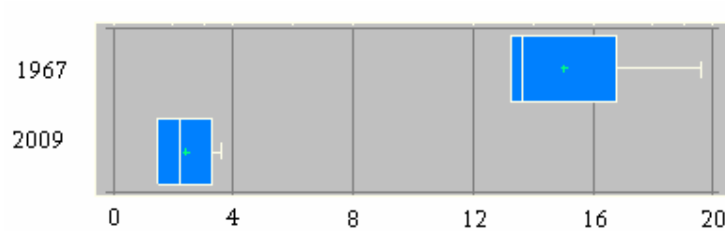
О П	Слив	м ет	t	1967					2009				
				H_{god}	T	z	W_{god}	t	H_{god}	T	z	W_{god}	
2	Предејанска река	г	10,8	818	1,086	0,63	13,96	10,5	704	1,072	0,25	2,97	
3	Калиманска река	г	6,7	963	0,877	0,63	13,27	5,8	986	0,825	0,15	1,48	
5	Љештарска долина	ј	11,2	631	1,105	0,78	15,08	11,0	567	1,095	0,30	3,20	
6	Зла долина 2	г	11,2	631	1,105	0,93	19,64	11,0	640	1,095	0,30	3,62	
9	Калиманска река	г	6,7	963	0,877	0,63	13,27	5,8	986	0,825	0,15	1,48	
11	Момин камен	ј	11,2	631	1,105	0,36	4,73	11,0	640	1,095	0,20	1,97	
12	Момин камен	ј	11,2	631	1,105	0,50	7,78	11,0	640	1,095	0,45	6,65	

Ефикасност методе пошумљавања на градоне утврђена је поређењем вредности губитака земљишта (W_{god}) у 1967. и 2009. години. За поређење је примењена анализа варијансе (ANOVA) – тест вишеструких опсега, која је показала да постоји статистички значајна разлика ($p < 0,05$) у губицима земљишта у 1967. и 2009. години (Табела 6.45.).

Табела 6.45. Статистички параметри (показатељи) за губитке земљишта на огледним пољима пошумљеним на градоне

Година	Средина узорка	Варијанса	Стандардна девијација	Стандардна грешка	Хомогене групе	ЛСД 95,0
1967	15,035	9,5307	3,08718	1,54359	х	
2009	2,3875	1,16849	1,08097	0,540484	х	
					Разлика	+/- лимити
					12,6475	4,00189

Средња вредност прорачунатих губитака земљишта за 1967. годину је $15,04 \pm 1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а за 2009. годину износи $2,39 \pm 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (Слика 6.22.).



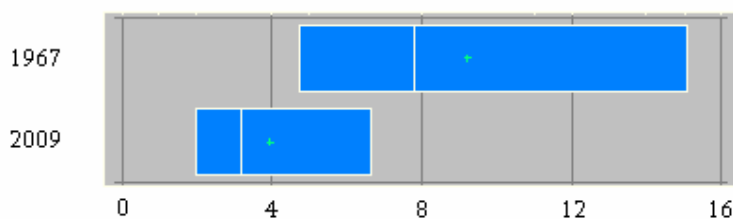
Слика 6.22. Губици земљишта 1967. и 2009. године на огледним пољима пошумљеним на градоне

Анализа варијансе губитака земљишта на огледним површинама пошумљеним на јаме није показала статистички значајне разлике у вредностима из 1967. ($9,20 \pm 3,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) и 2009. ($3,94 \pm 1,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) године (Табела 6.46.).

Табела 6.46. Статистички параметри (показатељи) за губитке земљишта на огледним пољима пошумљеним на јаме

Година	Средина узорка	Варијанса	Стандардна девијација	Стандардна грешка	Хомогене групе	ЛСД 95,0
1967	9,19667	28,2858	5,31844	3,0706	x	
2009	3,94	5,8863	2,42617	1,40075	x	
					Разлика	+/- лимити
					5,25667	9,37057

Метода садње на јаме јесте показала ефикасност у смањењу губитака земљишта, с обзиром да су губици у периоду између осматрања смањени за $5,26 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (Слика 6.23.), међутим та разлика нема статистички значај ($p > 0,05$).



Слика 6.23. Губици земљишта 1967. и 2009. године на огледним пољима пошумљеним на јаме

Статистички значај смањења губитака земљишта на површинама пошумљеним на градоне у периоду између осматрања у 1967. и 2009. години указује на већу ефикасност методе пошумљавања на градоне.

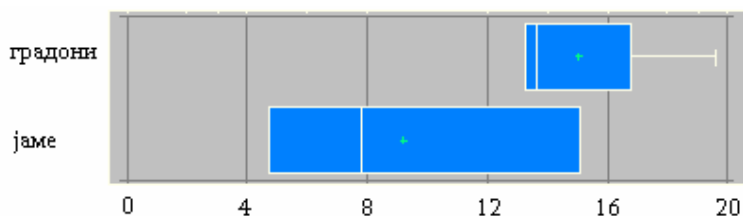
Истраживање Јевтића и Златића (1990) је такође, показало да су средњи коефицијент ерозије и губици земљишта знатно смањени у сливовима Предејанске реке и Љештарске долине у периоду од 1959. (непосредно по пошумљавању) до 1986. године.

Ефикасност методе на јаме у односу на методу на градоне утврђена је анализом варијансе тако што су поређени губици земљишта за наведене методе по години осматрања. Губици земљишта из 1967. године на површинама пошумљеним на јаме износе $9,20 \pm 3,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а на површинама пошумљеним на градоне су $15,04 \pm 1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (Табела 6.47.).

Табела 6.47. Статистички параметри (показатељи) за губитке земљишта у 1967. години на огледним пољима пошумљеним различитим методама.

Година	Средина узорка	Варијанса	Стандардна девијација	Стандардна грешка	Хомогене групе	ЛСД 95,0
јаме	9,19667	28,2858	5,31844	3,0706	х	
градони	15,035	9,5307	3,08718	1,54359	х	
					Разлика	+/- лимити
					5,83833	8,10277

Анализа варијансе показују да метода садње на јаме даје статистички значајно мање губитке земљишта ($p < 0,1$) за 1967. годину (Слика 6.24.).



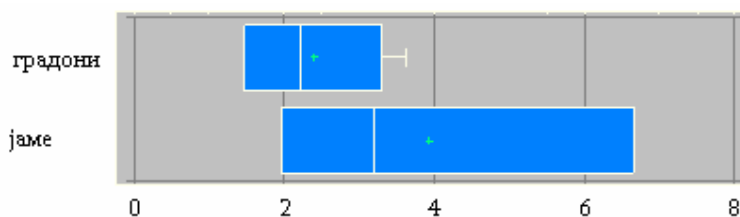
Слика 6.24. Губици земљишта 1967. године на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Према осматрањима из 2009. године вредности губитака земљишта не показују статистички значајну разлику на површинама пошумљеним на јаме у односу на површине пошумљене на градоне (Табела 6.48.).

Табела 6.48. Статистички параметри (показатељи) за губитке земљишта у 2009. години на огледним пољима пошумљеним различитим методама.

Година	Средина узорка	Варијанса	Стандардна девијација	Стандардна грешка	Хомогене групе	ЛСД 95,0
јаме	3,94	5,8863	2,42617	1,40075	х	
градони	2,3875	1,16849	1,08097	0,540484	х	
					Разлика	+/- лимити
					-1,5525	3,43195

Међутим, ситуација је измењена у смислу да су вредности губитака земљишта у 2009. години на градонима ($2,39 \pm 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) мањи од оних на јамама ($3,94 \pm 1,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$) (Слика 6.25.).



Слика 6.25. Губици земљишта 2009. године на огледним пољима пошумљеним различитим методама

Анализе су потвриле да метода садње на градоне показује, дугорочно посматрано, боље резултате него садња на јаме. Губици земљишта су смањени од 1967. године за $12,65 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ на огледним површинама сађеним на градоне, док су на површинама сађеним на јаме губици смањени за $4,24 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$. Ђоровић (1969) у истраживању антиерозионог дејства градона потврђује ефикасност градона постављеним на различитим нагибима. Ефикасност градона у смањењу губитака земљишта може се приписати терасирању земљишта при изради градона као и начину припреме земљишта за садњу на

градоне. На овај начин терасирано земљиште ствара додатни отпор води која се слива низ падину и тиме умањује њену енергију за продукцију наноса (губитке земљишта) (Ђоровић, 1969; Sheng, 2002). Док се припремом земљишта за садњу, премештањем најплоднијег слоја земљишта у зону корена саднице, стварају бољи услови за пријем садница, чему доприноси и контра-нагиб на коме се сади који усмерава влагу ка корену саднице и штити коренов врат од прекомерне инсолације.

Недоумица која се јавља приликом избора градона као мере противерозионог пошумљавања је неекономска цена њихове израде. Узевши у обзир ефикасност противерозионих пошумљавања на градоне, која је потврђена сумирањем резултата њихове примене (Лујић и Ђоровић, 1967; Ђоровић, 1969) као и приказаним резултатима, цена не би требала да буде пресудни критеријум у избору методе противерозионог пошумљавања.

Канонијска кореспондентна анализа (ССА) (детално приказана у поглављу 6.1.3.) издвојила губитке земљишта (W_{god}) као фактор који утиче на састав вегетације на површинама пошумљеним различитим методама. Наиме, према резултатима поменуте анализе, на огледним пољима пошумљеним на јаме, губици земљишта су значајно већи него на огледним пољима пошумљеним на градоне.

6.1.5. Мелиоративни ефекти пошумљавања у односу на резерве везаног угљеника у укупној биомаси

Концентрација CO_2 у атмосфери има растући тренд, чему посебно доприноси ослобађање угљеника у процесу сагоревања фосилних горива, као и неконтролисано уништавање шума на великим површинама. Повећане концентрације CO_2 и других гасова стаклене баште воде ка климатским променама које су уочавају кроз пораст температуре ваздуха и океана, топљење снега и леда и пораст просечног нивоа мора (IPCC, 2007). Концепт пошумљавања као део стратегије супротстављања могућности глобалне промене климе, сада је широко прихваћен (Marland и Marland, 1992).

Успостављање вегетације омогућава контролу ерозије и смањење губитака земљишта, а тиме се стварају повољни услови за формирање земљишта. Развијенија земљишта чини станиште погодним за опстанак већег броја различитих врста. Повећање биодиверзитета са друге стране, подстиче процесе педогенезе. Формирањем земљишта, повећава се капацитет станишта за везивање и складиштење угљеника у земљишту и биомаси. Биљке везујући атмосферски CO_2 смањују његову концентрацију у атмосфери. Стога се пошумљавањем и обнављањем шума могу повећати капацитети за везивања и складиштење атмосферског угљеника (Richter et al., 1999; Lal et al., 2003; Wang и Medley, 2004; Houghton, 2005).

У овом истраживању процењене су резерве везаног угљеника укупне и по најзначајнијим депоима за везивање угљеника и прираст везаног угљеника укупан и по депоима. Анализом варијансе испитивано је да ли се нека од врста којима је пошумљавано и методе пошумљавања издвајају у погледу ефикасности у везивању и акумулацији органског угљеника. Као основа за процену коришћени су резултати дендромертијских мерења (запремине дрвета и годишњи прираст).

6.1.5.1. Запремине дрвета на пошумљеним површинама

- Пошумљавање багремом на јаме

Огледно поље 1 у сливу Крпејског потока. Тотални премер извршен на површини од 0,5 ха. Пречник средњег стабла (Ds) на површини износи 11,0 см, а висина средњег стабла (Hs) је 14,0 м. Запремина дрвне масе износи 46,1 м³ по хектару, а прираст је 2,1 м³·ха⁻¹. Запремина круна стабала је 9,35 м³. У Табели 6.49. су дате вредности запремине дрвне масе, прираст и запремине круна по дебљинским степенима. У Фототабели 7.а. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала на огледном пољу 1.

Табела 6.49. Таксациони елементи за огледно поље 1.

ОП	Пов. ха	Ср стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ха	Зап. по ха	Прир. на пов.	Прир. по ха	Зап. круне
		Ds	Hs							
1	0,50	11	14	2,5	246	0,004	0,984	1,2	2,1	0,04
				7,5	284		6			0,16
				12,5	150		12,3			0,65
				17,5	32		6,3			1,30
				22,5	12		4,5			2,24
				27,5	2		1,3			0,67
				32,5	12		11,8			3,55
				37,5	2		2,9			0,74
					Ук.		740		46,1	

Огледно поље 7 у сливу Калиманске реке. Тотални премер извршен је на површини од 0,5 ha. Пречник средњег стабла износи 8 cm, а висина средњег стабла је 9,1 m. Запремина дрвне масе износи 99,8 m³ по хектару. Запремина круна стабала је 0,82 m³. Прираст је 5,3 m³·ha⁻¹. У Табели 6.50. су дате запремине дрвне масе, прираст и запремине круна по дебљинским степенима, а у Фототабели 7.б. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала на огледном пољу 7.

Табела 6.50. Таксациони елементи за огледно поље 7

ОП	Пов. ha	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ha	Зап. по ha	Прир. на пов.	Прир. по ha	Зап. круне		
		Ds	Hs									
7	0,50			2,5	4132	0,004	16,528	2,8	5,3	0,02		
		8	9,1	7,5	3566						64,2	0,15
				12,5	264						18,7	0,49
				17,5	2						0,3	0,15
				Ук.	7964						99,8	0,82

Огледно поље 8 у сливу Калиманске реке. На површини од 0,5 ha која је обухваћена тоталним премером, пречник средњег стабла износи 9 cm, а висина средњег стабла је 9,3 m. Запремина дрвне масе износи 112,3 m³, запремина круна стабала је 1,59 m³. Прираст износи 6,0 m³·ha⁻¹. Таксациони елементи за огледно поље 8 дати су у Табели 6.51., а у Фототабели 7.в. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала на овом огледном пољу.

Табела 6.51. Таксациони елементи за огледно поље 8

ОП	Пов. ha	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ha	Зап. по ha	Прир. на пов.	Прир. по ha	Зап. круне		
		Ds	Hs									
8	0,50			2,5	2896	0,004	11,584	3,1	6,0	0,03		
		9	9,3	7,5	2634						47,4	0,07
				12,5	636						45,2	0,25
				17,5	44						7,4	0,98
				22,5	2						0,6	0,26
		Ук.	6212	112,3	1,59							

Огледно поље 10 у Љештарској долини. Тотални премер извршен је на површини од 0,5 ha. Средње стабло је пречника 8 cm и висине 7,8 m. Укупна запремина дрвне масе износи 57,8 m³, прираст је 2,3 m³·ha⁻¹, а запремина круна је 0,72 m³. У Табели 6.52. дати су таксациони елементи за огледно поље 10, а у Фототабели 7.г. су приказане висинска крива и крива висине круне стабала.

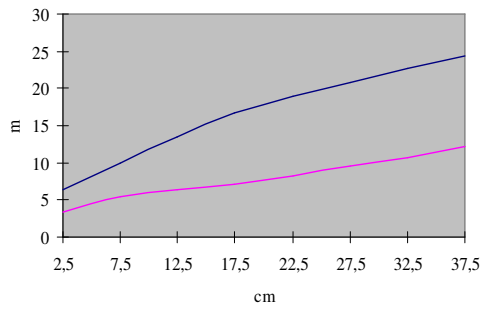
Табела 6.52. Таксациони елементи за огледно поље 10

ОП	Пов. ha	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ha	Зап. по ha	Прир. на пов.	Прир. по ha	Зап. круне
		Ds	Hs							
10	0,50	8	7,8	2,5	5850	0,004	23,4	1,2	2,3	0,03
				7,5	1916		32,6			0,26
				12,5	28		1,8			0,44
				Ук.	7794		57,8			0,72

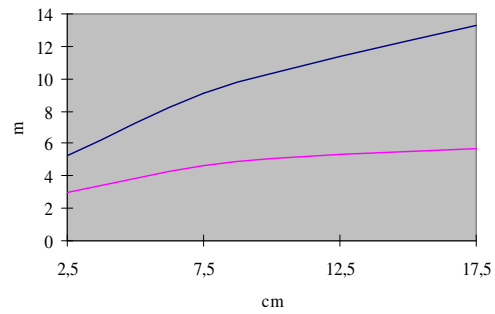
Огледно поље 4 у сливу Куновске реке. Површина огледног поља је 0,44 ha и читава је обухваћена тоталним премером. Пречник средњег стабла је 10,0 cm, а висина средњег стабла је 12,4 m. Запремина дрвне масе је 104,7 m³ по хектару, а прираст износи 5,3 m³·ha⁻¹. Запремина круна стабала износи 2,57 m³. У Табели 6.53. дате су вредности запремине дрвне масе, прираст и запремине круна по дебљинским степенима. У Фототабели 7.д. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала.

Табела 6.53. Таксациони елементи за огледно поље 4

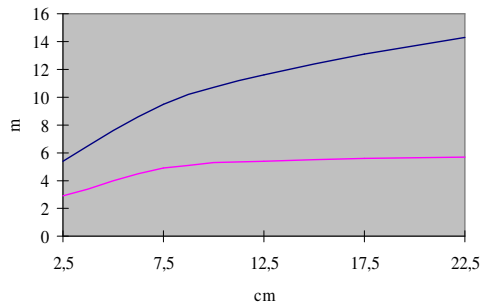
ОП	Пов. ha	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ha	Зап. по ha	Прир. на пов.	Прир. по ha	Зап. круне
		Ds	Hs							
4	0,44	10	12,4	2,5	1157	0,004	4,628	2,4	5,3	0,01
				7,5	1093		23			0,08
				12,5	709		58,1			0,32
				17,5	66		12,9			0,94
				22,5	16		6			1,22
				Ук.	3041		104,7			2,57



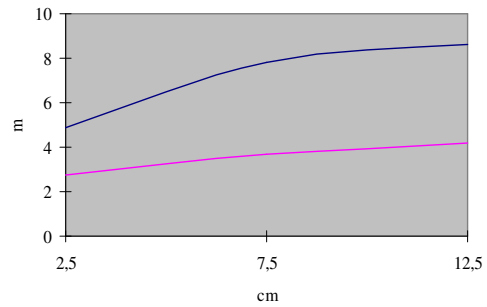
а. Огледно поље 1



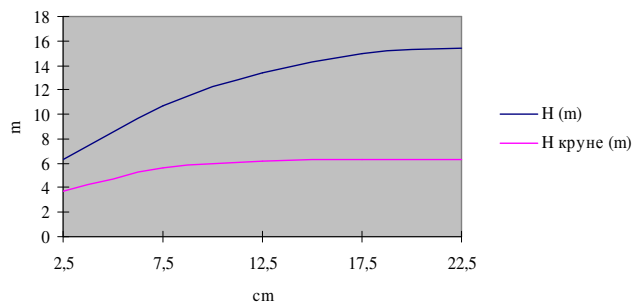
б. Огледно поље 7



в. Огледно поље 8



г. Огледно поље 10



д. Огледно поље 4

Фототабела 7. Висинске криве и криве висине круне стабала на огледним пољима пошумљеним багремом на јаме

- Пошумљавање црним бором на јаме

Огледно поље 5 у Љештарској долини. Тотални премер је урађен на 0,5 ха. Средње стабло је пречника 16 см и висине 11,4 м. Укупна запремина дрвета је 116,1 m³ по хектару, а запремина круна стабала износи 2,76 m³. Прираст је 6,4 m³·ха⁻¹ (Табела 6.54.). У Фототабели 8.а. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала на огледном пољу 5.

Табела 6.54. Таксациони елементи за огледно поље 5

ОП	Пов. ха	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ха	Зап. по ха	Прир. на пов.	Прир. по ха	Зап. круне
		Ds	Hs							
5	0,50			7,5	80		2,4	2,2	6,4	0,04
		16	11,4	12,5	280		15			0,16
				17,5	274		39,9			0,38
				22,5	120		34,3			0,84
				27,5	37		22,5			1,18
				32,5	3		2			0,17
			Ук.		794		116,1			2,76

Огледно поље 11 на локалитету Момин камен. Тотални премер је урађен на 0,5 ха и пречник средњег стабла је 15 см, а висина 12,6 м. Запремина дрвета је 121,7 m³, прираст је 7,5 m³·ха⁻¹, а запремина круна је 3,33 m³ (Табела 6.55.). У Фототабели 8.б. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала на огледном пољу 11.

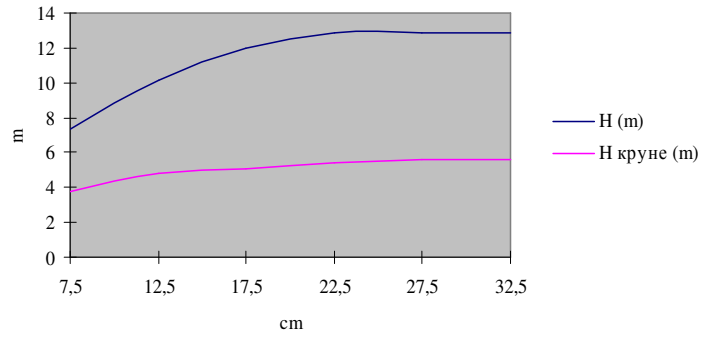
Табела 6.55. Таксациони елементи за огледно поље 11

ОП	Пов. ха	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ха	Зап. по ха	Прир. на пов.	Прир. по ха	Зап. круне
		Ds	Hs							
11	0,50			7,5	224		7,2	3,8	7,5	0,03
		15	12,6	12,5	246		13,5			0,15
				17,5	258		38,4			0,54
				22,5	128		38,1			0,95
				27,5	36		18,2			1,49
				32,5	8		6,2			0,17
			Ук.		900		121,7			3,33

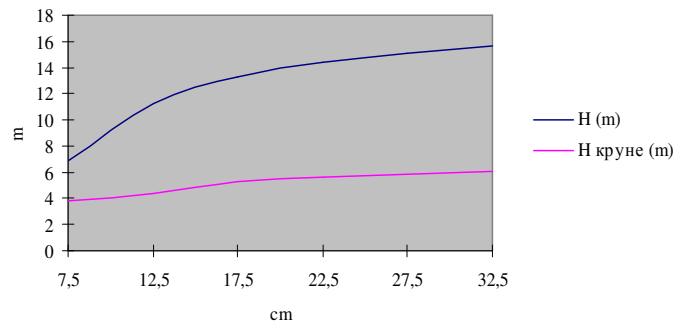
Огледно поље 12 на локалитету Момин камен. Површина обухваћена тоталним премеом је 0,5 ha. Средње стабло има пречник 15 cm и висину 13,6 m. Запремина дрвета по хектару је 5,7 m³, а запремина круна износи 4,11 m³. У Табели 6.56. дати су таксациони елементи за огледно поље 12, а у Фототабели 8.в. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала.

Табела 6.56. Таксациони елементи за огледно поље 12

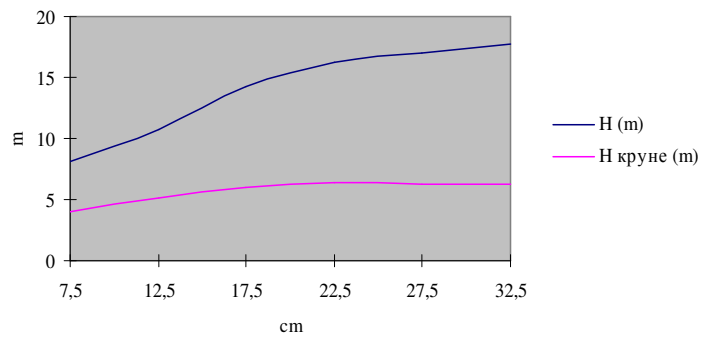
ОП	Пов. ha	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ha	Зап. по ha	Прир. на пов.	Прир. по ha	Зап. круне
		Ds	Hs							
12	0,50	15	13,6	7,5	148		5,2	2,9	5,7	0,03
				12,5	208		12,7			0,19
				17,5	182		30,0			0,64
				22,5	90		29,4			1,11
				27,5	28		15,6			1,87
				32,5	2		1,7			0,27
					Ук.		658		94,6	



а. Огледно поље 5



б. Огледно поље 11



в. Огледно поље 12

Фототабела 8. Висинске криве и криве висине круне стабала на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме

- Пошумљавање црним бором на градоне

Огледно поље 2 у сливу Предејанске реке. На целој површини овог огледног поља која износи 0,36 ha урађен је тотални премер где је пречник средњег стабла 21 cm и висина 19,5 m. Запремина дрвета износи 228,7 m³·ha⁻¹, а запремина круна је 6,48 m³. У Табели 6.57. дати су таксациони елементи за огледно поље 2, а у Фототабели 9.а. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала.

Табела 6.57. Таксациони елементи за огледно поље 2

ОП	Пов. ha	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ha	Зап. по ha	Прир. на пов.	Прир. по ha	Зап. круне
		Ds	Hs							
2	0,36	21	19,5	7,5	42		1,7	3,3	9,1	0,03
				12,5	75		5,1			0,10
				17,5	125		23,0			0,45
				22,5	172		63,2			1,09
				27,5	122		75,8			1,30
				32,5	39		37,1			1,70
				37,5	17		22,9			1,80
		Ук.			592		228,7			6,48

Огледно поље 9 је у сливу Калиманске реке. Тоталним премером обухваћена је површина од 0,5 ха. Пречник средњег стабла износи 19 см, а висина 14,9 м. Запремина дрвета по хектару је 321,4 м³, а запремина круна стабала је 5,01 м³. У Табели 6.58. дати су таксациони елементи за огледно поље 9, а у Фототабели 9.б. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала.

Табела 6.58. Таксациони елементи за огледно поље 9

ОП	Пов. ха	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ха	Зап. по ха	Прир. на пов.	Прир. по ха	Зап. круне
		Ds	Hs							
9	0,50	19	14,9	12,5	424		25,4	8,0	16,0	0,18
				17,5	454		73,1			0,25
				22,5	336		107,9			0,95
				27,5	166		90,3			1,10
				32,5	18		15,0			1,48
				37,5	8		9,6			1,04
				Ук.	1406		321,4			5,01

Огледно поље 6 налази се у Злој долини 2. На површини од 0,5 ха урађен је тотални премер. Средње стабло је пречника 15 см и висине 15,6 м. Запремина дрвне масе по хектару је 199,3 м³, а запремина круна стабала је 3,47 м³. У Табели 6.59. дати су таксациони елементи за огледно поље 6, а у Фототабели 9.в. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала.

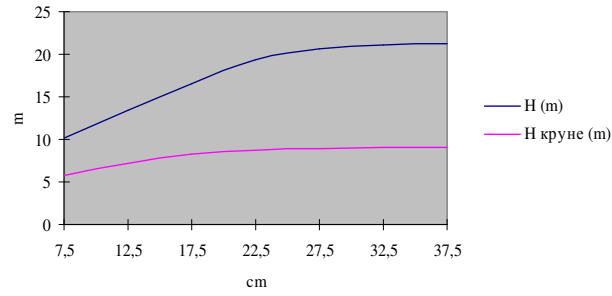
Табела 6.59. Таксациони елементи за огледно поље 6

ОП	Пов. ха	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ха	Зап. по ха	Прир. на пов.	Прир. по ха	Зап. круне
		Ds	Hs							
6	0,50	15	15,6	7,5	266		10,6	5,8	11,5	0,03
				12,5	342		23,3			0,12
				17,5	292		53,7			0,42
				22,5	170		62,4			0,70
				27,5	58		36,0			1,26
				32,5	14		13,4			0,92
				Ук.	1142		199,3			3,47

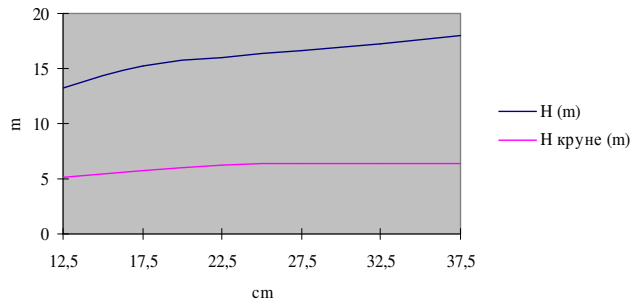
Огледно поље 3 налази се у сливу Калиманске реке. Тотални премер је урађен на целој површини овог огледног поља која износи 0,30 ха. Пречник средњег стабла је 20 см и висина је 13,8 м. Запремина дрвета по хектару је 219,5 м³ и запремина круна стабала је 7,26 м³. Прираст по хектару износи 10,2 м³. У Табели 6.60. дати су таксациони елементи за огледно поље 2, а у Фототабели 9.г. приказане су висинска крива и крива висине круне стабала.

Табела 6.60. Таксациони елементи за огледно поље 3

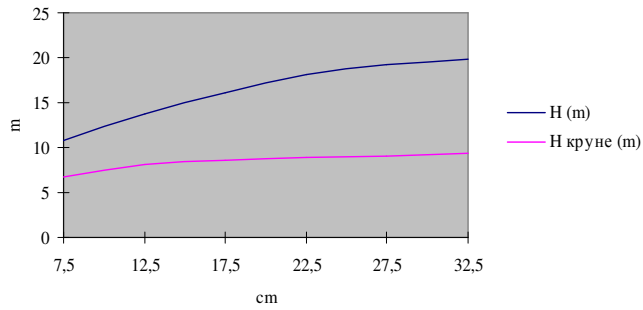
ОП	Пов. ха	Ср. стабло		Деб. степен	Бр. стабала	G по ха	Зап. по ха	Прир. на пов.	Прир. по ха	Зап. круне
		Ds	Hs							
3	0,30	20	13,8	12,5	270		13,0	3,1	10,2	0,17
				17,5	233		30,1			0,45
				22,5	217		55,7			0,96
				27,5	140		61,2			1,48
				32,5	47		31,4			1,83
				37,5	20		19,4			1,74
				42,5	7		8,9			0,64
					Ук.		933		219,5	



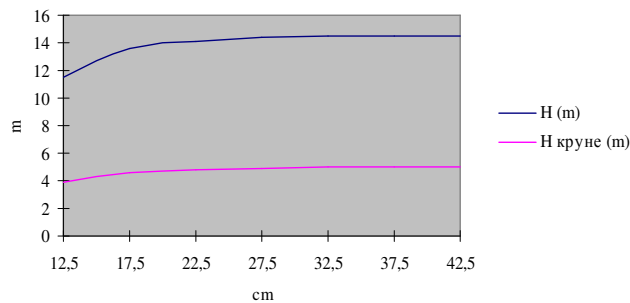
а. Огледно поље 2



б. Огледно поље 9



в. Огледно поље 6



г. Огледно поље 3

Фототабела 9. Висинске криве и криве висине круне стабала на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме

Приказани резултати таксационих мерења показују да су највећи пречник и висина средњег стабла на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне, а најмањи на огледним пољима пошумљеним багретом на јаме. Сходно томе, највећа запремина дрвета по хектару је на огледним пољима под црним бором сађеним на градоне, док је најмања на огледним пољима пошумљеним багретом на јаме.

Прираст по хектару је највећи на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне, а најмањи на огледном пољима пошумљеним багретом на јаме.

6.1.5.2. Процена резерви угљеника у укупној биомаси и по депоима за угљеник

Процена везаног угљеника вршена је: у живој биомаси (надземној и подземној), мртвом дрвету, стељи и земљишту.

Добијене вредности везаног угљеника дате су табеларно (Табела 6.61.; Табела 6.62.; Табела 6.63.) за свако огледно поље према методи пошумљавања и врсти којом је пошумљавано.

Табела 6.61. Резерве везаног угљеника (RezC) укупне и по депоима на огледним пољима пошумљаваним багретом на јаме

Огледно поље	Запремина дрвета m ³ ·ha ⁻¹	Надземна биомаса t·ha ⁻¹	RezC у живој биомаси t·ha ⁻¹	RezC у мртвом дрвету t·ha ⁻¹	RezC у стељи t·ha ⁻¹	RezC у земљишту t·ha ⁻¹	Укупна RezC t·ha ⁻¹
1	45,1	46,7	33,4	11,7	12,2	65,3	122,5
4	100,1	103,7	65,3	25,9	26,9	28,6	146,8
7	83,3	86,3	54,4	21,6	29,2	29,4	134,5
8	100,7	104,3	65,7	26,1	15,7	36,4	143,8
10	34,4	35,6	25,5	8,9	12,7	20,6	67,6

Табела 6.62. Резерве везаног угљеника (RezC) укупне и по депоима на огледним пољима пошумљаваним црним бором на јаме

Огледно поље	Запремина дрвета m ³ ·ha ⁻¹	Надземна биомаса t·ha ⁻¹	RezC у живој биомаси t·ha ⁻¹	RezC у мртвом дрвету t·ha ⁻¹	RezC у стељи t·ha ⁻¹	RezC у земљишту t·ha ⁻¹	Укупна RezC t·ha ⁻¹
5	114,3	93,8	56,9	23,4	49,1	27,6	157,0
11	128,4	96,8	63,9	24,2	18,7	36,6	143,4
12	102,8	77,5	51,2	19,4	13,7	9,7	94,0

Табела 6.63. Резерве везаног угљеника (RezC) укупне и по депоима на огледним пољима пошумљаваним црним бором на градоње

Огледно поље	Запремина дрвета m ³ ·ha ⁻¹	Надземна биомаса t·ha ⁻¹	RezC у живој биомаси t·ha ⁻¹	RezC у мртвом дрвету t·ha ⁻¹	RezC у стељи t·ha ⁻¹	RezC у земљишту t·ha ⁻¹	Укупна RezC t·ha ⁻¹
2	246,7	186,0	114,4	46,5	35,4	51,3	247,6
3	243,7	183,7	113,0	45,9	44,4	73,2	276,5
6	206,2	168,5	95,6	42,1	21,4	32,1	191,2
9	331,4	249,9	153,7	62,5	39,2	14,1	269,5

Старост састојине или засада има значајан утицај на укупну резерву везаног угљеника у екосистему и сваком депоу посебно (биомаса вегетације, шумска стеља, минерално земљиште) (Ouhmet et al., 2007). Поређење је вршено у циљу процене мелиоративних ефеката одабраних врста и метода пошумљавања са становишта способности везивања и складиштења угљеника, старост засада на огледним пољима је приближно иста.

Анализа варијансе показала је да нема статистички значајне разлике у погледу укупне резерве везаног угљеника (Укупна RezC) на огледним пољима пошумљаваним на јаме багретом и црним бором. Према овом истраживању, укупни везани угљеник на огледним пољима пошумљеним багретом на јаме износи $123,0 \pm 14,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (средина \pm ст. грешка), а на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме, укупна резерва везаног угљеника износи $130,2 \pm 18,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Поредећи укупну резерву везаног угљеника на огледним пољима под црним бором сађеним на градоне и на јаме, ANOVA показује статистички значајну разлику ($p < 0,01$), а на градонима је значајно већа укупна резерва везаног угљеника која износи $243,9 \pm 19,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Према наведеном, метода пошумљавања на градоне обезбеђује значајно повољније услове за везивање и депоновање угљеника.

Према наводима Lal (2005) укупна резерва везаног угљеника под 29 година старом шумом је $173 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, а под 69 година старом шумом износи $232 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. У поређењу са наведеним, укупни акумулирани угљеник на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине је знатан, ако се узме у обзир да је пошумљавање изведено на напуштаном пољопривредном земљишту.

Процењена резерва везаног угљеника у живој биомаси (RezC у живој биомаси) обухвата угљеник везан у надземној и подземној живој биомаси. Жива биомаса је уједно и најзначанији депо за везивање органског угљеника. Просечна резерва везаног угљеника у живој биомаси у шумама умереног појаса је $60\text{-}130 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, док је та вредност мања у бореалним шумама, а већа у тропским кишним шумама (Lal, 2005).

Анализа варијансе резерва угљеника у живој биомаси између огледних поља пошумљених различитим врстама (багрем и црни бор) није показала статистички значајне разлике. Процењена резерва везаног угљеника у живој биомаси на огледним пољима под багремом сађеним на јаме износи $47,5 \pm 9,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, а на огледним пољима под црним бором сађеним на јаме је $55,2 \pm 3,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Међутим, када се пореде резерве везаног угљеника у живој биомаси на огледним пољима пошумљеним црним бором сађеним на градоне и на јаме, постоји статистички значајна разлика ($p < 0,01$) и то на градонима је већа ($123,3 \pm 13,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Ово показује да метода пошумљавања на градоне ствара повољније услове за опстанак вегетације и продукцију дрвета (запремина и/или биомаса).

Посматрајући процентуално учешће резерве везаног угљеника у живој биомаси у укупној резерви везаног угљеника, уочава се да је процентуално највеће учешће на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне (51%), док је на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме учешће 42%, а код пошумљавања багремом на јаме износи 39%. Ouimet et al. (2007) наводе да је у засадима *Pinus resinosa* Ait. старости 22 године, процентуално учешће резерве везаног угљеника у живој биомаси у укупној резерви везаног угљеника износи чак 71%.

Резерва везаног угљеника у мртвом дрвету (RezC у мртвом дрвету) не показује статистички значајну разлику на огледним пољима пошумљаваним багремом ($18,8 \pm 3,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) и црним бором ($22,3 \pm 1,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), док статистички значајна разлика постоји између огледних поља пошумљених на јаме и на градоне ($49,2 \pm 4,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

За процентуално учешће резерве везаног угљеника у мртвом дрвету у укупној резерви угљеника, добијене су сличне вредности и то на огледним пољима пошумљеним багремом на јаме износи 15%, на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме је 17%, а на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне учешће везаног угљеника у мртвом дрвету је 20%.

Шумска стеља заједно са мртвим дрветом представља посебан депо за везивање угљеника који се у литературау налази под заједничким именом - мртва органска материја.

Према овом истраживању нема статистички значајних разлика у резерви везаног угљеника у стељи (RezC у стељи) на огледним пољима пошумљаваним на јаме багремом ($19,3 \pm 3,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) и црним бором ($27,2 \pm 11,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), али ни између огледних поља пошумљаваних црним бором на јаме ($27,2 \pm 11,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) и на градоне ($35,1 \pm 12,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Ouimet et al. (2007) су уочили да је у 22 године старим засадима *Pinus resinosa* Ait. акумулирано $6,7 \pm 1,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ у иловастом земљишту.

Процентуално учешће резерве везаног угљеника у стељи у укупној резерви везаног угљеника на огледним пољима под багремом сађеним на јаме је 16%, под црним бором сађеним на јаме је 21%, а под црним бором сађеним на градоне износи 14%.

Према Dixon et al. (1994), шумска земљишта држе око 40% укупног надземног угљеника и представљају значајан депо за везивање угљеника (Jobbágy и Jackson, 2000; Lal, 2005).

Иако нема статистички значане разлике у резерви везаног угљеника у земљишту између огледних поља пошумљаваних багремом ($24,6 \pm 7,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) и црним бором ($36,1 \pm 7,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) и огледних поља пошумљаваних на јаме ($36,1 \pm 7,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) и на градоне ($42,7 \pm 12,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), разлике се уочавају у корист методе пошумљавања на градоне.

Процентуално највеће ућешће у укупној резерви везаног угљеника има резерва везаног угљеника у земљишту на огледним пољима пошумљеним багремом на јаме 29%. На огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме износи 19%, а на огледним пољима пошумљеним на градоне износи 18%. Објашњење би се могло наћи у томе да багрем као лишћарска и врста са способношћу фиксације атмосферског азота обезбеђује већу акумулацију угљеника у земљишту (Paul et al., 2002). Такође, стеља ових врста се брже разлаже у односу на стељу врста које нису азотофиксатори (O'Connell и Sanکارan, 1997), што може утицати на повећање стопе акумулације угљеника у земљишту под багремом (Paul et al., 2002).

Дистрибуција везаног угљеника у земљишном профилу детаљно је приказана у поглављу 6.1.2.1.3.

6.1.5.3. Годишњи прираст везаног угљеника укупни и по депоима за угљеник

Годишњи прираст везаног угљеника укупни и по депоима рачунат је по препорукама ИРСС (2003). Добијене вредности дате су у табелама (Табела 6.64.; Табела 6.65.; Табела 6.66.) за сва огледна поља према врсти и методи којима је пошумљавано.

Табела 6.64. Годишњи прираст дрвета, биомасе и везаног угљеника на огледним пољима пошумљеним багремом на јаме

Огледно поље	Годишњи прираст $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Годишњи прираст биомасе $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у биомаси $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у мртвом дрвету $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у стељи $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у земљишту $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Укупан прираст везаног угљеника $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$
1	2,67	1,333	0,667	2,336	8,1	1,28	12,4
4	5,93	2,609	1,305	5,185	17,9	0,56	25,0
7	5,93	2,965	1,483	4,315	19,5	0,58	25,8
8	6,71	3,357	1,678	5,216	10,4	0,71	18,0
10	2,92	1,460	0,730	1,782	8,5	0,40	11,4

Табела 6.60. Годишњи прираст дрвета, биомасе и везаног угљеника на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме

Огледно поље	Годишњи прираст $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Годишњи прираст биомасе $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у мртвом дрвету $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у стељи $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у земљишту $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Укупан прираст везаног угљеника $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$
5	5,63	1,972	0,986	4,690	16,4	0,54	22,6
11	6,60	3,302	1,651	4,839	6,2	0,72	13,4
12	5,02	2,509	1,255	3,876	4,6	0,19	9,9

Табела 6.66. Годишњи прираст дрвета, биомасе и везаног угљеника на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне

Огледно поље	Годишњи прираст $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Годишњи прираст биомасе $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у мртвом дрвету $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у стељи $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Прираст везаног угљеника у земљишту $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Укупан прираст везаног угљеника $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$
2	7,47	2,688	1,344	9,301	11,8	1,01	23,5
3	8,37	2,510	1,255	9,187	14,8	1,44	26,7
6	9,43	4,717	2,359	8,426	7,1	0,63	18,5
9	13,13	6,563	3,282	12,495	13,1	0,28	29,1

Резултати ANOVA-е показују да не постоји статистички значајна разлика у погледу прираста укупног везаног угљеника, али ни по депоима у којима се акумулира везани угљеник.

Статистички значајна разлика постоји у прирасту везаног угљеника у мртвом дрвету ($p < 0,010$) и укупном прирасту везаног угљеника ($p = 0,090$) и већа је на огледним пољима пошумљеним црним бором на градоне. Прираст везаног угљеника у мртвом дрвету на градонима износи $9,9 \pm 0,9 t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$, а укупни прираст везаног угљеника је $24,4 \pm 2,3 t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$, док је прираст угљеника у мртвом дрвету на јамама $4,5 \pm 0,3 t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$, а укупни прираст угљеника износи $15,3 \pm 3,8 t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$.

Прираст везаног угљеника у живој биомаси према Ouimet et al. (2007) у 22 године старом засаду *Pinus resinosa* Ait. износи $1,66 \pm 0,03 t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$, док је у овом истраживању добијено да је под багретом сађеним на јаме $1,2 \pm 0,2 t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$, под црним бором сађеним на јаме је $1,3 \pm 0,2 t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$, од црним бором сађеним на градоне износи $2,1 \pm 0,5 t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$.

Шумска стеља је после живе биомаса још један значајан депо органског угљеника. Може садржати велике количине везаног угљеника (Paul et al., 2002). Иако је у овом истраживању прираст везаног угљеника вероватно, прецењен, јер је процена вршена уз претпоставку да се целокуна сува маса стеље у

процесима разлагања и минерализације трансформише у везани органски угљеник.

Richter et al. (1999) налазе да под засадом *Pinus taeda* L. успостављеном на претходно пољопривредном земљишту око 96% угљеник се акумулира у стељи.

Шумска земљишта садрже око 40% укупног надземног угљеника (Dixon et al., 1994), стога се разматрају као посебан депо за везивање угљеника. Ouimet et al. (2007) наводе да је у 22 године старим засадима *Pinus resinosa* Ait. прираст везаног угљеника у земљишту $0,86 \pm 0,47 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, а према Silver et al. (2000) прираст везаног угљеника у земљишту које је поново пошумљено, у периоду од 100 година је $0,41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, док је током првих 20 година прираст везаног угљеника $1,30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. На огледним пољима пошумљеним багретом на јаме прираст везаног угљеника у земљишту је $0,7 \pm 0,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, на огледним пољима пошумљеним црним бором на јаме је $0,5 \pm 0,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, а на огледним пољима под црним бором сађеним на градоње је $0,8 \pm 0,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$.

6.2. Утицај избора врсте за пошумљавање и методе пошумљавања на мелиоративне ефекте противерозионих пошумљавања

Успех пошумљавања и његови мелиоративни ефекти зависе најпре од фактора средине од којих се издвајају клима, рељеф (орографија) и матични супстрат. Међутим, неодговарајућим избором врсте за пошумљавање или методе пошумљавања, чак и у релативно повољним условима станишта исход пошумљавања неће бити задовољавајући.

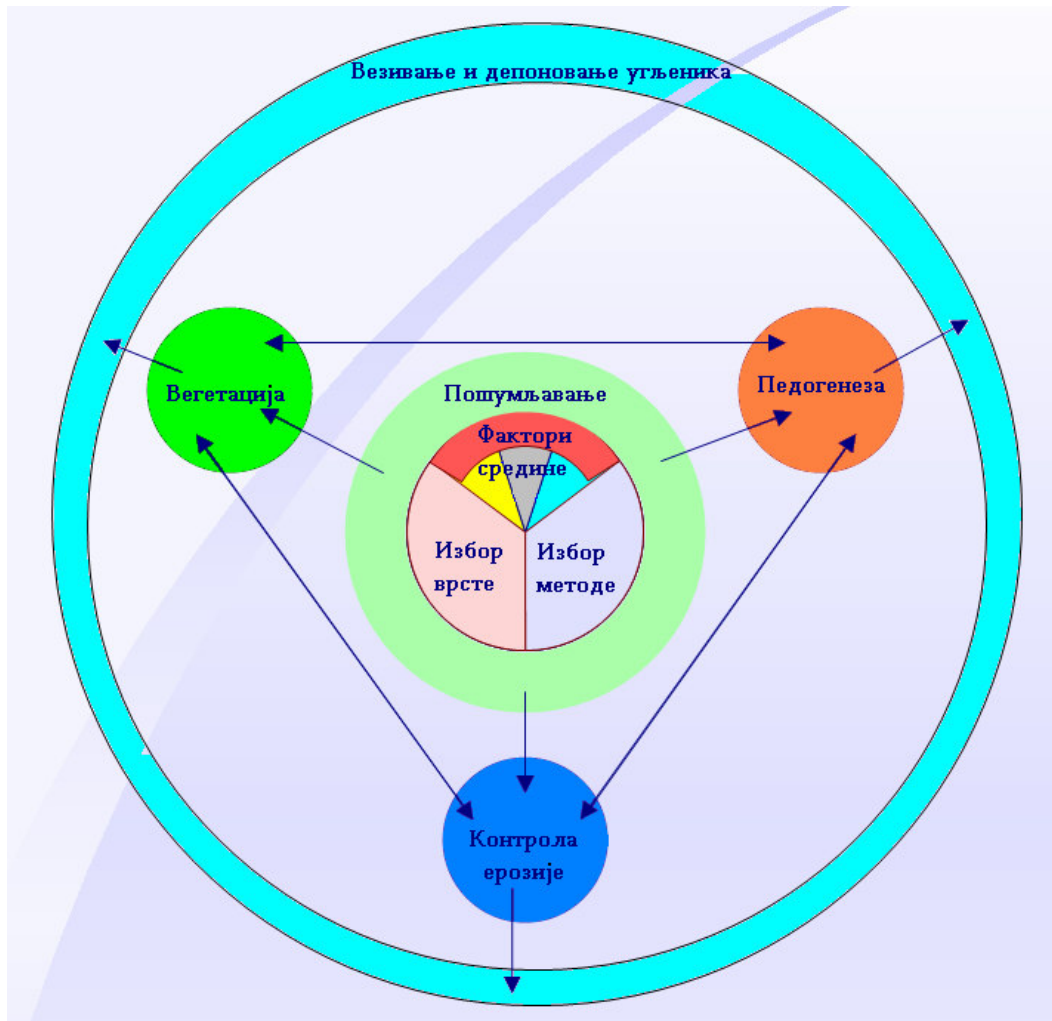
На Слици 6.26. су приказани мелиоративни ефекти пошумљавања и утицај избора врсте за пошумљавање и методе пошумљавања на њих.

Са мелиоративног аспекта, ефекти пошумљавања се могу посматрати кроз успостављање, развијање и сукцесију вегетације, контролу ерозије, процес педогенезе и капацитет везивања и складиштења атмосферског угљеника у биомаси и земљишту.

Међутим, и сами наведени мелиоративни ефекти утичу међусобно једни на друге. Већ сама припрема земљишта за пошумљавање представља почетак контроле ерозије утичући на смањење отицања и губитака земљишта. Брзина успостављања вегетације условљава степен контроле процеса ерозије. Контролом ерозије обезбеђују се повољни услови за одвијање педогенезе. У процесу педогенезе формира се земљиште, а земљиште бољих особина, може подржати остатак већег броја врста укључујући и оне које су захтевније у погледу услова средине. Тиме се стварају услови за прогресивну сукцесију врста и флористички диверзитет.

Појачано деловање ефекта стаклене баште и климатске промене које оно повлачи угрожава опстанак многих врста, али и човека. Пошумљавање и обнављање шума уз правилно газдовање шумама представља једну од моћних стратегија за ублажавање климатских промена кроз везивање и депоновање атмосферског угљеника у биомаси и земљишту (Marland и Marland, 1992;

Moffat, 1997; Ingham, 2000). Угљеник се депонује у биомаси, мртвој органској материји и земљишту. Контролом ерозије и развијањем земљишта, повећава се капацитет земљишта за депоновање угљеника. С друге стране, добро развијена и разноврсна вегетација, посебно дрвенаста представља значајан и дугорочан депо за угљеник.



Слика 6.26. Фактори који одређују мелиоративне ефекте противерозионих пошумљавања

Добар избор врсте за пошумљавање и методе пошумљавања обезбедиће оптимално испољавање мелиоративних ефеката противерозионих пошумљавања.

Улога правилног избора врсте за пошумљавање и методе пошумљавања у складу са факторима средине је да обезбеди брже и ефикасније успостављање вегетације и контролу ерозије. Сам избор врсте за пошумљавање утиче на брзину успостављања вегетације и на правац у ком ће се одвијати сукцесија на пошумљеним површинама, док избор методе утиче на првом месту на ефикасност у контроли ерозије. Контролисана ерозија и присуство вегетације су предуслови за одвијање процеса педогенезе.

На тај начин избор врста за пошумљавање и методе пошумљавања посредно утичу на везивање и депоновање атмосферског угљеника на пошумљеним површинама. Оптималан избор врсте за пошумљавање даће већу биомасу способну за депоновање угљеника, али и оптималне услове за декомпозицију и минарализацију органске материје. Док оптималан избор методе доприноси депоновању угљеника директним деловањем на контролу ерозионих процеса.

6.3. Критеријуми за избор врста за пошумљавање и избор метода пошумљавања у условима Грделичке клисуре и Врањске котлине

6.3.1. Критеријуми за избор врста за пошумљавање

Избор врста за пошумљавање представља деликатан задатак. Наиме, правилним избором врста за пошумљавање могу се постићи вишеструке користи од пошумљавања, док лош избор врста не само да не омогућава додатне користи, већ и не обезбеђује примарну функцију пошумљавања, а то је успостављање дрвенасте вегетације. Много је фактора који могу бити од значаја за успех пошумљавања, односно, испољавање мелиоративних ефеката пошумљавања, почевши од фактора средине подручја које треба пошумити, преко финансијских средстава која су на располагању (а обично су ограничена)

и могућности набавке одговарајућег садног материјала у расадницима, до избора врста за пошумљавање које ће у датим условима пружити оптималне мелиоративне ефекте.

На основу резултата истраживања спроведеног на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине, Лујић (1960) уводи појмове „потенцијал локалне топлоте“ и „локални топлотни фактор“ који одређују однос између елемената рељефа и распореда вегетације. Према овом аутору, поменути појмови се односе на релативну могућност загревања терена без вегетације директним сунчевим зрачењем, што обједињава три основна елемента рељефа који су пресудни за распоред вегетације: експозицију, нагиб и надморску висину. Лујић испитује и еколошке амплитуде главних врста које чине шумске састојине у којима је дата врста преовлађујући едификатор и у зависности од биолошких и еколошких особина врсте и осмотрених елемената рељефа, дефинише „састојине врсте едификатора“ које могу послужити као водич приликом избора врста за пошумљавање голети.

Поред наведених елемената рељефа важних за распоред вегетације и избор врста за пошумљавање према Лујићу, критеријуми за избор врста за пошумљавање у овом раду су обухватили и едафске елементе, односно рН земљишта, садржај N у земљишту и однос C/N. Овим се јасно дефинишу услови станишта за потребе избора врста за пошумљавање.

Овим истраживањем обухваћене су две врсте којима је пошумљавано - багрем и црни бор. Овим врстама се масовно пошумљавало на подручју Србије и на простору бивше Југославије. Најчешће су коришћене за пошумљавање због својих пионирских особина и могућности једноставне и масовне производње за потребе пошумљавања.

Међутим, услед глобалног отопљавања и климатских промена, дошло је до померања доње висинске границе ареала црног бора у шумама Бугарске, због чега долази до масовног сушења борових култура испод 800 m надморске

висине, што показују истраживања сушења шума у Бугарској (Раев, 2012.). У Македонији је такође, присутан проблем угрожености борових култура различитим штеточинама, од којих је боров четник (*Thaumatoroea pityocampa*) најчешћи. Разлог томе је пошумљавање црним бором оних станишта која су изван његовог биолошког оптимума.

Иако бор као врста (*Pinus* sp.) није показао задовољавајуће резултате у погледу повећања флористичког диверзитета на подручјима на којима је примењиван (Andrés и Ojeda, 2002; van Wesenbeeck et al., 2003; Chirino et al., 2006; Varčić et al., 2006) не могу се занемарити други мелиоративни ефекти пошумљавања врстама бора као што су ефикасност у контроли ерозије и способност везивања и депоновања атмосферског угљеника (Richter et al., 1999; Ouimet et al., 2007).

Утврђено је смањење губитака земљишта на површинама које су пошумљене црним бором током времена, али у поређењу са губицима земљишта на површинама пошумљеним багретом, црни бор не показује значајно боље резултате.

У погледу везивања и депоновања органског угљеника живој биомаси и мртвој органској материји, црни бор као врста није показао статистички значајно боље резултате од багрета. Док у земљишту под багретом тежи да се депонује више угљеника него у земљишту под црним бором.

Фактори које би требало разматрати при одабиру врсте за пошумљавање (Табела 6.67.) у условима средине који карактеришу подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине су:

1. рН земљишног раствора,
2. садржај N у земљишту,
3. однос C/N,
4. нагиб и
5. надморска висина површине која се пошумљава.

Табела 6.67. Критеријуми за избор врсте за пошумљавање

Врста	рН зем. раст		садрж. N у зем.		однос C/N		нагиб		надм. висина	
	<5,0	>5,0	<0,02	>0,02	<30:1	>30:1	<30%	>30%	<600м	>600м
багрем	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
црни бор	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+

1. Реакција земљишта (рН земљишног раствора) је значајна за продуктивност биљне производње. Наиме, од реакције земљишта зависи покретљивост, растворљивост и могућност усвајања хранљивих материја у земљишту од стране биљака. Такође, са повећањем киселости земљишта смањује се активност бактеријске микрофлоре у земљишту на рачун активности и бројности гљивица (Антић et al., 1990).

Токсичност неких тешких метала испољава се при већој киселости земљишта, односно при нижим рН-вредностима земљишног раствора. Тешки метали који се налазе у земљишту као што су Zn и Cu који спадају у биогене елементе и Pb које је токсично, при ниским вредностима рН (у киселој средини) постају растворљиви, мобилни и приступачни биљкама, па тиме и токсични.

При киселој реакцији земљишта интензитет хемијског распадања минерала је већи, а само једна од последица тога је губитак структурности земљишта. Према класификацији земљишта у односу на рН вредност у води, земљишта чија рН износи мање од 5,0 спадају у класу врло јако киселих земљишта и стога би на земљишту где је рН земљишног раствора мање од 5,0 (врло кисела реакција), требало избегавати избор црног бора као врсте за пошумљавање. (Аналогно томе и друге врсте које утичу на повећање киселости земљишта)

2. Азот спада у макроелементе и један је од најважнијих елемената у исхрани биљака. У земљишту се често налази у минимуму због чега ограничава биљну производњу.

С обзирим да су пошумљавања обухваћена истраживањем изведена на земљишту исцрпљеном екстензивном пољопривредом, садржај N у земљишту је један од фактора који би требало размотрити при избору врста за пошумљавања таквих земљишта. Према класификацији по Wohltmann-у земљишта која садрже 0,03-0,02% укупног азота спадају у врло сиромашна, док она са мање од 0,02% укупног азота имају ограничену способност за узгој биљака. Према томе, земљишта која садрже мање од 0,03% укупног азота, нису погодна за пошумљавање црним бором, јер четине црног бора због својих карактеристика успоравају процес минерализације органске материје.

3. Однос C/N је показатељ брзине трансформације органске материју у земљишту. Ужи однос C/N указује да се органска материја налази у одмаклим фазама декомпозиције и указује на квалитет образованих хумусних материја. Широки однос C/N (>30:1) утиче да земљишни микроорганизми усвајају азот из земљишног раствора тако да постају конкуренција вишим биљкама у усвајању азота (Антић et al., 1990).

Узевши у обзир да црни бор даје велике количине стеље која се због својих карактеристика (пре свега киселости) спорије распада и тежи да се нагомилава у виду сировог хумуса, на земљишту које карактерише широки однос C/N не би требало бирати црни бор за пошумљавање.

4. Нагиб утиче на: надземно кретање воде, распоред снега, клизање земље, педолошке процесе у земљишту, режим влаге, степен хранљивости, ниво и брзину кретања подземне воде, смањење опасности од касних пролећних и раних јесењих мразева, дебљину земљишног слоја и ерозионо дејство воде (Лујић, 1973). Велики нагиби падина условљавају клизање земљишта као и површинско отицање услед падавина којим се наноси материјал који омета

процес педогенезе што успорава даље развијање земљишта. Површине са великим нагибом и без заштите вегетације спадају у потенцијално најеродибилнија станишта, те је потребна посебна опрезност при избору врста за пошумљавање таквих површина.

У овом истраживању багрем је показао ефикасност у контроли ерозије на површинама са нагибима и до 40%, с тим да се оцењени губици земљишта знатно повећавају на површинама са нагибом изнад 30%. Према класификацији (Костадинов et al., 2008б), површине са нагибом преко 30% спадају у III класу нагиба. Стога, у односу на нагиб површине намењене пошумљавању, багрем не би требало користити на нагибу већем од 30%.

5. Надморска висна представља битан фактор средине, јер од ње зависи велики број еколошких чинилаца, а тиме и присуство одређених вегетацијских облика. У условима северног умереног појаса са порастом надморске висине за 100 m температура опадне просечно за 0,56°C (Лујић, 1973. цит. Милосављевић, 1951). Такође, са повећањем надморске висине повећава се количина падавина, као и процентуално учешће снега у укупној количини воденог талоба и дужина његовог задржавања. Вегетациони период се скраћује са порастом надморске висине и прама Хорвату (1949) за сваких 100 метара надморске висине скраћује се за 11,5 дана. Сви наведени фактори битно утичу на вертикални распоред вегетације.

Са порастом надморске висине услови средине постају суровији за опстанак врста, тако да многе врсте које опстану, не дају свој максимум. То је посебно битно при избору врста за мелиоративна пошумљавања. Наиме, уколико врста не може правилно да се развије, неће обезбедити задовољавајуће мелиоративне ефекте.

Иако багрем спада у пионирске врсте и јавља се на надморској висини до 1540 m (Јовановић, 1982), према резултатима овог истраживања већ на надморској висини изнад 600 m има знатно мању запремину дрвета и круне по

хектару, што свакако умањује његову мелиоративну ефикасност у погледу контроле ерозије и способности везивања и депоновања атмосферског угљеника.

6.3.2. Критеријуми за избор методе пошумљавања

Многе методе пошумљавања су осмишљене управо у циљу повећања ефикасности пошумљавања. Избор одговарајуће методе пошумљавања је преваходно значајан при пошумљавању терена са лошим станишним условима. Тако су у циљу постизања бољих резултата пошумљавања на кршу осмишљене метода по Етингеру, метода по Орашу, садња у гнезда, садња у јаркове и друге. Примењиване су и додатне мере контроле ерозије као што су инфилтрационе банкете на којима се пошумљава, белгијске терасе за пошумљавање, контрурни ровови, водоравни зидићи против спирања по Росићу и садња на њима, градони за пошумљавање и друге методе.

Овим истраживањем су обухваћене две најчешће примењиване методе, а то су пошумљавање на јаме и пошумљавање на градоне. Метода садње на градоне развијена је за пошумљавање терена са најнеповољнијим условима станишта као што су површине без вегетације, са веома оскудним и сиромашним земљиштем, на сувим и топлим експозицијама. Док метода садње на јаме представља најједноставнију методу садње која захтева минималне трошкове.

У оквиру овог истраживања проучавани су мелиоративни ефекти посматрани кроз контролу ерозије и везивање и депоновање атмосферског угљеника у биомаси и земљишту.

Анализирајући губитке земљишта, дошло се до тога да је метода садње на градоне показала статистички значајно ефикаснија у контроли ерозије. Наиме, губици земљишта на површинама пошумљеним на градоне су 1967. године

били већи од оних на површинама сађеним на градоне и статистички значајно су смањени у периоду од 1967. до 2009. године.

Засади на градонима су показали боље мелиоративне ефекте у погледу везивања и депоновања угљеника. Укупна резерва везаног угљеника, резерва угљеника у биомаси, мртвом дрвету и у земљишту је статистички значајно већа у засадима на градонима. Слично као и укупан годишњи прираст везаног угљеника и прираст везаног угљеника у мртвом дрвету.

У овом истраживању добијено је да резерва везаног угљеника у земљишту пошумљеном на градоне зависи од нагиба површине, док код пошумљавања на јаме зависи од величине губитака земљишта.

На огледним пољима пошумљеним на градоне резерва везаног угљеника је у линеарној функцији нагиба површине и може се приказати на следећи начин:

$$\text{RezC}_{\text{zemG}} = 143,112 - 2,71452 \cdot \text{Nagib},$$

где је:

$\text{RezC}_{\text{zemG}}$ – садржај везаног угљеника у земљишту пошумљеном на градоне
($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Nagib – нагиб површине (тангенс угла нагиба).

Модел објашњава 94,5% варијабилности резерве везаног угљеника у земљишту пошумљеном на градоне. коефицијент корелације износи -0,972 и указује на јаку везу између променљивих. Статистички значај утицаја нагиба на резерву везаног угљеника у земљишту је на нивоу значајности 95% ($p < 0,05$).

Код пошумљавања на јаме кључни фактор је величина губитака земљишта и та функционална зависност се може изразити:

$$\text{RezC}_{\text{ZemJ}} = 46,8019 - 5,62654 \cdot W_{\text{god}},$$

где је:

$\text{RezC}_{\text{ZemJ}}$ – садржај везаног угљеника у земљишту пошумљеном на јаме ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

W_{god} – оцењени губици земљишта на површинама пошумљеним на јаме ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$).

Овај модел објашњава 99,4% варијабилности резерве везаног угљеника у земљишту пошумљеном на јаме. Веза између променљивих је јака што показује коефицијент корелације -0,997, а $p=0,05$ показује да је утицај губитака земљишта на резерву везаног угљеника у земљишту на нивоу значајности 95%.

Из приказаних функција се види да су нагиб и губици земљишта обрнуто сразмерни резерви везаног угљеника у земљишту, односно да са повећањем нагиба и повећањем губитака земљишта резерва везаног угљеника у земљишту се смањује.

Приликом избора методе пошумљавања (Табела 6.68.) у условима који су карактеристични за подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине требало би размотрити следеће факторе:

1. нагиб,
2. експозиција и
3. дебљина А-хоризонта.

Табела 6.68. Критеријуми за избор методе за пошумљавање

Метода	нагиб		експозиција		моћност А-хоризонта	
	< 30%	> 30%	S; SE; SW	N; NE; NW	< 5 cm	> 5 cm
јаме	+	-	-	+	-	+
градони	-	+	+	(+)	+	(+)

(+) – означава да се метода може применити уколико остали фактори сугеришу њену примену

1. Нагиб је један од значајних фактора који утичу на развијање процеса ерозије. Површинама са великим нагибом су еродибилније, на њима брже долази до одношења земљишта при уклањању вегетације, а услови за поновно успостављање вегетације су мање повољни у односу на површине са мањим нагибом. Према резултатима овог истраживања, градони су показали боље ефекте у погледу смањења губитака земљишта нарочито на падинама стрмијих нагиба. Сходно томе, у условима деградираних станишта на нагибима преко 30% пожељно је одлучити се за методу пошумљавања на градоне.

2. Експозиција је фактор рељефа која заједно са нагибом утиче на услове микроклиме станишта. Истраживања (Сољаник, 1955; Лујић, 1960; Økland et al., 2003; Wang и Medley, 2004) су показала да су услови станишта, а тиме и распоред вегетације, различити на северним и јужним експозицијама. Према истим ауторима јужне експозиције су топлије и сувље. Лујић (1973) наводи да се утицај експозиције испољава у различитој мери у зависности од нагиба, тако да блажи нагиби смањују разлике у загревању појединих експозиција, а стрмији нагиби их повећавају.

Узевши у обзир да су овим истраживањем обухваћене само топле експозиције (јужна, југозападна и југоисточна) које су истовремено и мање повољне за успостављање вегетације од северних експозиција, да у таквим условима боље резултате у контроли ерозије (смањењу губитака земљишта), али и значајно веће резерве везаног угљеника су дали засади на градонима. Све наведено говори у прилог томе да се на топлим јужним експозицијама и нагибима преко 30% треба одредити за методу пошумљавања на градоне, јер она обезбеђује конзервацију влаге од падавина у зони корена садница, а притом смањује кинетичку енергију падавинске воде која се слива низ падину.

3. А-хоризонт је хумусно-акумулативни хоризонт и одликује се великом биолошком активношћу где се органска материја потпуно

трансформише у хумус и сједињава са минералном компонентом у хумусно-минерални комплекс (Антић et al., 1990). Као такав је веома значајан са становишта пријема и опстанка вегетације. Моћнији А-хоризонт чини станиште (земљиште) повољнијим за успостављање вегетације. Стога се на земљишту са дебљим А-хоризонтом може применити метода пошумљавања на јаме, док је на стаништима где је А-хоризонт мале дебљине или је одсутан (А-хоризонт < 5 cm), нарочито на површинама са већим нагибом сигурније изабрати методу пошумљавања на градоне.

6.4. Препоруке за издвајање површина погодних за пошумљавање у циљу везивања и депоновања атмосферског угљеника

Убрзане климатске промене утичу да се Планета константно загрева. Узрок пораста температуре је последицу људских активности од којих су главне убрзани индустријски развој, коришћење фосилних горива у току последња два века од почетка индустријске револуције и активне дефорестације (крчења шума). Све то је довело до изразитог повећања емисије гасова стаклене баште, међу којима се издваја угљен-диоксид (CO₂) чија је емисија критично повећана последњих деценија. Концентрација атмосферског угљен-диоксида, који у највећој мери одређује температуру Земље, је порасла са вредности од око 275 ppm пре индустријске револуције на око 360 ppm 1996, а данас износи 379 ppm. Оваквом стопом раста може се очекивати да током ове декаде достигне критичних 400 ppm при чему се просечна температура повиси за 2°C (<http://globalnozagrevanje.biz.tc/>). Процењује се да би средња годишња глобална температура атмосфере до 2100. године по позитивном сценарију могла да се повећа за 1,8°C, док у супротном, уколико се значајно не смањи емисија гасова стаклене баште, би могла да се повећа чак за 6,4°C. Према извештају Међувладиног панела за климатске промене (IPCC, 1996)

температура се повећала између 0,5 до 1,1°C током прошлог века, а у истом временском периоду, ниво мора је порастао 10 до 25 cm.

Као што је већ поменуто, масовна сеча шума је један од главних узрока климатских промена. Светски институт за природне ресурсе (WRI) износи податак да је на Земљи до данас уништено више од 80% природних шума. Масовним сечама шума највише су погођене тропске шуме, а подаци за Бразил и Индонезију говоре да је од 4 милиона хектара прашуме до сада уништено 2,3 милиона и сваке године се посече око 62 000 хектара кишних шума. Како уништавање шума доводи до повећања концентрације гасова стаклене баште, пре свега CO₂ и повећања средње годишње температуре ваздуха, тако пошумљавање може бити моћна стратегија у борби са глобалним загревањем, што потврђују многа истраживања.

Шуме утичу на смањење концентрације гасова стаклене баште који су одговорни за глобално загревање. Везујући атмосферски CO₂, шуме смањују његову концентрацију у атмосфери. У процесу фотосинтезе шуме апсорбују више CO₂ него што га емитују у процесу респирације, што резултира малим протоком угљеника у или из шуме, на чему је базирана стратегија ублажавања климатских промена применом пошумљавања (Moffat, 1997).

Потенцијал за везивање и депоновање атмосферског угљеника је категорија која се односи на способност неког земљишног простора да пошумљавањем постане депо за угљеник. Површине које имају највећи потенцијал за везивање и акумулацију угљеника су обешумљена и деградирана земљишта, напуштене оранице, деградиране шуме и шибљаци, деградирани пашњаци и сличне површине.

На подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине, као један од највећих проблема јавља се неконтролисана ерозија као последица обешумљавања, а затим и напуштања ораница исцрпљених екстензивном пољопривредном производњом. Деградирана земљишта овог подручја, без заштите вегетације и

изложена процесима ерозије су непогодна и са еколошког и са производног становишта. Примена стратегије пошумљавања на таквим стаништима доприноси успостављању контроле ерозије и унапређењу услова средине на њима. Посебно је битно истаћи да таква станишта имају потенцијал за везивање и депоновање угљеника. Обешумљене, деградиране и напуштене површине на овом подручју пошумљавањем могу постати значајни депои за угљеник.

Правилним избором врста за пошумљавање и метода пошумљавања може се допринети повећању капацитета за везивање и депоновање угљеника. Ово истраживање је показало да је на површинама пошумљеним црним бором на градоне депоновано $243,9 \pm 19,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

На подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине за примену стратегије пошумљавања треба препоручити сва земљишта која су:

- огољена или деградирана ерозијом,
- изузета из пољопривредне производње и напуштена,
- под деградираном шумом или шибљаком и
- под деградираним пашњацима.

Овome треба додати сва земљишта која су маргинална за коришћење у пољопривредној производњи. Према Nui и Duiker-у (2006) маргинална земљишта су она која имају ограничења за производњу усева у погледу основних својстава земљишта (физичка и хемијска својства) или у погледу фактора средине. Стога се у категорију маргиналних земљишта могу сврстати земљишта са високим нивоом подземних вода, земљишта на великим нагибима (велика еродибилност), плитка земљишта, каменита, слабе плодности или у хладном режиму температуре.

У условима Грделичке клисуре и Врањске котлине површине које се налазе на нагибу већем од 15% и припадају II и III класи нагиба (Костадинов et al., 2008б), са оскудном вегетацијом или без вегетације, где се уочавају процеси ерозије и губици земљишта прелазе дозвољене вредности, требало би

разматрати као површине које имају потенцијал за везивање и складиштење угљеника уз примену стратегије пошумљавања.

Узевши у обзир да је овим истраживањем потврђено да избор врсте за пошумљавање и методе пошумљавања утичу на испољавање мелиоративних ефеката пошумљавања, даљим проучавањима мелиоративних ефеката противерозионих пошумљавања требало би обухватити друге врсте за пошумљавање и методе пошумљавања. Осим тога, мелиоративне ефекте врста и метода које су обухваћене овим истраживањем треба испитати у другим условима средине. Тиме би се добила комплетнија слика о мелиоративним ефектима проучаваних врста за пошумљавање и метода пошумљавања.

Тешкоће које се могу очекивати приликом нових истраживања су сличне онима на које се сусретало током овог истраживања. Несавестан однос људи према шуми који се огледа у сечи појединачних стабала која узгојним мерама нису била предвиђена за сечу, затим неконтролисано изношење шумских плодова (боровница, јестиве гљиве) и угрожавање опстанка заштићених врста само су неки од проблема са којим се најчешће суочава. Појачана контрола од стране шумара као и подизање свести становништва о значају шума и њиховог вишеструког деловања на квалитет животне средине су неке од мера које треба предузети у циљу одрживости шума за обављање заштитне и мелиоративне функције. Само савесним односом према шуми на свим нивоима почевши од људи који насељавају дато подручје, преко оних који су задужени да спроводе прописане мере управљања шумама до стручњака задужених за прописивање узгојних планова и планова газдовања у складу са одрживим управљањем, може се очекивати да шума одржи све своје функције и допринесе унапређењу квалитета животне средине и живота људи тог подручја.

7. ЗАКЉУЧЦИ

Према постављеним хипотезама у истраживању дошло се до следећих закључака:

- **пошумљавањем деградираних станишта унапређују се стање елемената животне средине подручја**
- **пошумљавањем се успоравају и ублажавају процеси деградације земљишта**

На свим огледним пољима у земљишним профилима присутан је хумусно-акумулативни А-хоризонт. Земљиште је развијено у мањој или већој мери и налази се у различитим генетско-еволутивним фазама.

Према процењеним резервама везаног угљеника у земљишту, уочава се да су земљишта на којима су вршена пошумљавања значајан депо за угљеник.

Дистрибуција резерве везаног угљеника по издвојеним слојевима земљишта показује да се највише угљеника депонује у стељи, а затим у А-хоризонту у односу на укупни везани угљеник у земљишту.

- **избор врста за пошумљавање утиче на испољавање мелиоративних ефеката пошумљавања**

Према резултатима овог истраживања уочено је да у земљишту под багреном и у стељи багрема има значајно више азота што се може приписати

способности азотофиксације багрема. Канонијска кореспондентна анализа (ССА) издваја огледна поља под багретом у погледу садржаја азота у стељи. Док је у земљишту пошумљеном црним бором значајно већи садржај хумуса и резерва везаног угљеника у стељи, што се такође може приписати особини врсте да даје стељу која се спорије разлаже.

Оптимално испољавање мелиоративних ефеката пошумљавања условљено је правилним избором врста за пошумљавање и метода пошумљавања у складу са условима средине подручја на коме су предвиђена пошумљавања. Тако ће правилан избор врста за пошумљавање у складу са условима средине обезбедити да се брже успостави вегетација, а тиме и контрола ерозије. Осим тога, утицаће на правац у коме ће се одвијати сукцесија на пошумљеним површинама. Овим истраживањем је потврђено да врсте као што је црни бор, које доводе до регресивне сукцесије појединих шумских асоцијација, треба користити само у случају када фактори средине не дозвољавају примену других врста за пошумљавање.

- **противерозионим пошумљавањима губици земљишта су доведени у толерантне границе**
- **багрет као врста за пошумљавање је ефикаснији у односу на црни бор у смањењу губитака земљишта**

У односу на губитке земљишта, истраживање је показало да су годишњи губици земљишта на површинама под багретом статистички значајно смањени од 1967. до 2009. године, док под црним бором то смањење јесте уочљиво, али нема статистички значај. Губици земљишта у 1967. години на површинама под багретом су били знатно већи него на површинама под црним бором, док је у 2009. години та разлика готово незнатна.

- **избор методе пошумљавања (у одређеним условима средине) утиче на квалитет мелиоративних ефеката пошумљавања**

Метода пошумљавања утиче на дистрибуцију везаног угљеника у земљишту.

Код пошумљавања багретом на јаме резерва везаног угљеника у земљишту зависи од класе нагиба површине, рН земљишног раствора и дебљине А-хоризонта, док резерва везаног угљеника у А-хоризонту поред наведених параметара зависи и од садржаја хумуса у А-хоризонту. Осим тога, резерва везаног угљеника у А-хоризонту се налази у функционалној зависности од садржаја глине у А-хоризонту, тако што се са повећањем садржаја глине повећава и резерва везаног угљеника.

Резерва везаног угљеника у земљишту ког пошумљавања црним бором на градоне слично пошумљавањима багретом на јаме зависи од рН земљишног раствора, дебљине А-хоризонта и садржаја глине у земљишту, као и резерва везаног угљеника у А-хоризонту која зависи од садржаја хумуса, рН и дебљине А-хоризонта.

За разлику од пошумљавања црним бором на јаме где је нађено да резерва везаног угљеника у земљишту може да се изрази реципрочном X-функцијом у зависности од садржаја глине у земљишту, а резерва везаног угљеника у А-хоризонту - моделом функције S-криве у зависности од дебљине А-хоризонта.

- **метода пошумљавања на градоне утиче на дистрибуцију тешких метала цинка и бакра у земљишном профилу**

Метода пошумљавања на градоне утиче на дистрибуцију тешких метала (Zn и Cu), јер приликом припреме земљишта за садњу долази до инверзије

слојева, а тиме и до механичког премештања тешких метала у земљишном профилу.

Утврђено је да резерва везаног угљеника утиче на садржај Zn у земљишту под црним бором сађеним на градоне и на садржај Cu у земљишту под багремом сађеним на јаме.

- **методом пошумљавања на градоне се ефикасније контролише ерозија у условима средине какви владају на проучаваном подручју**

Утицај методе пошумљавања вреднован према губицима земљишта је уочљив. Тако, метода пошумљавања на градоне показала се веома ефикасном. Наиме, постоји статистички значајно смањење губитака земљишта 2009. године у односу на губитке земљишта процењене 1967. године. На површинама које су пошумљавање методом на јаме губици земљишта су смањени од 1967. до 2009. године, али то смањење нема статистички значај. Ефикасност методе пошумљавања на градоне потврђена је и тиме да су губици земљишта на површинама пошумљеним методом на градоне у 1967. години били већи него на површинама пошумљеним на јаме, а у 2009. години процењени губици земљишта су већи на површинама пошумљеним методом на јаме. Што такође указује на ефикасност методе пошумљавања на градоне посматрану дугорочно.

- **количина губитака земљишта утиче на састав вегетације и флористички диверзитет**

Резултати канонијске кореспондентне анализе такође су показали да су губици земљишта значајно већи на огледним пољима пошумљеним методом на јаме, него на огледним пољима пошумљеним методом на градоне и да избор метода пошумљавања има утицај на састав вегетације на пошумљеним површинама.

- **резерве везаног угљеника су веће на површинама пошумљеним методом на градоне**
- **пошумљавањем се повећава потенцијал станишта за везивање органског угљеника**

Резерва везаног угљеника као фактор за вредновање мелиоративне ефикасности пошумљавања показао је да избор врсте у овом истраживању није утицао на величину резерве везаног угљеника - укупну, у биомаси, мртвом дрвету и стељи, за разлику од избора методе пошумљавања, где се показало да метода пошумљавања на градоне показује статистички већу ефикасност за везивање и депоновање угљеника у односу на методу пошумљавања на јаме посматрајућу укупну резерву везаног угљеника, резерву везаног угљеника у биомаси и у мртвом дрвету.

На површинама где је примењена метода пошумљавања на градоне у односу на друге примењене методе, процентуално највеће учешће у укупној резерви везаног угљеника има резерва везаног угљеника у биомаси (51%) и у мртвом дрвету (20%). Процентуално највеће учешће резерве везаног угљеника у стељу у укупној резерви процењено је на површинама пошумљеним црним

бором на јаме (21%). Док је учешће резерве везаног угљеника у земљишту у укупној резерви процентуално највеће на површинама пошумљеним багретом на јаме.

Истраживање је показало да резерва везаног угљеника на површинама пошумљеним црним бором на јаме зависи од губитака земљишта и смањује се са повећањем губитака земљишта, док на површинама пошумљеним црним бором на градоне зависи од нагиба и смањује се са његовим повећањем.

У погледу прираста резерве везаног угљеника издвајају се пошумљавања црним бором на градоне, где је процењен статистички значајно већи укупан прираст резерве везаног угљеника и прираст резерве везаног угљеника у мртвом дрвету.

Главни циљеви:

- **издвајање критеријума за примену одређене методе пошумљавања и врсте за пошумљавање на датом подручју**

Издвојени су критеријуми за избор врста за пошумљавање (Табела 6.67.) на примеру багрема и црног бора на проучаваном подручју и то су:

1. рН земљишног раствора,
2. садржај N у земљишту,
3. однос C/N,
4. нагиб и
5. надморска висина

површине која се пошумљава.

Правилан избор методе пошумљавања утиче, пре свега, на ефикасност у контроли ерозије чиме се ствара основни предуслов за успостављање педогенезе.

Критеријуми за избор методе пошумљавања (Табела 6.68.) на примеру садње на јаме и садње на градоне на проучаваном подручју су:

1. нагиб
2. експозиција
3. дебљина А-хоризонта.

- **препоруке за издвајање подручја погодних за даље активности пошумљавања**

Везивање и депоновање атмосферског угљеника представља један од значајних мелиоративних ефеката пошумљавања. Стога би у оквиру стратегије пошумљавања посебну пажњу требало посветити пошумљавању деградираних станишта. Тиме би се повећао потенцијал за везивање и депоновање угљеника и истовремено би се таква станишта отргла од даље деградације.

Примена стратегије пошумљавања на проучаваном подручју препоручује се за сва земљишта која су:

- огољена или деградирана ерозијом,
- еродирана на нагибу већем од 15%, са оскудном вегетацијом или без вегетације,
- изузета из пољопривредне производње и напуштена због ограничења за производњу усева у погледу основних својстава земљишта или фактора средине,
- под деградираном шумом или шибљаком и
- под деградираним пашњацима.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Adriano, D. C. (1986): Trace Elements in the Terrestrial Environment, Springer – Verlag, New York, Inc. 517
2. Andersen, M.K., Raulund-Rasmussen, K., Hansen, H.C.B., Strobel, B.W. (2002): Distribution and fractionation of heavy metals in pairs of arable and afforested soils in Denmark. European Journal of Soil Science 53: 491-502
3. Andersen, M.K., Raulund-Rasmussen, K., Strobel, B.W., Hansen, H.C.B. (2004): The effects of tree species and site on the solubility of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn in soils. Water, Air and Pollution 154: 357-370
4. Andrés, C., Ojeda, F. (2002): Effects of afforestation with pines on woody plant diversity of Mediterranean heathlands in southern Spain. Biodiversity and Conservation 11: 1511-1520
5. Andrejević, M. (1959): Da li su gradoni novina za našu zemlju. Šumarstvo 5-6: 268-272
6. Antić, M., Jović, N., Avdalović, V. (1990): Pedologija. Naučna knjiga, Beograd, 403
7. Aude, E., Lawesson, J.E. (1998): Vegetation in Danish beech forests: The importance of soil, microclimate and management factors, evaluated by variation partitioning. Plant Ecology, 134: 53-65
8. Banković, S., Pantić, D. (2006): Dendrometrija. Udžbenik. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, str. 556
9. Barčić, D., Hršak, V., Španjol, Ž. (2006): The ameliorative effects of pine cultures on forest sites on the island of Rab in Southwest Croatia. Forest Ecology and Management 237: 39-46

10. Barkman, J.J., Doing, H., Segal, S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur Quantitativen Vegetationsanalysen. Acta Bot. Neerl. 13: 394-419
11. Belanović S.(2006): Ekološki kvalitet zemljišta brdsko-planinskog područja istočne Srbije. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, str. 201
12. Blanco-Canqui, H., Lal, R. (2008): Principles of Soil Conservation and Management 23. Springer Science+Business Media B.V. p. 620
13. Bošnjak, Đ. (ur.) (1997): Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta, Priručnik za ispitivanje zemljišta. Novi Sad: [JDPZ] - Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta
14. Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde, third ed. Springer Verlag, Wien
15. Брауновић, С. (2013): Ефекти противерозионих радова на стање ерозије у Грделичкој клисури и Врањској котлини. Докторска дисертација у рукопису. Универзитет у Београду Шумарски факултет
16. Burke, I.C., Yonker, C.M., Parton, C.V., Cole, C.V., Flach, K., Schimel, D.S. (1989): Texture, climate and cultivation effects on soil organic matter content in U.S. grassland soils. Soil Science Society Am J 53: 800-805
17. Cao, S., Chen, L., Xu, C., Liu, Z. (2007): Impact of three soil types on afforestation in China's Loess Plateau: Growth and survival of six tree species and their effects on soil properties. Landsc Urban Plan 83: 208-217
18. Cencelj, J. (1966): Određivanje reakcije zemljišta, Hemijske metode ispitivanja zemljišta, Priručnik za ispitivanje zemljišta, knjiga 1, [JDPZ] – Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta

19. Chirino, E., Bonet, A., Bellot, J., Sánchez, J.R. (2006): Effects of 30-year-old Aleppo pine plantations on runoff, soil erosion, and plant diversity in a semi-arid landscape in south eastern Spain. *Catena* 65: 19-29
20. Cvijić, J. (1911): *Osnove za geografiju i geologiju Makedonije i stare Srbije – knjiga treća*. Srpska kraljevska akademija, Beograd
21. Черњавски, П., Јовановић, Б. (1950): Шумска станишта и одговарајућа дендрофлора у Србији. Посебна издања, књига CLXI, Институт за екологију и биогеографију, САНУ, Београд
22. Ćirić, M. (1962): *Pedologija za šumare*. Jugoslovenski savetodavni centar za poljoprivredu i šumarstvo, Beograd, 290
23. Ђирковић, Т. (2006): Стање, узгојни циљеви и мере у изданацким буковим шумама на подручју Чемерника. Магистарски рад. Универзитет у Београду Шумарски факултет, стр. 234
24. de Marco, A., Spaccini, R., Vittozzi, P., Esposito, F., Berg, B., Virzo De Santo, A. (2012): Decomposition of black locust and black pine leaf litter in two coeval forest stands on Mountain Vesuvius and dynamics of organic components assessed through proximate analysis and NMR spectroscopy. *Soil Biology and Biochemistry* 51: 1-15
25. Demontzey, P. (1882): *Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes*. Paris
26. de Vries, W., Bakker, D.J. (1998): *Manual for calculating critical loads of heavy metals for terrestrial ecosystems. Guidelines for critical limits, calculation methods and input data*, DLO Winand Staring Centre, Report 166, Wageningen, p. 144

27. Dinić, A., Jovanović, V., Mišić, V. (2000): Šumska vegetacija okoline Vranjske banje. Proceeding of 6th Symposium on Flora of the Southeastern Serbia, Sokobanja: 95-101
28. Dixon R.K., Turner, P.D. (1991): The global carbon cycle and climate change: Responses and feedbacks from below-ground systems. Environmental Pollution Vol. 73 Issues 3-4: 245-262
29. Dixon, R.K., Brown,S., Houghthon, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., Wisniewski, J. (1994): Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263 No. 5144: 185-190
30. Dožić, S., Lujić, R. (2005): Šumske melioracije. Udžbenik u rukopisu. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, str. 339
31. Durán Zuazo, H.V., Francia Martínez, J.R., Rodríguez Pleguezuelo, Martínez Raya, A., Carcéles Rodríguez, B. (2006): Soil-erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (se spain): Implications for sustainable agriculture. *Environmentalist* 26: 309-319
32. Dvořák, J., Novák, L. (eds.) (1994): Soil Conservation and Silviculture. *Development Soil Science* 23, Elsevier Science
33. Đorović, M. (1969): Eksperimentalno utvrđivanje antierozionog dejstva – efekta gradona. Magistarski rad. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, str. 27
34. Đorović, M. (1973): Gubici zemljišnog materijala i vode dejstvom erozije s raznih tipova zemljišta u SR Srbiji. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu Poljoprivredni fakultet str.223
35. Ђоровић, М., Исајев, В., Кадовић, Р. (2003): Системи антиерозионог пошумљавања и затрављивања. Шумарски факултет Универзитета у Бањој Луци. стр. 402

36. Đorović, M. (2005): Vodna i eolska erozija zemljišta. Unija bioloških naučnih društava Jugoslavije; Acta biologica Jugoslavica, Beograd. str. 440
37. [EEA] European Environment Agency (2004): "Impact of Europe's changing climate", EEA Report No. 2/2004. Copenhagen.
http://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA_Rep2_2004_Impacts_Europes_CC
38. El-Keblawy, A., Ksikisi, T. (2005): Artificial forests as conservation sites for the native flora of the UAE. Forest Ecology and Management 213: 288-296
39. Feath, P., Cort, C., Livernash, R. (1994): Evaluating the Carbon Sequestration Benefits of Forestry Projects in Developing Countries. World Resource Institute, Washington, DC
40. Flora Europaea: <http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html> (08.04.2012)
41. Filipović, Đ., V.Č. Nikodijević (1957 [1972]): A survey of brown forest soil in Grdelička klisura: the Vranje basin and the county of Gnjilane. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta; "Nolit", Beograd, 19p
42. Gavrilović, S. (1957): Klasifikacija bujičnih tokova Grdeličke klisure i kvantitativni režim njihovih nanosa. Doktorska disertacija Šumarski fakultet Beograd. IP „Građevinska knjiga“ Beograd. str. 213
43. Gavrilović, S. (1965): Određivanje režima nanosa bujičnog područja i izrada karte erozije. DGA-750, Beograd. str. 26
44. Gavrilović, S. (1972): Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. „Izgradnja“ Specijalno izdanje, Beograd. str. 292
45. Hardy, J.T. (2003): Climate Changes: Causes, Effects, and Solutions. Wiley, Chichester. p. 247
46. Henderson, G.S. (1995): Soil organic matter: a link between forest management and productivity. In: Bigham, J.M., Bartels, J.M. (Eds.), Carbon

- Forms and Functions in Forest Soils. Soils Science Society of America, Medison, WI: 419-435
47. Houghton, R.A. (2005): Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. *Global Change Biology* 11: 945-958
48. Horvat, I. (1949): *Nauka o biljnim zajednicama*. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb
49. Huntington, T.G. (1995): Carbon sequestration in an aggrading forest ecosystem in the southeastern USA. *Soil Sci Soc Am J* 59: 1459-1467
50. Ingham, C.D. (2000): Carbon forestry: encouraging the positives. *J Forest* 98 (9): 3
51. [IPCC] The Intergovernmental Panel on Climate Change (1996): IPCC - Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Reference Manual (Volume 3), www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6d.html
52. [IPCC] The Intergovernmental Panel on Climate Change (2001): IPCC Third Assessment Report: "Climate Change 2001" (TAR), Synthesis Report; Cam. Uni. Press
53. [IPCC] The Intergovernmental Panel on Climate Change (2003): IPCC - Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry
54. [IPCC] The Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): IPCC Fourth Assessment Report: "Climate Change 2007" (AR4)
55. [IPCF] International Co-operative Programme (2006): IPCF - ICP Forest Manual, Part III, Soil Sampling and Analysis, Hamburg
56. Ivanović, D.V. (1976): *Meteorološka statistika*. Hidrometeorološka tehnička škola, Beograd, str. 194

57. Javorka, S., Csapody, V. (1934): *Iconographia florae Hungaricae*, Budapest.
58. Jevtić, Lj., Zlatić, M. (1990): Analysis of effects of erosion control works undertaken in the region of the Predejanska reka, Palojska reka and Ljuštarska dolina watersheds. *Sborník referátů - Protierosní ochrana v zemědělství ve vztahu k životnímu prostředí*, Praha: 153-161
59. Jobbágy, E.G., Jackson, R.B. (2000): The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 10(2): 423-436
60. Josifović, M. (ed.) (1970-1977): *Flora SR Srbije II-X*, Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd
61. Јовановић, Б. (1956): Осврт на извршене радове у Грделичкој клисури. *Шумарство* 6-7, Београд: 404-410
62. Jovanović, B. (1982): *Dendrologija*. Univerzitetski udžbenik. Univerzitet u Beogradu; „Privredno finansijski vodič“ Beograd, str. 713
63. Jović, N., Jovanović, B. (1982): Ekološke jedinice u šumama slivova Kalimanske i Repinske reke sa kartom razmere 1:25 000. *Glasnik Šumarskog fakulteta serija A – Šumarstvo* br. 58 Beograd: 115-141
64. Јовић, Н., Томић, З., Бурлица, Ч., Јовановић, Б., Јовић, Д., Грбић, П., Јовић, П., Јовковић, П. (1998): Еколошке основе за пошумљавање необраслих површина средишње Србије. Београд
65. Kadović, R., Knežević, M. (2002): Teški metali u šumskim ekosistemima Srbije. *Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu i Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine Republike Srbije*, str. 278
66. Кадовић, Р., Медаревић, М. (ед.) (2007): Шуме и промене климе – зборник радова. Министарство за пољопривреду, шумарство и

- водопривреду РС, Управа за шуме; Универзитет у Београду Шумарски факултет. стр. 206
67. Kadović, R., Belanović, S., Knežević, M., Danilović, M., Košanin, O., Beloica, J. (2011): Organic carbon stock in some forest soils in Serbia. Buletin of Faculty of Forestry 105: 81-98
68. Karadžić, B., Šašo-Jovanović, V., Jovanović, Z., Karadžić, D. (1998): „FLORA“ a database and software for floristic and vegetation analysis. In Tsekos I. & Moustakas M. (eds.) Progress in Botanical Research: 69-72, Kluwer Academic Publishers, Dodrecht
69. Kostadinov, S. et al. (1997): Studija uređenja bujičnih tokova u gornjem delu sliva Južne Morave. Šumarski fakultet Beograd
70. Kostadinov, S. (2008a): Bujični tokovi i erozija. Univerzitetski udžbenik. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, str. 505
71. Kostadinov, S. et al. (2008b): International research project RimaDima: Risk/Disaster Management and Prevention Against Natural Hazards in Mountain Regions (Research Project Report, 2008). Universitu of Belgrade Faculty of Forestry
72. Krstić, O. (1961): Grdelička klisura i Vranjska kotlina, prirodni uslovi, erozija i šumska privreda. IŠDI, Beograd
73. Lal, R. (2002): Why carbon sequestration in agricultural soil. In: Kimble, J.M., Lal, R., Follett, R.F. (Eds.), Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil. Lewis Publishers, Boca Raton: 21-30
74. Lal, R., Kimble, J.M., Birdsey, R.A., Heath, L.S. (2003): Research and development priorities for carbon sequestration in forest soils. In: Kimble J.M., Heath, L.S., Birdsey, R.A., Lal, R. (Eds.), The Potential of U. S. Forest

- Soils to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. CRC Press, Boca Raton: 409-420
75. Lal, R. (2005): Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecol. Manag.* 220: 242-258
76. Lazarević, R. (1985): Novi postupak za određivanje koeficijenta erozije (Z). *Erozija* br. 13, Institut za šumarstvo i drvnu industriju – Odeljenje za eroziju i melioracije, Beograd: 53-61
77. Lorenz, K., Lal, R. (2005): The depth distribution of soil organic carbon in relation to land use and management and the potetial of carbon sequestration in subsoil horizons. *Adv. Agron.* 88: 35-66
78. Лујић, Р. (1955): Контурни ровови и њихова примена у Грделичкој клисури. *Шумарство* 7-8, Београд: 403-420
79. Лујић, Р. (1960): „Локални топлотни фактор“ и његова улога у распореду вегетације. Докторска дисертација Шумарски факултет Београд. ИП“Графос“ Београд. стр. 104
80. Лујић, Р., Ђоровић, М. (1967): Истраживање економски најповољнијих размака и димензија градона и њихово коришћење за пошумљавање у условима затрavlјивања међупростора. Документација Института за шumarство и дрвну индустрију, Београд
81. Лујић, Р. (1973): Шумске мелiorације. Удџбеник Универзитет у Београду Шумарски факултет, стр. 415
82. Lukić, S., Belanović, S., Knežević, M., Danilović, M. (2010): False acacia ameliorative afforestation in carbon accumulation in soil. *First Serbian Forest Congress – Future with Forests – Congress Proceedings*: 819-825
83. Marland, G., Marland, S. (1992): Should we store carbon in trees? *Water, Air, and Soil Pollution* 64: 181-195

84. Mišić, V., Dinić, A. (1971): O jednoj novoj reliktnoj polidominantnoj šumskoj zajednici hrasova (*Quercus sp. div.*), mečje leske (*Corilus colurna*), Pančićevog maklena (*Acer intermedium*) i drugih vrsta (*Quercu-Aceri intermediae-colurnetum* ass. nova). Arhiv bioloških nauka, 23 (1-2): 15P-16P, Beograd
85. Mišić, V. (1981): Šumska vegetacija klisura i kanjona istočne Srbije. Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ Beograd, str. 328
86. Mišić, V., Dinić, A., Jovanović, V., Kalinić, M. (1985): Specifičnosti šumske vegetacije južne Srbije od Vranja do Preševa. Zbornik radova Simpozijuma „Stogodišnjica flore okoline Niša“, Niš: 73-80
87. Moffat, A.S. (1997): Resurgent forests can be greenhouse gas sponges. Science 277: 315-316
88. Naučno veće Vegetacijske karte Jugoslavije (1986): Prirodna potencijalna vegetacija Jugoslavije (Karta 1:1 000 000). Ljubljana
89. Niu, X., Duiker, S.W. (2006): Carbon sequestration potential by afforestation of marginal agricultural land in the Midwestern U. S. Forest Ecology and Management 223: 415-427
90. [NRC] National Research Council (1998): Forested Landscapes in Perspective. Washington, DC: National Academy Press
91. O'Connell, A.M., Sankaran, K.V. (1997): Organic matter accretion, decomposition and mineralisation. In: Nambiar, E.K.S., Brown, A.G. (Eds.), Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests. Australian Center for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, ACT, Australia: 443-480
92. Oldeman, L.R. (1992): Global Extent of Soil Degradation. ISRIC Bi-Annual Report 1991-1992: 19-36

93. Ouimet, R., Tremblay, S., Périé, C., Prigent, G. (2007): Ecoszstem carbon accumulation following fallow farmland afforestation with red pine in southern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* 37: 1118-1133
94. Økland, T., Rydgen, K., Økland, R. H., Storaunet, K. O., Rolstad, J. (2003): Variation in environmental conditions, understory species number, abundance and composition among natural and managed *Picea abies* forest stands. *Forest Ecology and Management*, 177: 17-37
95. Palo, A., Linder, M., Truu, J., Mander, Ü. (2008): The influence of biophysical factors and former land use on forests floristic variability on Saaremaa and Muhu islands, Estonia. *Journal for Nature Conservation* 16: 123-134
96. Panagopoulos, T., Hatzistathis, A. (1995): Early growth of *Pinus nigra* and *Robinia pseudoacacia* stands: contributions to soil genesis and landscape improvement on lignite spiols in Ptolemaida. *Landscape and Urban Planning* 32: 19-29
97. Paul, K.I., Polglase, P.J., Nyakuengama, J.G., Khanna, P.K. (2002): Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168: 241-257
98. Петковић, В. (1981): Водопривредна организација „Ерозија“ у Владичином Хану у борби против ерозије земљишта у Грделичкој клисури и Врањској котлини. Шумарство 5-6. Београд: 51-68
99. Поповић, Т., Radulović, E., Jovanović, M. (2005): Koliko nam se menja klima? ЕпЕ05 – Konferencija životna sredina ka Evropi, Београд: 212-218
100. Поповић, Т. (2007): Тренд промена температуре ваздуха и количине падавина на подручју Републике Србије. У: Кадовић, Р., Медаревић, М. (ед.): Шуме и промене климе – зборник радова. Министарство за

- пољопривреду, шумарство и водопривреду РС, Управа за шуме;
Универзитет у Београду Шумарски факултет: 81-124
101. Popović, T., Đurđević, V., Živković, M., Jović, B., Jovanović, M. (2009): Promene klime u Srbiji i očekivani uticaji. EnE09 – Peta regionalna konferencija Životna sredina ka Evropi, Beograd: 1-6
102. Qiu, L., Zhang, J., Cheng, X., Yin, X. (2010): Effects of black locust (*Robinia pseudoacacia*) on soil properties in the loessial gully region of the Loess Plateau, China. Plant Soil 332: 207-217
103. Раев, И. (2012): Пошумување на голини во услови на глобални климатски промени, проблеми, истражувања и мерки за адаптација. Пленарни реферат. 4th Congress of Ecologists of The Republic of Macedonia With International Participation And Marking 40th Anniversary of The Macedonian Ecological Society Ohrid, Macedonia, October 12th-15th, 2012.
104. Richter, D. Daniel, Markewitz, Daniel, Trumbore, E. Susan & Wells, G. Carol (1999): Rapid accumulation and turnover of soil carbon in re/estabilshing forest. Nature Vol. 400 1July 1999, Macmillan Magazines Ltd.
105. Rice, C.W. (2002): Storing Carbon in Soil: Why and How? Geotimes January 2002, http://www.geotimes.org/jan02/feature_carbon.html
106. Sarić, M., Diklić, N. (eds.) (1986): Flora SR Srbije X, dodatak (2), Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd
107. Sarić, M. (ur.) (1992): Flora Srbije. Beograd: Srpska akademija nauka i umetnosti - Odeljenje prirodno-matematičkih nauka
108. Sekulić, P., Kastori, R., Hadžić, V. (2003): Zaštita zemljišta od degradacije. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad: 135-174

109. Sheng, T.C. (2002): Bench Terrace Design Made Simple. In: Yuren, J., editor. Proceedings of 12th ISCO Conference, May 26-31, 2002. Beijing China: 500 - 504
110. Silver, W.L., Ostertag, R., Lugo, A.E. (2000): the Potential for Carbon Sequestration Through Reforestation of Abandoned Tropical Agricultural and Pasture Lands. Restoration Ecology Vol. 8 No. 4: 394-407
111. Службени гласник Републике Србије (2010): Уредба о програму систематског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма. Службени гласник РС 88: 23.11.2010.
112. Сољаник, И. (1951): Поводом пошумљавања неких голети у источној Србији. Шумарство 2, Београд: 104-114
113. Soljanik, I. (1952): Oprethodnoj obradi zemljišta za pošumljavanje. Šumarski list br. 10, Zagreb
114. Сољаник, И. (1953): Утицај експозиције на успех пошумљавања. Зелени билтен СУЗУП бр. 3, Београд
115. Сољаник, И. (1955а): О вештачком пошумљавању. Саопштења шумарског института НРС Београд, бр. 1/1955
116. Сољаник, И. (1955б): Особине и класификација земљишта обешумљених терена. Шумарство 7-8, Београд: 461-473
117. Сољаник, И. (1955в): Значај огледних поља код вештачког пошумљавања. Шумарство 9, Београд: 551-563
118. Сољаник, И. (1955г): Огледна пошумљавања у Грделичкој клисури. Шумарство 12, Београд: 741-756
119. Soljanik, I., Radulović, S. (1957): Generalna osnova - pošumljavanje, melioracije i gajenje šuma Grdeličke klisure i Vranjske kotline

120. Somogyi, Z., Cienciala, E., Mäkipää, R., Muukkonen, P., Lehtonen, A., Weiss, P. (2007): Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. *Eur J Forest Res* 126: 197-207
121. Spain, A.V., Isbell, R.F., Probert, M.E. (1983): Soil organic matter. In: "Soils: An Australian viewpoint". Editor: CSIRO Australia Division of Soils. CSIRO Australia: Melbourne: 551-564
122. Stolbovoy, V., Montanarella, L., Filippi, N., Selvaradjou, S. and Gallego, J. (2005): Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Carbon Stock in Mineral Soils of European Union. EUR 21576 EN, 19 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
123. Šafar, J. (1963): *Uzgajanje šuma*. Zagreb
124. Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985): *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*. AN BIH, knjiga LXXVIII, Sarajevo
125. Šoškić, B. (1991): *Svojtva drveta*. Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet: 97-108
126. Tanasijević, Đ. et al. (1956): *Pedološko-agrohemijske osobine i stanje erozije zemljišta Grdeličke klisure i Vranjske kotline*. Institut za pedologiju i agrohemiju Beograd – Topčider, str 200
127. Tateno, R., Tokuchi, N., Yamanaka, N., Du, S., Otsuki, K., Shimamura, T., Xue, Z., Wang, S., Hou, Q. (2007): Comparison of litterfall production and leaf litter decomposition an exotic black locust plantation and an indigenous oak forest near Yan'an on the Loess Plateau, China. *For Ecol Manag* 241: 84-90
128. ter Braak, C.J.F. (1986): Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate diract gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179

129. ter Braak, C.J.F. (1987): The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69: 69-77
130. Томашевић, Ђ. (1951): Преглед фитоценоза Грделичке клисуре. Годишен зборник на земјоделско-шумарскиот факултет на универзитетот – Скопје: 205-246
131. Томић, З. (1992): Шумске фитоценозе Србије. Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
132. Томић, З. (2004): Шумарска фитоценологија. Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд, стр. 261
133. Trajkov, L. (1953): Pošumljavanje na Terasi. *Šumarski Pregled* br. 1, Skopje
134. Trajkov, L. (1957): Problemi i tehnika na pošumljavanje vo degradiranite šumski površini. Referat sa savetovanja po problemima pošumljavanja u NRM, Skoplje
135. Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S., Webb, D.A. (eds.) (1964-1980): *Flora Europaea*. Vol. 1, Cambridge University Press, Cambridge
136. [UNFCCC] United Nations Framework Convention on Climate Change (1998): The second national communication on climate change. Bulgaria. Republic of Bulgaria. www.unfccc.int/resource/docs/natc/bulnc2.pdf
137. van der Maarel, E. (1979): Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. *Vegetation* 39: 97-114
138. van Dijk, A.I.J.M., Bruijnzeel, L.A. (2003): Terrace erosion and sediment transport model: a new tool for soil conservation planning in bench-terraced steep lands. *Environmental Modelling and Software* 18: 839-850

139. van Wesenbeeck, B.K., van Mourik, T., Duivenvoorden, J.F., Cleef, A.M. (2003): Strong effects of a plantation with *Pinus patula* on Andean subpáramo vegetation: a case study from Colombia. *Biological Conservation* 114: 207-218
140. Vanmechelen, L., ed. (1997): *Forest Soil Condition in Europe – Results of Large-Scale Soil Survey*, Prepared by Forest Soil Co-ordinating Centre, Report EC-UN/ECE, Bruxelles, Geneva
141. Velašević, V. i sar. (1979): *Izveštaji za Projekat V-11: Proučavanje poremećaja ekosistema i degradacije životne sredine (Research Project Report 1979)*, Šumarski fakultet Beograd
142. Velašević, V. i sar. (1981): *Izveštaji za Projekat V-11: Proučavanje poremećaja ekosistema i degradacije životne sredine (Research Project Report 1981)*, Šumarski fakultet Beograd
143. Velašević, V., Đorović, M. (1998): *Uticaj šumskih ekosistema na životnu sredinu. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet*, str 451
144. Vesterdal, L., Rosenqvist, L., Van Der Salm, C., Hansen, K., Groenenberg, B.J., Johansson, M.B. (2007): Carbon sequestration in soil and biomass following afforestation: Experiences from oak and Norway spruce chronosequences in Denmark, Sweden and the Netrerlands. Chapter 2 in G.W. Heil et al. (eds.), *Environmental Effects of Afforestation in North-Western Europe*, Springer: 15-51
145. *Водопривредна основа Републике Србије (2001)*
146. Vučićević, D. (1995): *Uređenje bujičnih tokova. Društvo bujičara Jugoslavije, Beograd*, str. 441
147. Walter, H. (1955): Die Klima-Diagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimavarhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. *Ber Deutch Bot Ges* 68: 321-344

148. Wang, D.H., Madley, K.E. (2004): Land use model for carbon conservation across a midwestern USA landscape. *Landscape and urban planning* 69: 451-465
149. Wenhua, L. (2004): Degradation and restoration of forest ecosystems in China. *Forest Ecology and Management* 201: 33-41
150. Woodbury, P.B., Smith, J.E., Heath, L.S. (2007): Carbon sequestration in the U.S. forest sector from 1990 to 2010. *Forest Ecology and Management* 241: 14-27
151. Yanai, R.D., Currie, W.S., Goodale, C.L. (2003): Soil Carbon Dynamics after Forest Harvest: An Ecosystem Paradigm Reconsidered. *Ecosystems* 6: 197-212

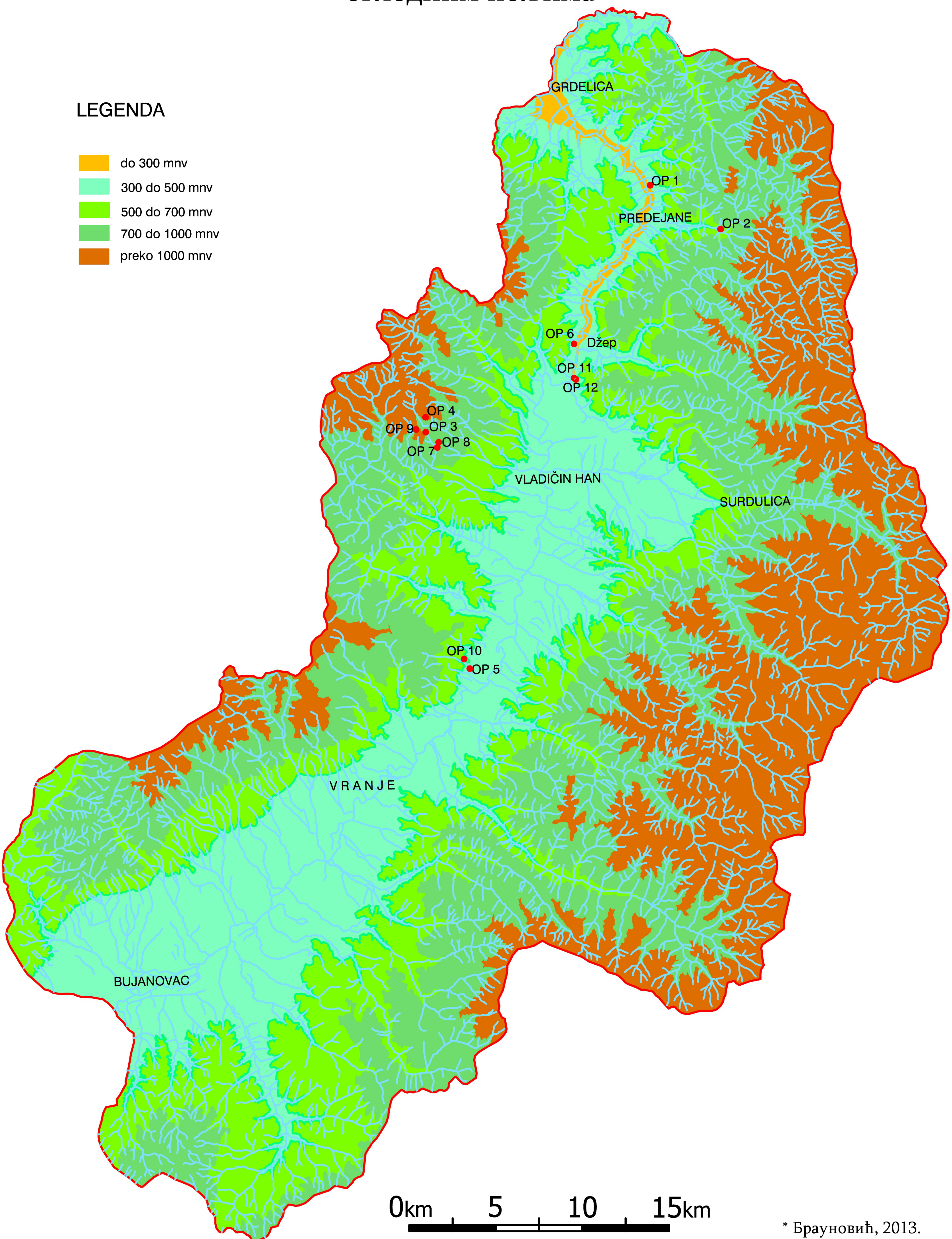
ПРИЛОЗИ

- Прилог 1.** Висинска подела са хидрографском мрежом подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине са огледним пољима
- Прилог 2.** Геолошка карта подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине
- Прилог 3.** Педолошка карта подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине
- Прилог 4.** Климадијаграм по Walter-у за станицу Врање за период 1949-1967. године
- Прилог 5.** Климадијаграм по Walter-у за станицу Кукавица за период 1954-1967. године
- Прилог 6.** Климадијаграм по Walter-у за станицу Предејане за период 1949-1967. године
- Прилог 7.** Климадијаграм по Walter-у за станицу Врање за период 1977-2008. године
- Прилог 8.** Климадијаграм по Walter-у за станицу Кукавица за период 1991-2008. године
- Прилог 9.** Климадијаграм по Walter-у за станицу Предејане за период 1977-2008. године
- Прилог 10.** Климадијаграм по Walter-у за станицу Владичин Хан за период 1977-2008. године

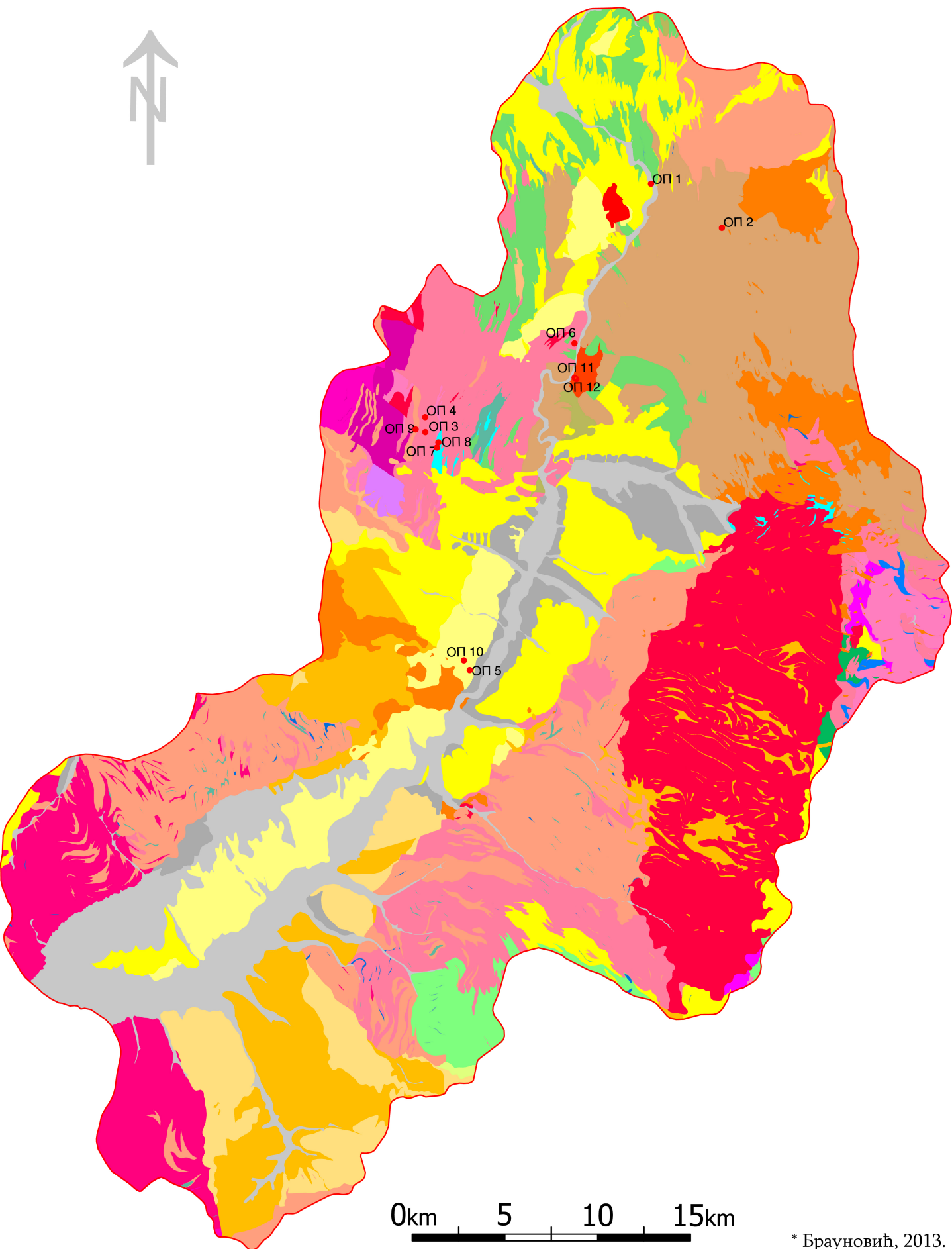
Прилог 1. Висинска подела и хидрографска мрежа подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине са огледним пољима

LEGENDA

- do 300 mnv
- 300 do 500 mnv
- 500 do 700 mnv
- 700 do 1000 mnv
- preko 1000 mnv











Прилог 2. Геолошка карта подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине
















LEGENDA ZA GEOLOŠKU KARTU

KVARTAR



	al	Aluvijum
	d	Deluvijum
	pr	Proluvijum
	prQ1	Proluvijum-facija taloga subaeralne delte
	t	Rečna terasa
	t ₁	Najniža terasa
	t ₂	Srednja terasa
	t ₃	Najviša terasa

NEOGEN

	M ₁ pl	Slabo vezani peščari i konglomerati
	M ₂	Šareni peščari, konglomerati i peskoviti laporci
	¹ M ₂	Konglomerati, šljunkovi, peščari, peskovi, gline
	² M ₂	Peskoviti glinci i laporci
	³ M ₂	Sedimentno vulkanogena jedinica konglomerati, peščari, grauvske, laporci i tufovi
	N	Neogen Vranjske kotline
	^a θ	Tufovi
	ωαq	Tufovi, vulkanske breče i ređe tuffiti kvarclatitsko-dacitskog sastava
	Pl	Peskovi, gline, laporci, bentonitske gline, lignit
	Xα	Dacit
	αq	Kvarclatiti
	αqb	Biotitski dacit
	αqbh	

Serijs Poljanice





	¹ O ₁ M	Klastična baza serije konglomerati: šareni i crveni peščari
---	-------------------------------	---

	² O ₁ M	Srednji deo serije krečnjaci sa rožnacima, peščari i laporci
	³ O ₁ M	Najviši deo serije listasti bitumenozni glinci, peščari i laporci

PALEOGEN

	E ₃	Marginalna facija: konglomerati i breče
	¹ E ₃	Piroklastiti: vulkanski aglomerati, breče i tufovi
	² E ₃	Vulkanogeno-sedimentni horizont: konglomerati, peščari i tufovi
	³ E ₃	Plitkovodni klastiti: konglomerati, peščari i glinci
	³⁻⁴ E ₃	Mešani horizont plitkovodnih klastita i krečnjaka
	³⁻⁶ E ₃	Grusni horizont: konglomerati, peščari, glinci
	⁴ E ₃	Laporci
	⁶ E ₃	Horizont sa podvodnim kliženjem: laporci, glinci i peščari
	⁶ E ₃	Turbiditski horizont: laporci, alevroliti i peščari
	Mi	Migmatiti (difuzno migmatisani škriljci)
	γβ	Granitoidi Surdulice

GORNJA KREDA - SENON GRDELICE

	¹ / ₂ K ₂ ³	Konglomerati i peščari sa sočivima uglja u gornjem delu
	² / ₂ K ₂ ³	Sitnozrni laporoviti i vapnoviti peščari, glinci i laporci
	³ / ₃ K ₂ ³	Pelaški laporoviti krečnjaci
	³ / ₂ K ₂ ³	Laporci i laporoviti krečnjaci (santon)


VLASINSKI KOMPLEKS - (RIFEJ KAMBRIJUM)

	Sm	Leptinoliti i mikašisti
	Smco	Muskovit-hloritski škriljci
	Sco	Muskovit-hloritski škriljci
	Scom	Hlorit-muskovitski škriljci
	Scose	Hlorit-sericitski škriljci

 **Sabco** Albit-hlorit-muskovitski škrljajac

 **Scoep** Hlorit-epidotski škrljaji

 **Gab** Albitski gnajs sa hloritom

 **prQ1** Proluvijum-facija taloga subaeralne delte

PROGRESIVNO METAMORFISANI VLASINSKI KOMPLEKS

 **Gb** Sitnozrni biotitski i biotit muskovitski gnajsevi

 **A** Amfibolski škrljaji


 **Q** Kvarciti

 **Sf** Feldspatizirani i granitizirani škrljaji genetski vezani za granitoide

Pluton Vljajne

 **G** Sitnozrni granitoidi Kukavice

 **G/Γ** Sitnozrni granitoidi Kukavice, sa kvantitativno preovlađujućim granitoidima Vljajne

 **Γ/G** Sitnozrni granitoidi Kukavice, sa kvantitativno podređenim granitoidima Vljajne

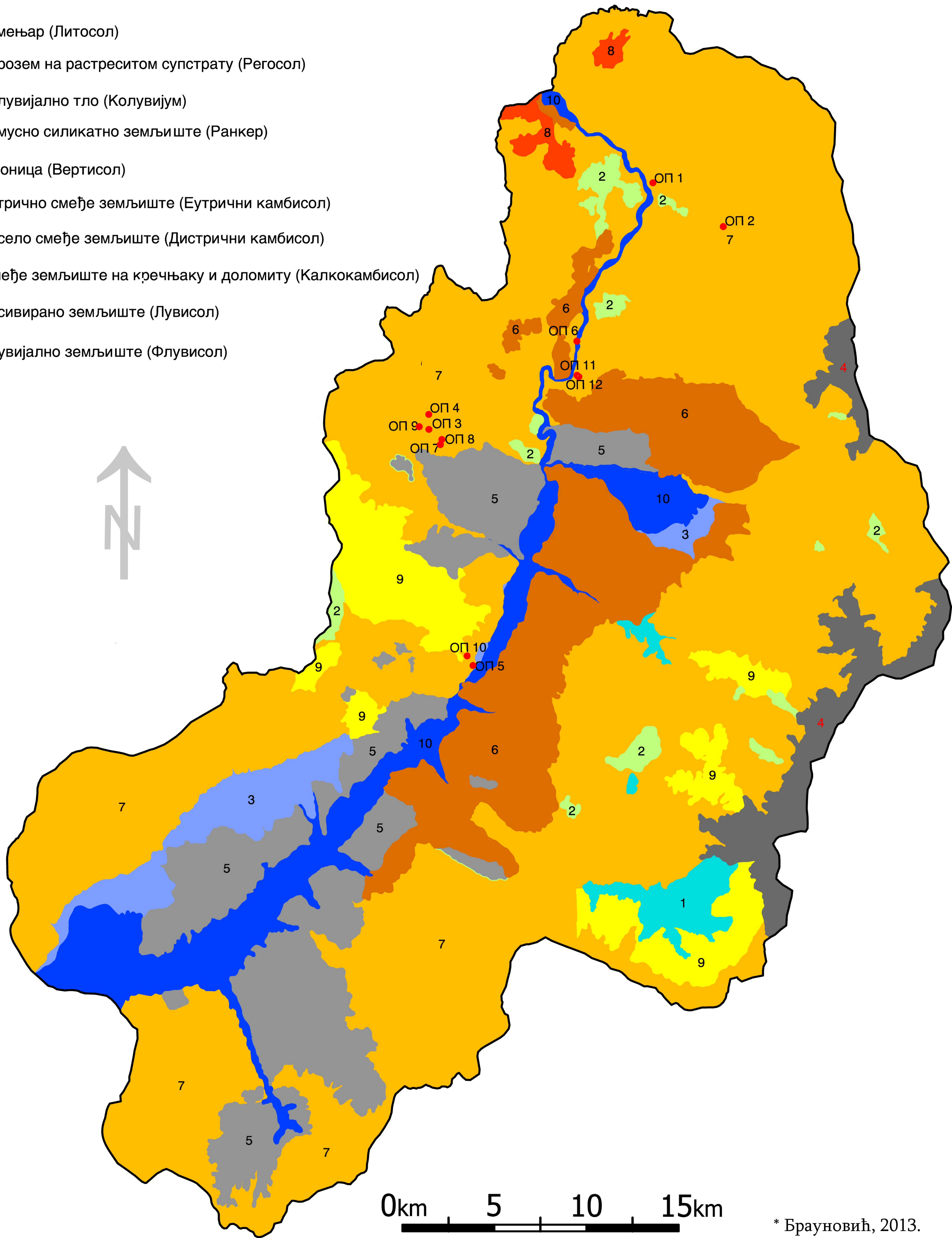
 **Γ** Granitoidi Božice

 **Γ''** Leukograniti; granitoidi (bujanovački pluton)

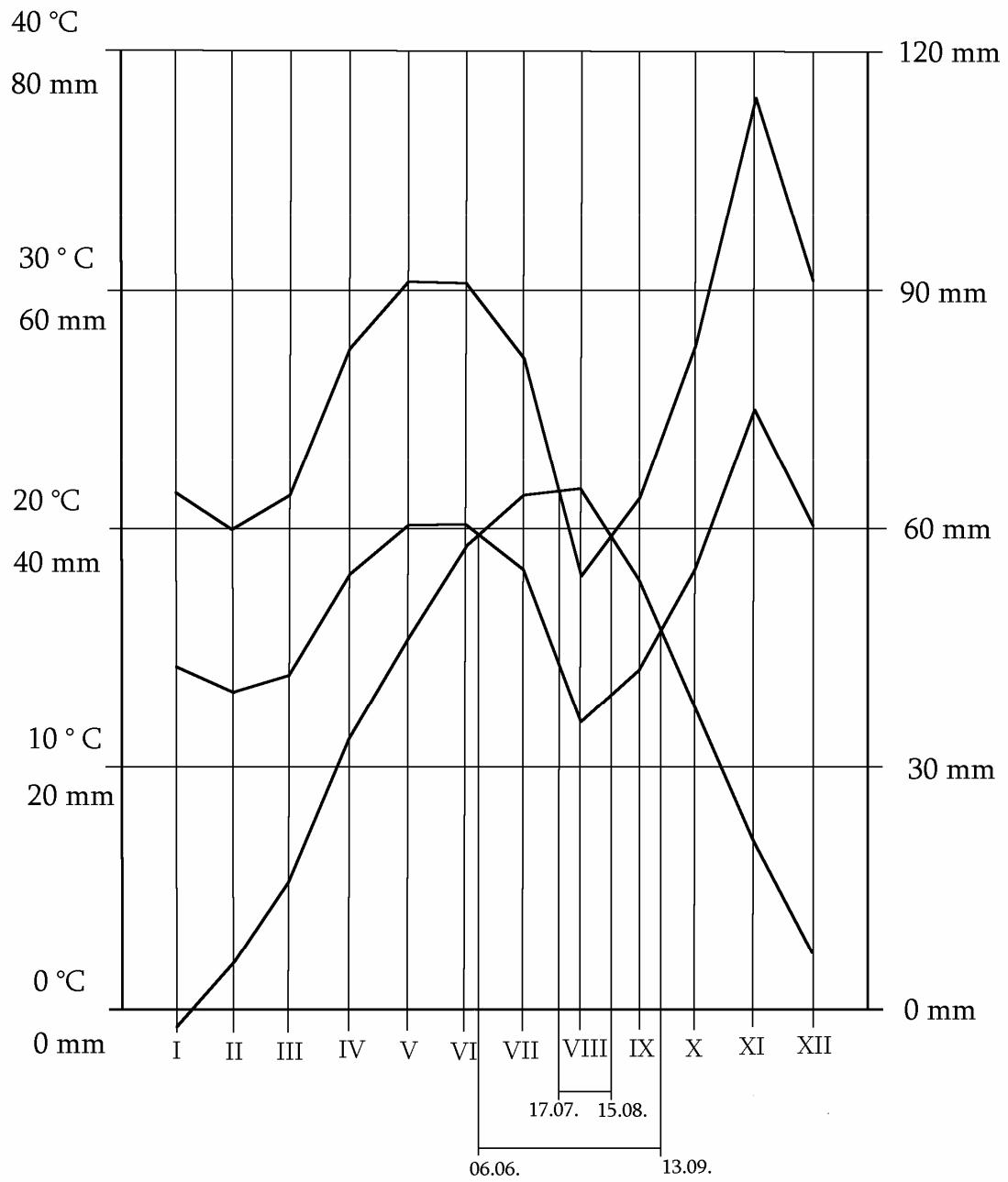
Прилог 3. Педолошка карта подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине

ЛЕГЕНДА ПЕДОЛОШКЕ КАРТЕ

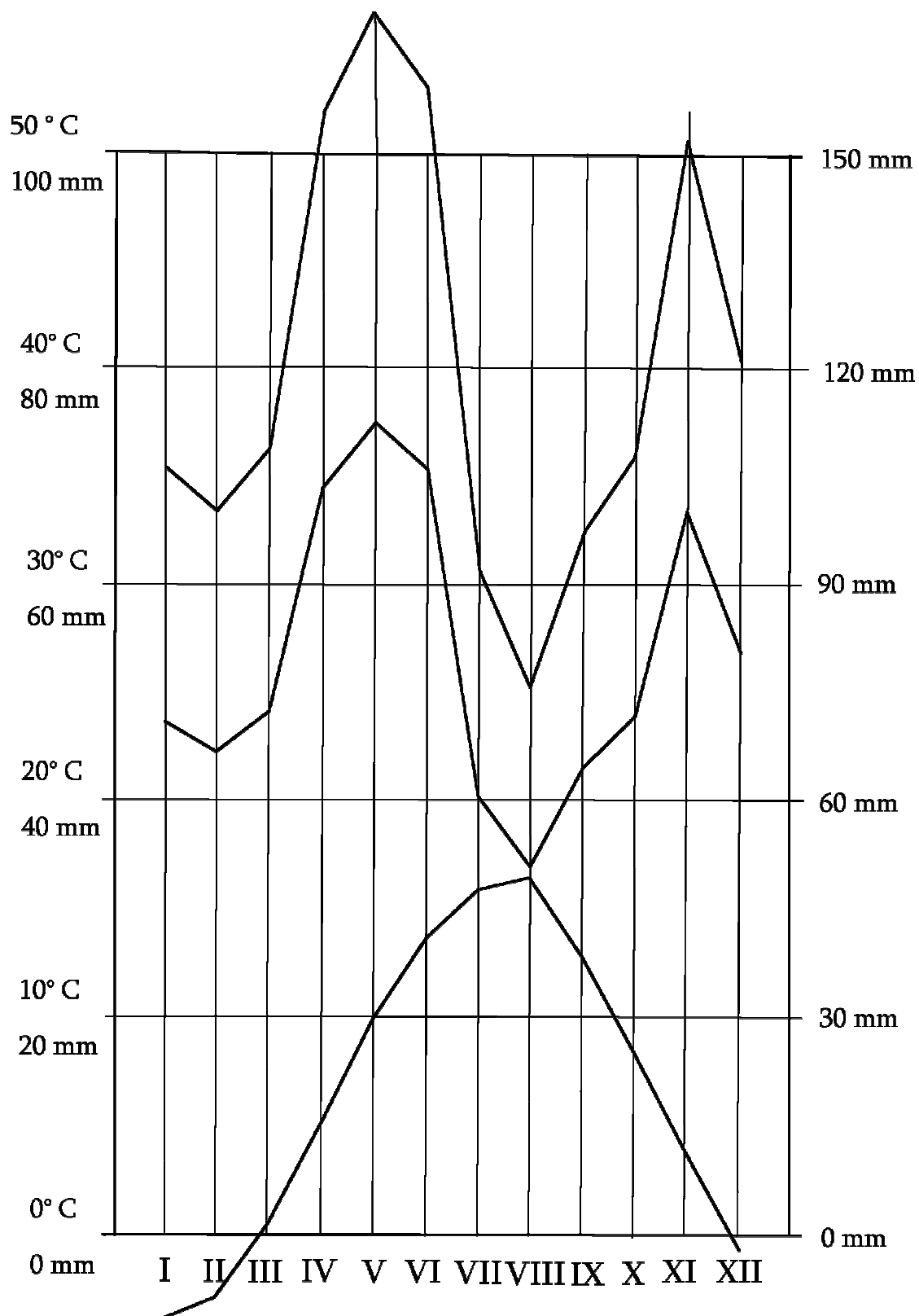
- 1 Камењар (Литосол)
- 2 Сирозем на растреситом супстрату (Регосол)
- 3 Колувијално тло (Колувијум)
- 4 Хумусно силикатно земљиште (Ранкер)
- 5 Смоница (Вертисол)
- 6 Еутрично смеђе земљиште (Еутрични камбисол)
- 7 Кисело смеђе земљиште (Дистрични камбисол)
- 8 Смеђе земљиште на кречњаку и доломиту (Калкокамбисол)
- 9 Лесивирано земљиште (Лувисол)
- 10 Алувијално земљиште (Флувисол)



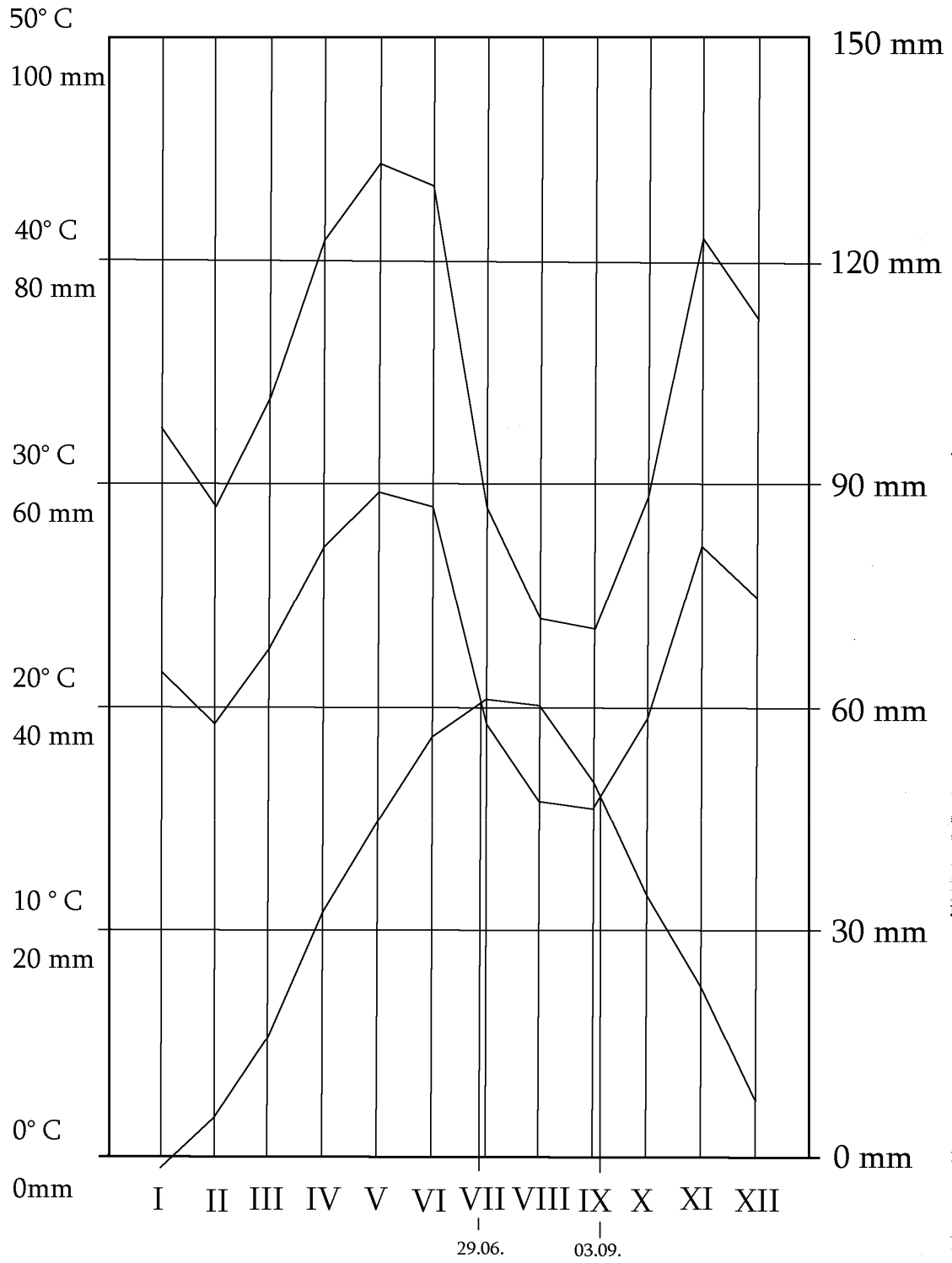
Прилог 4. Климадијаграм по Walter–у за станицу Врање за период 1949-1967. године



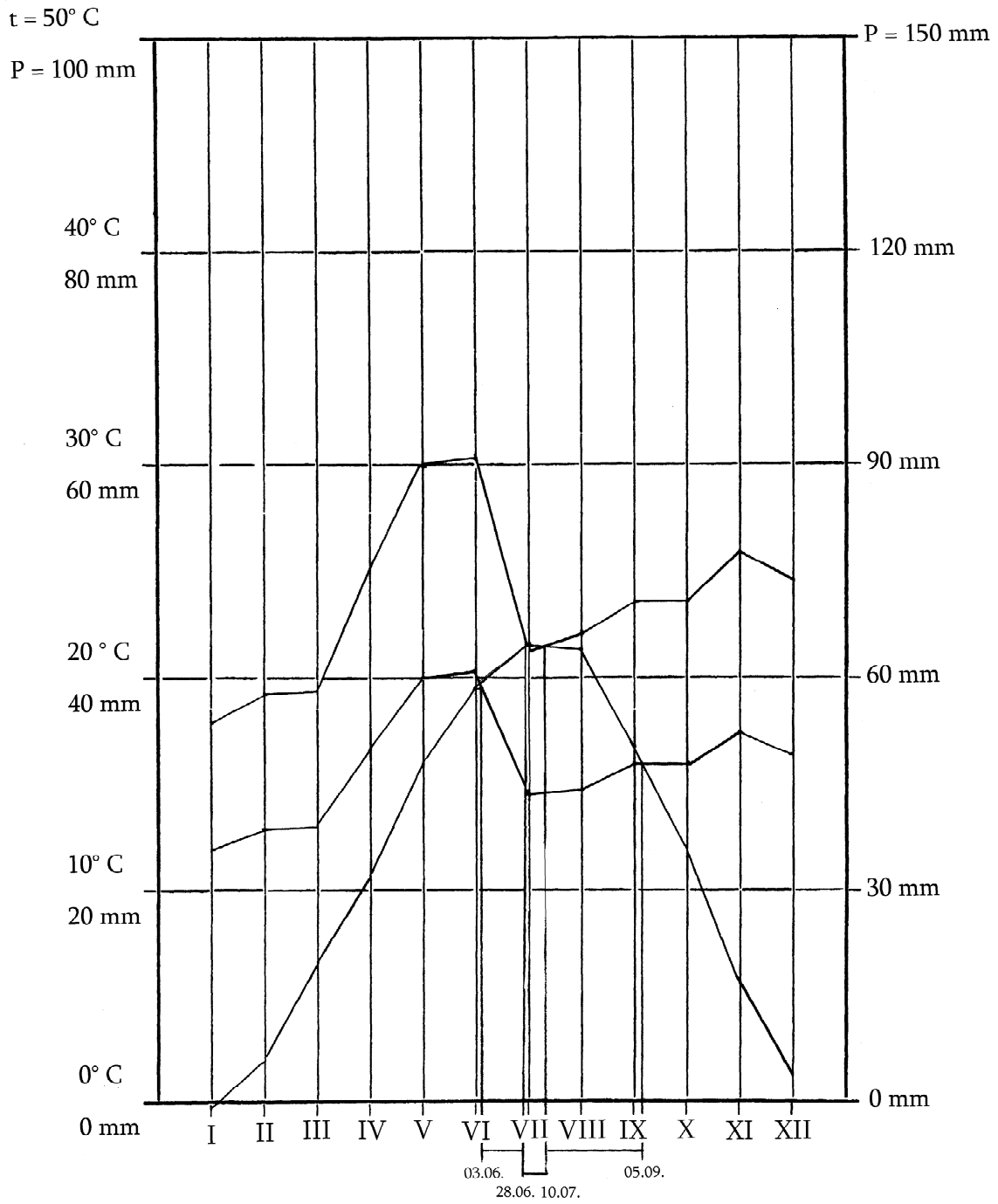
Прилог 5. Климадијаграм по Walter-у за станицу Кукавица за период 1954-1967. године



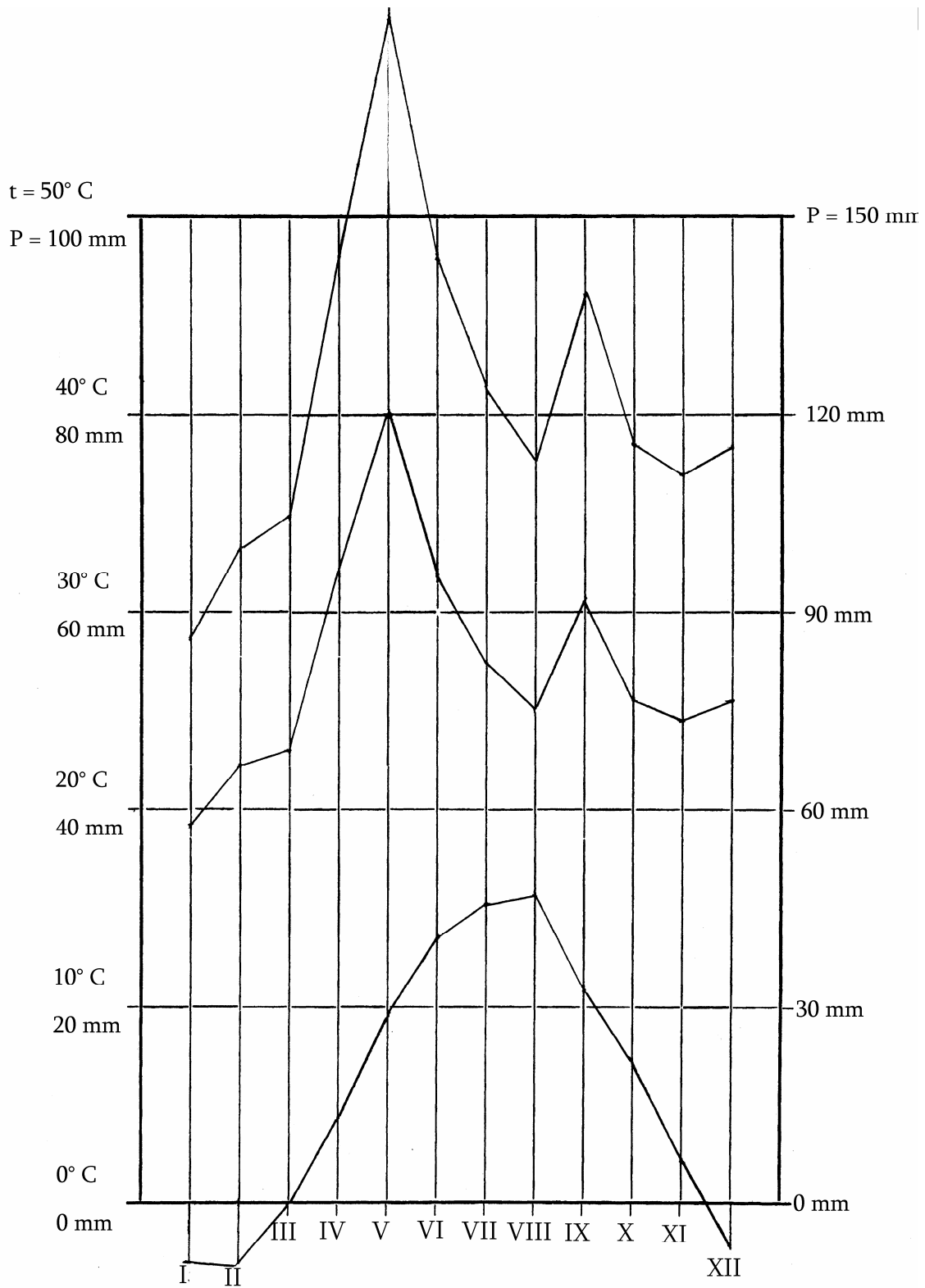
Прилог 6. Климадијаграм по Walter–у за станицу Предејане за период 1949-1967. године



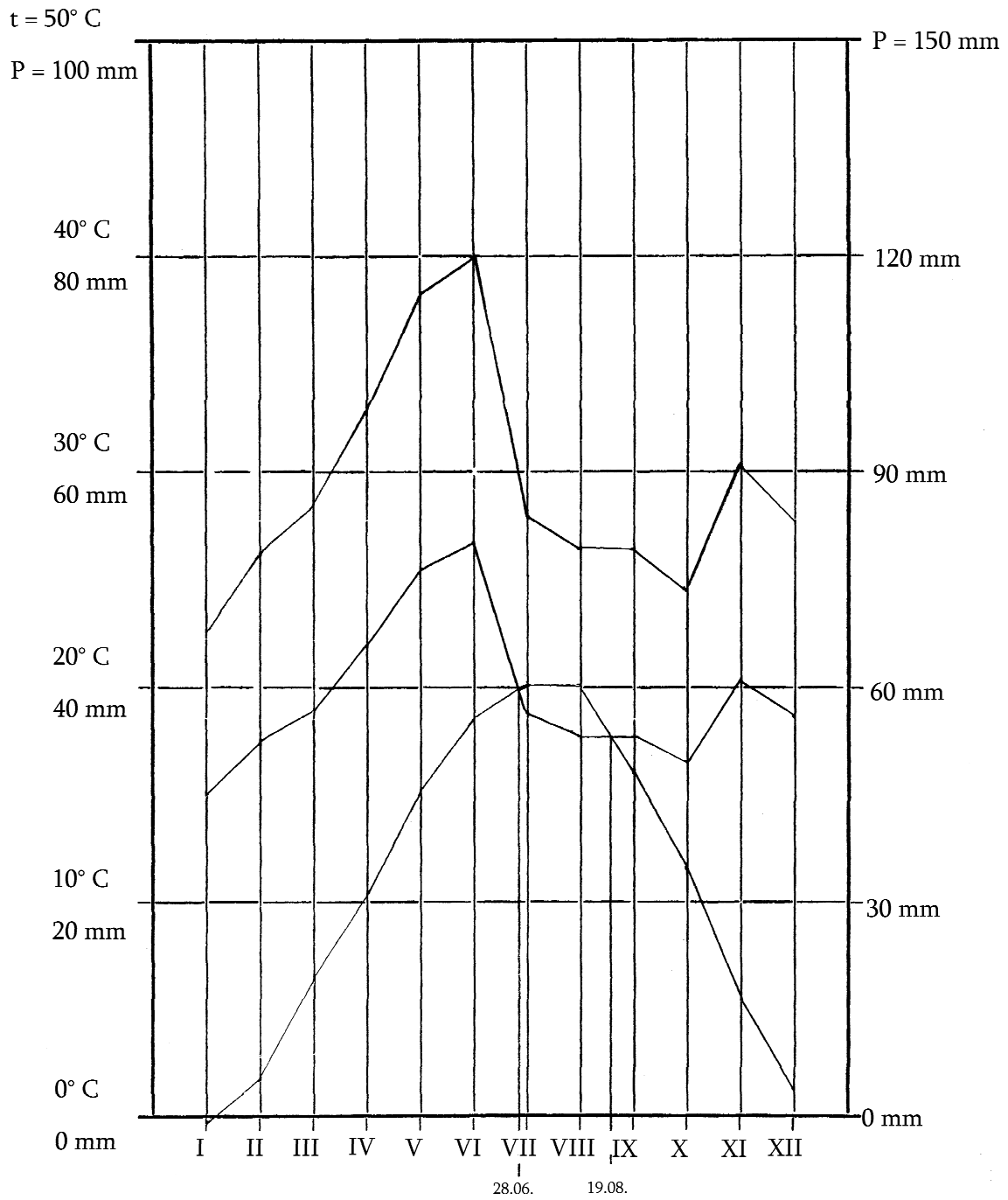
Прилог 7. Климадијаграм по Walter–у за станицу Врање за период 1977-2008. године



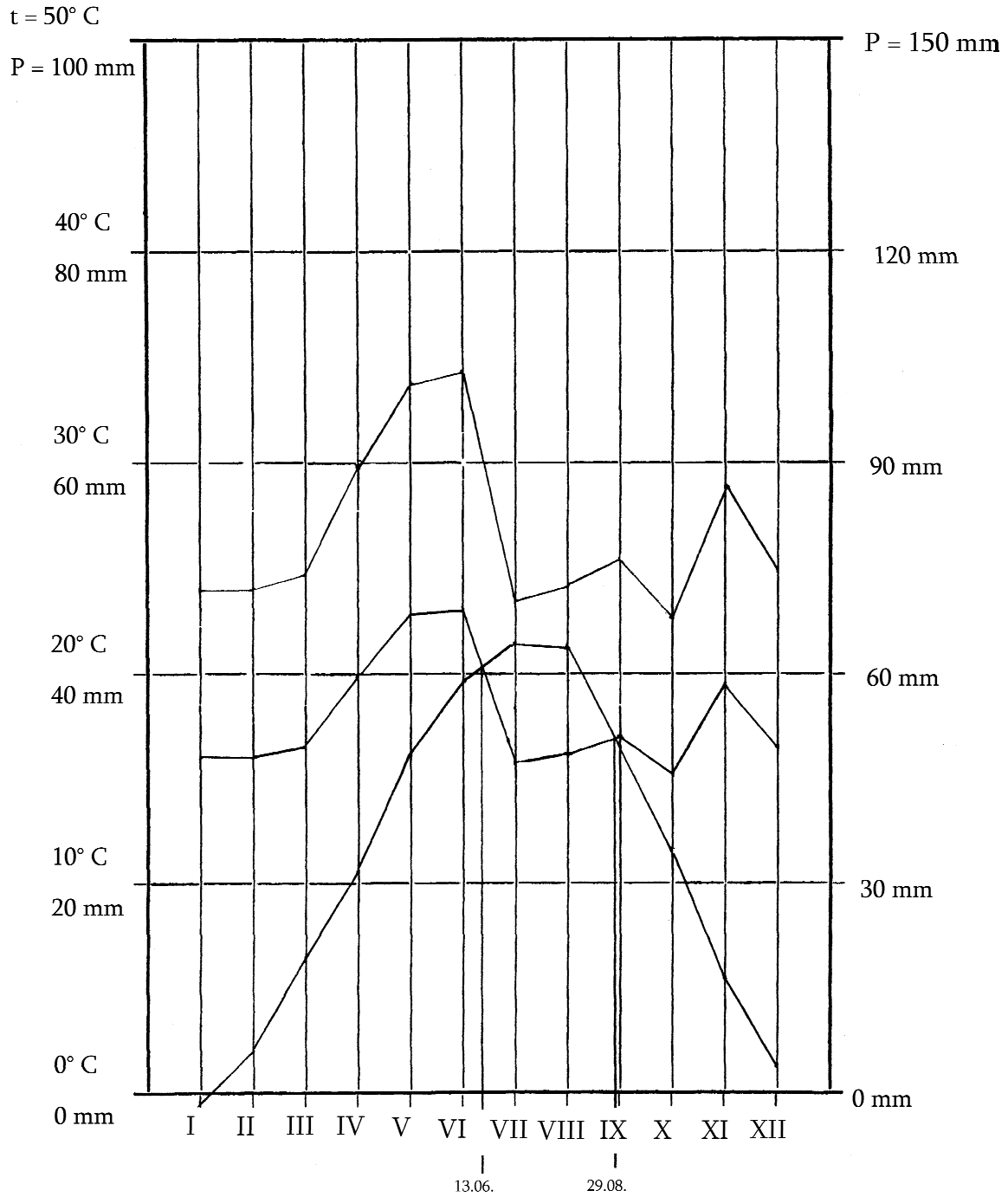
Прилог 8. Климадијаграм по Walter–у за станицу Кукавица за период 1991-2008. године



Прилог 9. Климадијаграм по Walter–у за станицу Предејане за период 1977-2008.
године



Прилог 10. Климадијаграм по Walter–у за станицу Владичин Хан за период 1977-2008. године



БИОГРАФИЈА

Мр Сара Лукић је рођена 1974. године у Ваљеву, где је завршила основну и средњу школу. Шумарски факултет Универзитета у Београду одсек Заштита од ерозије уписала је школске 1993/94. године, а дипломирала у априлу 2000. године, са просечном оценом 8,66, а дипломски рад под називом „*Хидролошки прорачуни за слив Габровачке реке*“ одбранила са оценом 10.

Од 2001. ради као асистент-приправник на Шумарском факултету, на одсеку Заштита од ерозије и уређење бујица, на предмету Шумске мелиорације.

Школске 2001/02. године уписала је последипломске студије на Шумарском факултету Универзитета у Београду, на смеру Мелиорације.

Испите у оквиру магистарских студија положила са просечном оценом 10. Магистарску тезу под насловом „*Утицај стандардних типова појасева и уобичајених пољопривредних култура на брзину ветра*“ одбранила је у марту 2006. године, на Шумарском факултету Универзитета у Београду и стекла академско звање магистра шумарских наука.

У звање асистента изабрана је октобра 2006. године.

Била је члан Комисија за израду и одбрану дипломских радова.

До сада је објавила 26 научних радова и учествовала у више научно-истраживачких пројеката.

Тренутно је ангажована као истраживач на два национална пројекта.

Учествовала у изради више стручних пројеката за подизање мреже пољезаштитних појасева и у једном пројекту рекултивације земљишта.

Стручни испит положила је у новембру 2003. године.

У новембру 2002. боравила је у Бечу, као стипендиста Аустријског Министарства за образовање, науку и културу, на Институту за бујице, лавине и природне катастрофе при БОКУ, где је била на стручном усавршавању под супервизијом професора Др Јоханеса Хибла.

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

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а мр Сара Лукић

број уписа: школска 2008/09, докторанд - истраживач

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**“Мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања на подручју Грделичке
клисуре и Врањске котлине“**

- 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, 12.4.2013.

Сара Лукић

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: мр Сара Лукић

Број уписа школска 2008/09, докторанд - истраживач

Студијски програм Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса

Наслов рада „**Мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине**“

Ментор: др Стеван Дожић, редовни професор Универзитета у Београду – Шумарског факултета

Потписани мр Сара Лукић

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, 12. 4. 2013.

Сара Лукић

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

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

“Мелиоративни ефекти противерозионих пошумљавања на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине“

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, 12.4.2013.

