

Универзитет у Новом Саду

Пољопривредни факултет

Животна средина и екологија предела

Милена Д. Лакићевић

Нови Сад, 2023. године

ЕДИЦИЈА „ОСНОВНИ УЏБЕНИК“

Оснивач и издавач едиције:

Универзитет у Новом Саду
Пољопривредни факултет
Трг Доситеја Обрадовића 8, Нови Сад, Србија

Година оснивања:

1954.

Главни и одговорни уредник едиције:

др Недељко Тица, редовни професор
декан Пољопривредног факултета

Чланови комисије за издавачку делатност:

др Бранислав Влаховић, редовни професор, председник
др Ивана Давидов, ванредни професор, члан
др Дејан Беуковић, доцент, члан
др Ксенија Мачкић, доцент, члан

ISBN 978-86-7520-557-9

Аутор:

др Милена Д. Лакићевић, ванредни професор, Пољопривредни факултет,
Универзитет у Новом Саду

Главни и одговорни уредник:

др Недељко Тица, редовни професор
декан Пољопривредног факултета Универзитета у Новом Саду

Рецензенти:

др Саша Орловић, редовни професор, Пољопривредни факултет, Универзитет у
Новом Саду

др Емина Младеновић, ванредни професор, Пољопривредни факултет,
Универзитет у Новом Саду

Издавач:

Универзитет у Новом Саду
Пољопривредни факултет, Нови Сад

Забрањено штампање и фотокопирање. Сва права задржава издавач.

Штампа: Графика Галеб, Ниш

Штампање одобрила: Комисија за издавачку делатност Пољопривредног
факултета Универзитета у Новом Саду

Тираж: 20

Фотографија на корицама уџбеника:

Фрушка гора
аутор: Милена Лакићевић

Место и година штампања:

Нови Сад, 2023. године

Предговор

Овај уџбеник је намењен студентима треће године основних академских студија на студијском програму за пејзажну архитектуру на Пољопривредном факултету Универзитета у Новом Саду. Уџбеник је у целости усклађен са планом и програмом предмета „Животна средина и екологија предела“. Уџбеник може бити користан и студентима других смерова Пољопривредног факултета у Новом Саду, стручњацима у пракси, као и свима који се интересују за проблеме животне средине.

Основни циљ уџбеника је стицање нових знања у области животне средине и екологије предела, као важне теме у стручном и научном раду (будућих) инжењера пејзажне архитектуре. Уџбеник покрива најважније области у предметној области и подељен је на следећа поглавља: Екологија, Екологија урбаних и природних предела, Фитоценологија, Еколошке мреже, Картирање у екологији предела и Нумеричка анализа у екологији предела. Уџбеник чини целину са раније објављеним практикумом Лакићевић, М. Д. (2018). „Животна средина и одрживи развој“, Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду. Уџбеник се бави теоријским основама, анализом основних појмова, али и приказом практичних примера и могућности за коришћење савремених програма (пре свега програма R) у области истраживања предела. Идеја аутора била је да се теоријске теме у области предеоне екологије објасне практично, коришћењем стварних студија случаја уз примену нових комјутерских алата.

Ова књига је уједно и први уџбеник за наведени предмет на Пољопривредном факултету у Новом Саду и због тога су изазови приликом писања били бројни. У том смислу, желела бих да се захвалим рецензентима, проф. др Саше Орловићу и проф. др Емини Младеновић, на корисним сугестијама и подршци приликом писања и завршног сређивања књиге, као и на препознавању значаја обрађених тема за школовање будућих инжењера пејзажне архитектуре. Захвалност дугујем и својим студентима, који су кроз своја питања, теме дипломских и мастер радова такође утицали на обликовање ове књиге. Као и увек, највећу захвалност дугујем својим родитељима, Драгом и Соњи Лакићевић, који су увек веровали у мене и били ми неисцрпна подршка.

Надам се ће уџбеник бити од користи студентима и помоћи им у савладавању градива.

Нови Сад, 2022. године

Аутор
Проф. др Милена Д. Лакићевић

Садржај

1. Екологија.....	3
1.1. Основни појмови везани за станиште и биљне заједнице	4
1.2. Основни појмови везани за еколошке чиниоце.....	6
1.3. Основни појмови везани за заштиту биљних врста	7
1.4. Концепт одрживог развоја.....	8
1.5. Институције и организације у области заштите природе	10
1.5.1. Међународна унија за заштиту природе – <i>IUCN</i>	10
1.5.2. Светски фонд за заштиту природе – <i>WWF</i>	10
1.5.3. Завод за заштиту природе Србије	12
1.5.4. Покрајински завод за заштиту природе.....	13
1.6. Правни оквир заштите природе.....	14
1.6.1. ЦИТЕС конвенција	14
1.6.2. УН Декларација о човековој средини.....	15
1.6.3. Светска стратегија очувања природе.....	15
1.6.4. УН Светска повеља о природи.....	15
1.6.5. Алпска конвенција: Протокол о заштити земљишта.....	15
1.6.6. Конвенције донете на Конференцији УН о животној средини и развоју	16
1.6.7. Архуска конвенција	17
2. Екологија урбаних и природних предела.....	18
2.1. Екологија урбаних предела.....	18
2.1.1. Функције градског зеленила	18
2.1.2. Заштита од температурних екстрема	19
2.1.3. Унапређење квалитета ваздуха	21
2.1.4. Очување биодиверзитета	23
2.1.5. Еколошки нормативи у граду	25
2.1.6. Принципи просторне композиције зеленила у граду.....	27
2.2. Екологија природних предела	28
2.2.1. Предеони елементи	29
2.2.2. Структура предела	30
3. Фитоценологија.....	35
3.1. Фитоценоза	35
3.2. Синтаксономске категорије	37
3.3. Фитоценолошко снимање	39
3.3.1. Фитоценолошки снимак	41
3.3.2. Фитоценолошка табела	43
4. Еколошке мреже.....	45

4.1. Структура еколошке мреже	45
4.2. Еколошке мреже у Европи.....	47
4.2.1. Натура 2000.....	49
4.2.2. Емералд мрежа	51
4.3. Међународно значајна подручја у Србији.....	52
4.3.1. Резервати биосфере.....	53
4.3.2. Значајна прекогранична подручја.....	54
4.3.3. Рамсарска подручја.....	54
4.3.4. ИРА подручја	56
4.3.5. ИВА подручја	57
4.3.6. РВА подручја.....	57
4.4. Заштићена подручја у Србији.....	58
4.5. Екосистемске услуге.....	60
5. Картирање у екологији предела.....	62
5.1. Хоролошке карте	63
5.2. Картирање заштићених природних добара.....	66
5.2.1. Креирање мапа помоћу R пакета	69
5.3. Картирање станишта ретких и угрожених врста.....	72
5.4. Картирање заштићених примерака дендрофлоре	76
6. Нумеричка анализа у екологији предела	80
6.1. Биолошки спектар флоре	80
6.1.1. Животне форме биљака.....	81
6.1.2. Пример прорачуна биолошког спектра флоре.....	83
6.2. Флористички састав – опште карактеристике.....	85
6.3. Морфометријске карактеристике биљних примерака	87
6.4. Индекси биодиверзитета.....	90
6.4.1. Индекси алфа диверзитета	91
6.4.2. Индекси бета диверзитета.....	95
6.5. Присуство ретких, угрожених и ендемичних врста	98
6.6. Присуство инвазивних врста	101
6.7. Метрика предела	102
6.7.1. Пример прорачуна метрике предела	105
7. Литература	109

1. Екологија

Екологија је наука која проучава односе живих бића и спољашње средине (Јанковић, 1995). Назив „екологија“ потиче од грчких речи „oikos“ што означава кућу односно дом и „logos“ – реч која означава и науку, односно изучавање. Овај термин је први увео Ернест Хекел 1866. године и овај научник се уједно сматра за оснивача екологије као засебне науке. Фундаментална екологија обухвата три основне дисциплине и то су екологија врсте, популациона екологија и екологија екосистема – биогеоценологија (Љешевић, 2002).

Екологија врсте се бави проучавањем односа јединки одређене врсте и средине коју настањују, односно њиховог станишта. Ова дисциплина се још назива и факторијална екологија или аутоекологија. Назив „факторијална екологија“ указује да се ова дисциплина бави истраживањем одговора врсте на јединство фактора односно чинилаца спољашње средине. То би значило да овој дисциплини припадају истраживања која се односе, на пример, на испитивање толерантности одређене врсте према недостатку воде, повишеној концентрацији соли у земљишту, аерозагађењу и сл. Ова еколошка дисциплина је непосредно повезана са грађом организама, еко-физиолошким процесима итд.

Популациона екологија се бави условима настанка и развоја популација. Популација представља скуп јединки исте врсте, а популациона екологија проучава промене бројности (односно величине популација), прати промене ареала – географског опсега њиховог распрострањења, старосних група, виталности примерака и сл. Основни циљ је проучавање одговора читаве популације, а не изолованих јединки, на деловање чинилаца спољашње средине. Синоним за ову дисциплину је синекологија. Практичан пример задатка популационе екологије би био проучавање популација топола на стаништима у близини Дунава у Новом Саду.

Екологија екосистема или биогеоценологија се бави проучавањем односа екосистема према чиниоцима спољашње средине. Екосистем или биогеоценоза представља јединство станишта односно животног простора и живог света који то станиште настањује. Другим речима, екосистем је јединство биотопа (станишта) и биоценозе (животних заједница). Екосистем је динамична целина која се мења под утицајем станишних услова, али истовремено мења станишне услове. Наиме, између екосистема и спољашње средине постоји узајамна веза која је предмет проучавања екологије екосистема. Екологија екосистема проучава односе међу једникама исте врсте, као и јединкама које припадају различитим врстама и њихов однос са биотопом. Пример истраживања у овој дисциплини може да буде испитивање шумских екосистема на Фрушкој гори, нпр. праћење доминантних врста и њиховог односа према одређеним условима спољашње средине, као и процеса ширења инвазивних врста и потискивања елемената локалне флоре и сл.

На крају, требало би навести разлику између термина „екологија“ и термина „заштита животне средине“. Иако се ови термини често, неправилно, користе као синоними, они то нису. Заштита животне средине представља један од

цијева екологије као науке и поједностављено говорећи, однос између екологије и животне средине одговара односу између медицине и здравља.

Екологија је биолошка наука и поред фундаменталних истраживања у овој области значајно место заузимају и примењене еколошке дисциплине. Најзначајније примењене научне дисциплине, које своје утемељење имају у фундаменталној екологији, су еколошки инжењеринг и еколошко праћење стања, односно еколошки мониторинг (Јанковић, 1995).

Еколошки инжењеринг представља домен деловања пејзажног архитекте и подразумева различите поступке заштите земљишних и водних ресурса, као и очувања биљног и животињског света на различитим локалитетима и категоријама простора. Поступци заштите се разликују у складу са тим да ли је реч о природном или изграђеном пределу, као и у зависности од тога да ли је простор који се предмет истраживања заштићено подручје или не.

Примери биоинжењерских мера су поступци враћања врста на природна станишта (реинтродукција) на места на којима су оне ишчезле или чији је опстанак угрожен. Осим тога, у мере еколошког инжењинга спадају поступци пошумљања територије која је уложена процесима ерозије, као и санација клизишта, пречишћавање вода и сл. Све наведене мере значајно доприносе унапређењу квалитета животне средине и због тога је значајно да се спроводе правовремено. У том смислу, биоинжењерске мере могу бити усмерене на спречавање настанка проблема у животној средини и тада се означавају као *превентивне*. Осим тога, уколико је до нарушавања чинилаца спољашње средине већ дошло примењују се мере које за циљ имају ублажавање и спречавање даљег погоршања стања и те мере се називају *репресивне* мере. Циљ је да деловање буде, у што већој мери, усмерено на планирање и спровођење превентивних мера.

Еколошко праћење стања, у области предеоне екологије, се односи на осматрање параметра предела који су значајни са становишта управљања пределом и заштитом његовог квалитета. У пракси, то се односи на праћење промене начина коришћења земљишта (посебно односа изграђених и неизграђених простора), затим намене земљишта, праћење флористичких елемената, посебно промена параметара биодиверзитета, бројности ендемичних, ретких и угрожених врста, динамике промене популација инвазивних и коровских врста, промена у односу између аутохтоних и алохтоних врста и сл. Све наведене теме ће бити детаљније обрађене у наредним поглављима овог уџбеника. За поступке еколошког праћења стања нпр. картирања, као и анализе нумеричких и просторних података, значајну улогу има програм R.

1.1. Основни појмови везани за станиште и биљне заједнице

У даљем тексту биће описани основни појмови у вези са стаништем и биљним врстама: екотоп, биотоп, биоценоза, екосистем (биогеоценоза), биом, биоциклус, биосфера и екорегиион.

Екотоп је скуп чинилаца спољашње средине без утицаја живе компоненте. Ретко се среће у природи и поразумева простор који још нису освојили живи

организми. Примери екотопа су јаловишта, пепелишта, охлађена вулканска лава и сл. Освајање екотопа живим светом се одвија у етапама, односно сукцесивно. Прво ће ненасељени простор освојити алге, лишпајеви, односно организми на нижем ступњу организације, а тек у најкаснијим фазама се појављују цветнице. Свака фаза развоја се означава као сукцесија (Томић, 2004).

Биотоп означава животни простор односно животно станиште. Настаје када се екотоп, односно скуп чинилаца спољашње средине, мења под утицајем живе компоненте која почиње да га настањује, односно осваја. Између живе и неживе компоненте на одређеном станишту се успоставља сложена повратна веза. Са једне стране, живи свет (биљке, животиње, гљиве) прилагођавају се условима на свом станишту и њихова способност прилагођавања (адаптације) непосредно одређује успешност њиховог опстанка. Повратно, живи свет мења чиниоце спољашње средине и на тај начин се између њих успоставља повратна спрега.

Биоценоза је термин који означава животну заједницу. Сва жива бића, различите врсте животиња, биљака, гљива и микроорганизама воде заједнички живот на одређеном простору и повезани су у сложenu целину заједницу – биоценозу. У складу са врстом организама која их формира разликујемо: фитоценозе (биљне заједнице), зооценозе (животињске заједнице), микоценозе (заједница гљива) и микробиоценозе (заједнице микроорганизама). Животне заједнице не постоје независно од својих станишта, тако да је појам биоценоза, у великој мери, апстрактан. Фитоценозе су посебно значајне са аспекта пејзажне архитектуре и пределе екологије, тако да је Поглавље 3 посвећено детаљнијем упознавању са њима.

Екосистем или биогеоценоза је врховна синтеза у екологији и представља јединство биотопа (животног простора) и биоценозе (животне заједнице). Сви делови једног екосистема, његове живе и неживе компоненте су међусобом повезане и усађене у тој мери, да промена било које компоненте утиче на измене екосистема у целини. Осим тога, све промене у екосистему у целини битно утичу на све његове делове (живу и неживу компоненту). Дакле, у екосистему постоји чврста узајамна зависност целине и свих њених делова. У оквиру сваког екосистема, свака биљка (као део биоценозе) опстаје на одређеном месту, прилагођавајући се условима животне средине, као и утицајима које на њу врше други живи организми. Екосистем је динамична целина која се одржава кроз процесе акције, реакције и коакције и увек се налази у стању мањих или већих промена.

Термин „екосистем“ је увео енглески еколог Тенсли 1935. године и описао га као отворен систем живих бића и спољашње средине, у коме владају еколошки односи. Овај термин се и даље користи у литератури на енглеском језику. У руској литератури, среће се појам „биогеоценоза“. Овај термин увео је руски еколог Сукачов 1947. године, желећи да укаже на недостатак термина „екосистем“ у погледу његове универзалности (Стевановић и Јанковић, 2001). Биогеоценоза је термин који указује да се ради о природним заједницама које постоје на одређеном географском подручју. На овај начин направљена је разлика између природних екосистема и вештачких и затворених еколошких система (нпр. акваријуми, тераријуми и сл.).

Биоми су слични и функционално повезани екосистеми који образују веће регионалне целине. Биоми се, по правилу, везују за одређене климатске зоне. Примери биома су: степе, тајге, тропске кишне шуме, листопадне шуме и сл.

Биоциклуси представљају јединство екосистема и биома. На Земљи постоје три биоциклуса и то су: слана вода (мора и океани), слатка вода (реке, језера, баре) и копно (Стевановић и Јанковић, 2001).

Биосфера је живи омотач Земље, дефинише се и као екосистем на глобалном нивоу. Биосферу чине различити делови омотача Земље и то: делови атмосфере (ваздушног омотача око Земље), хидросфере (воденог омотача на Земљи) и литосфере (спољни, стеновити омотач Земље) који су насељени живим светом и њиховим заједницама. Биосфера је на највишем месту у хијерархији организације еколошких система. Елементарна структурна и функционална јединица биосфере је екосистем или биогеоценоза. Биосфера је у односу на целу Земљу, танак површински слој, али се од пресудног значаја за опстанак живог света јер би без биосфере опстанак живог света на Земљи био немогућ.

Екорегиион се дефинише као „пространа јединица копна или воде која обухвата комбинацију врста карактеристичних за одређене географске регионе, аутохтоне природне заједнице и разноврсне услове природне средине“ (Вујић, 2008). Биодиверзитет није равномерно распоређен на Земљи, већ прати комплексне структуре одређене климом, геолошким саставом и сложеним односима између присутних живих организама. Другим речима, екорегиион представља обрасце биодиверзитетске структурираности.

1.2. Основни појмови везани за еколошке чиниоце

У овом поглављу биће описани основни појмови у вези са еколошким чиниоцима. На почетку је дата дефиниција еколошких чинилаца и описана је њихова подела на биотичке и абиотичке, а затим су описани и други термини – еколошка валенца и еколошка ниша.

Еколошки чиниоци одређују опстанак и развој живим организмима. Они могу бити везани за живу и неживу компоненту животне средине, и у складу са тим се разликују биотички и абиотички чиниоци (Лакићевић, 2018).

Биотички чиниоци укључују узајамне утицаје између живих организама, и ту спадају међусобни утицаји између биљака, међусобни утицаји између биљака и микроорганизама, гљива, животиња, итд. Разликују се интраспецијски или хомотипски односи који представљају односе између јединки исте врсте и интерспецијски или хетеротипски односи који представљају односе између јединки различитих врста. Интерспецијски и, у одређеним случајевима, интраспецијски односи могу бити неутрални, компетитивни, симбиотички, паразитски и предаторски.

Биотичке утицаје, тј. односе између биљних врста и других организама можемо објаснити на примерима како следи у даљем тексту. Пример *неутралног* односа је када живи организми не отежавају нити поспешују опстанак и развој другим организмима на истом станишту. Супротно томе, у условима густог склопа где се група биљака налази на малом међусобном растојању и бори за ресурсе

(светлост, хранљиве материје у земљишту) равијају се *компетитивни* односи, јер се биљке међу собом надмећу за опстанак. Ово надметање за ресурсе тј. конкуренција је израженија уколико биљке имају сличне захтеве према станишту. Следећи пример би био однос биљке домаћина и имеле (*Viscum album* L.). Имела је полупаразит који се причвршћује за биљку домаћина и из ксилема дрвета црпи воду и минералне материје, тако да овај однос између биљке домаћина и имеле представља пример *паразитског* односа. На крају, пример *симбиотичког* односа је пример између представника фамилије Fabaceae који на кореновом систему имају нодуле са бактеријама које омогућавају везивање азота. У наведеном примеру, однос између биљке и бактерија је симбиотички, јер омогућава процес азотофиксације за који ниједан од наведених организама не би био способан самостално, тј. без оног другог.

Абиотички чиниоци су сви утицаји спољашње средине који одређују услове живота и омогућавају опстанак биљним врстама. Најзначајнији абиотички чиниоци су: климатски (светлост, температура, влага, ваздух и сл.), орографски (рељеф, разуђеност терена, надморска висина, експозиција, нагиб) и едафски чиниоци (физичко-хемијска својства земљишта).

Еколошка валенца је опсег варирања еколошког чиниоца у оквиру кога је могућ опстанак одређене врсте. Овај појам се може објаснити на примеру односа врсте планинског бора (*Pinus mugo* Turra) према надморској висини, као еколошком чиниоцу. Планински бор је врста која се најчешће среће на надморској висини између 1.000 и 2.200 m, тако да овај распон уједно представља и еколошку валенцу дате врсте за еколошки фактор надморска висина. Следећи овај пример може се објаснити концепт еколошке валенце за одређену биљну врсту у односу на температуру ваздуха, тип подлоге, киселост земљишта и сл.

Еколошка ниша је апстрактни еколошки појам који означава скуп еколошких валенци за све чиниоце спољашње средине у којој одређена врста опстаје. Некад се овај појам описује и као еколошки оквир постојања врсте. За разлику од еколошке валенце која може да се посматра као једнодимензионални појам, еколошка ниша одговара вишедимензионом контексту јер обухвата све чиниоце које утичу на опстанак и развој одређене врсте .

1.3. Основни појмови везани за заштиту биљних врста

Поступци за заштиту биљних врста се могу груписати у три категорије: поступци формално-правне заштите, поступци *ex situ* и поступци *in situ* заштите. Поступци формално-правне заштите имају превентивни карактер, док поступци *ex situ* и *in situ* заштите имају активан, офанзивни приступ (Вујић, 2008).

Поступци формално-правне заштите обухватају доношење различитих правних аката на националном или међународном нивоу, на основу којих се биљним врстама додељује одговарајући ниво правне заштите. Правни документи којима се обезбеђује заштита врста могу бити: закони, уредбе, наредбе, декларације, кодекси, конвенције, резолуције, стратегије и сл. (Лакићевић, 2018).

Ex situ заштита обухвата поступке за очување, гајање и размножавање угрожених биљних врста изван њихових природних станишта. Примери *ex situ*

заштите су гајење биљака у ботаничким баштама, мањим колекцијама живих биљака (алпинетуми, приватне колекције биљака и сл.), као и оснивање банке гена, семена и плодова и специјализованих лабораторија у којима се биљни материјал, сакупљен на природним стаништима, може одржавати и размножавати током дужег временског периода.

Ботаничке баште су најсигурна места за *ex situ* заштиту биљних врста. У свету постоји више од 1.600 ботаничких башти и претпоставља се да се чува 1/4 укупног броја познатих цветница и папрати (Вујић, 2008).

Банке гена представљају специјализоване колекције живог биљног материјала (семе, плодови, вегетативни делови) који се сакупља, складишти, одржава и размножава у строго контролисаним условима.

Култура биљног ткива представља начин производње биљака у лабораторијским условима (*in vitro*). Из једног примерка донетог са природног станишта могу се произвести стотине нових јединки и након тога вратити на станиште на којима им је опстанак био угрожен. Помоћу културе биљног ткива могуће је заштити и обновити генофонд ретких и угрожених врста, као и врста које су од значаја у шумарству и хортикултури, а на чије се природне популације врши велики притисак због интензивне експлоатације и примене у различитим гранама индустрије.

Ex situ заштита се примењује када сви остали облици заштите не уроде плодом, односно када бројност популације угрожене биљне врсте на њеном природном станишту достигне критичну границу ишчежавања. Успешност *ex situ* заштите зависи од познавања биоеколошких захтева угрожене биљне врсте, и у том смислу је потребно да се на *ex situ* станишту што верније симулирају услови који постоје на природном станишту врсте која се штити. Крајњи циљ *ex situ* заштите је враћање – **реинтродукција** угрожених биљних врста на природна станишта са којих су ишчезле или на којима им је опстанак био угрожен (Лакићевић, 2018).

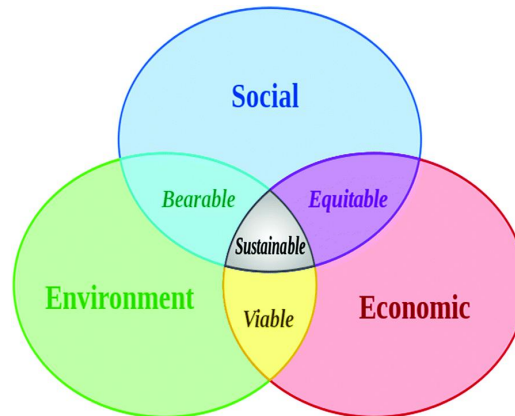
***In situ* заштита** подразумева заштиту угрожених биљних врста на њиховим природним стаништима. Заштита биљних врста је немогућа без заштите њихових станишта, тако да *in situ* заштита обухвата: а) очување изворних екосистема и б) очување, одржавање и опоравак популација врста на њиховом природном станишту. У поступке *in situ* заштите спада и успостављање система заштићених природних подручја.

У Србији постоји седам категорија заштићених природних добара и то су: национални парк, парк природе, предео изузетних одлика, општи резерват природе, специјални резерват природе, споменик природе и заштићено станиште. Важно је напоменути да се у овим категоријама налазе и простори који су значајни са аспекта који није везан за ботаничке вредности.

1.4. Концепт одрживог развоја

Одрживи развој (*Sustainable Development*) би се најкраће могао дефинисати као развој који испуњава потребе садашње генерације без уgroжавања потреба будућих генерација. Основни концепт одрживог развоја треба да помири потребе друштва за коришћењем природних ресурса и захтеве за заштитом животне

средине (Kangas и сар., 2015). Одрживи развој обухвата три компоненте: еколошку, економску и друштвену компоненту (Слика 1.1).



Слика 1.1. Концепт одрживог развоја
Извор: Kangas и сар. (2015)

Одрживи развој подразумева целовито преклапање све три основне компоненте. Концепт одрживог развоја у шумарству би могао да се објасни како следи у даљем тексту.

Еколошка компонента обухвата екосистемска добра и услуге, односно све користи које шума обезбеђује друштву и животној средини, нпр. побољшање квалитета ваздуха (кроз повећавање влажности ваздуха, његово прочишћавање, повећање концентрације лаких негативних јона у вазуху и сл.), контрола температурних екстрема, заштита од ветра и ерозионих процеса, очување биодиверзитета и природних процеса у екосистемима и сл.

Економска компонента се односи на новчану добит која се остварује коришћењем природних ресурса, пре свега, дрвне масе која ће бити даље коришћена у дрвној индустрији, али и нешумских производа.

Друштвена компонента обухвата, на пример, коришћење шума за потребе окупљања људи и боравак у природи, односно успостављање излетишта, парк-шума и сл.

У циљу успостављања одрживости, предвиђено је да се у шумарству може искористити она количина дрвне масе (која ће се даље користити за потребе индустрије) која ће бити надокнађена природним прирастом у шумама; и на тај начин ће бити одржана равнотежа између потрошње и природне производње дрвне масе. Међутим, пошто потребе индустрије премашују природну производну способност шума, овај основни концепт је замењен поступком у коме се за свако посечено стабло мора посадити ново. При томе, треба имати у виду да ова замена мора да узме у обзир врсту биљке, старост стабала, њихову виталност, као и карактер локалитета са кога ће се врсте уклањати односно садити. На пример, старо, витално стабло аутохтоне врсте на локалитету које је уложено процесима ерозије се не препоручује за овај вид замене. Примерак који се уклања и примерак који се сади треба да имају приближно исту еколошку вредност, а поред тога треба бирати и локалитете који су у истом стању у погледу стања очувања водних и земљишних ресурса и биљног покривача. Уколико су наведени услови испуњени сматра се да замена има смисла и да је концепт одрживости успешно постигнут.

1.5. Институције и организације у области заштите природе

У свету постоји више хиљада организација и установа које се баве заштитом природе. Ту спадају владине и невладине организације, заводи за заштиту природе, клубови љубитеља природе и сл. (Вујић, 2008). Неке од организација су специјализоване за заштиту одређених таксона, а неке своје активности спроводе на одређеној територији (нпр. у Северној Америци). У даљем тексту биће дат приказ најзначајнијих међународних и националних организација и институција које делују на пољу заштите природе.

1.5.1. Међународна унија за заштиту природе – IUCN

Организација IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) је основана 1948. године. Седиште организације се налази у Гланду (Швајцарска), али има и више од 50 канцеларија широм света и једна од њих се налази у Београду. Међународна унија за заштиту природе координира активности шест комисија у свом саставу: комисије за образовање; комисије економску и социјалну политику, комисије за законодавство; комисије за управљање екосистемима; комисије за заштиту врста и комисије за заштићена природна добра.



Слика 1.2. Лого Међународне уније за заштиту природе – IUCN
Извор: [1]

Неки од најзначајних доприноса ове организације се односе на инвентар глобалног статуса заштите флоре и фауне – дефинисање црвених листа и црвених књига. Поред тога, ова организација се бави питањима категоризације заштићених природних добара и редовно објављује документа о управљању заштићеним природним добрима – предлаже смернице за дефинисање циљева управљања свим категоријама заштићених природних предела.

У новије време, од 2016. године, Међународна унија за заштиту природе се бави и питањем дефинисања и процене природи блиских решења (*nature-based solutions*). Ово питање се процењује као један од најважнијих одговора у ублажавању последица климатских промена.

1.5.2. Светски фонд за заштиту природе – WWF

Светски фонд за заштиту природе (*World Wildlife Fund – WWF*) је основан 1961. године. Седиште Фонда се такође налази у Гланду (Швајцарска), а канцеларије Фонда у више од 100 земаља у свету, што га чини једним од највећих и најзначајнијих организација посвећених заштити природе.

Организација WWF се бави истраживањем, заштитом и унапређењем природних екосистема и популацијама дивљих врста и општим унапређењем заштите природе широм света. Фонд има и препознатљив лого (Слика 1.3).

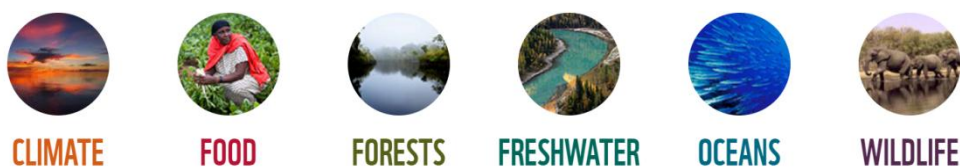


Слика 1.3. Лого Светског фонда за заштиту природе – WWF
Извор: [2]

Мисију Фонда чине: заштита биодиверзитета на глобалном нивоу, одрживо коришћење природних ресурса и промоција мера за смањење загађења и стварање отпада.

Основни циљеви се групишу у шест категорија (Слика 1.4).

1. Клима – циљ је стварање решења која су отпорна на климатске промене и која подразумевају коришћење обновљивих извора енергије.
2. Храна – циљ је удвостручавање доступности хране и замрзавање угљеничног отиска.
3. Шуме – циљ је заштита најугроженијих шума.
4. Слатка вода – безбедна вода за људе и чиста вода у природним екосистемима.
5. Морска вода – обезбеђивање здравих океана и морске територије.
6. Дивљи свет – заштита угрожених врста и њихових станишта.



Слика 1.4. Основни циљеви Светског фонда за заштиту природе – WWF
Извор: [3]

Фонд има различите програме који су усмерени на спречавање губитка станишта, спречавање губитка врста и смањење угљеничног отиска. Фонд је познат и по акцији „Сат за нашу планету“ (*Earth Hour*), који се одржава једном годишње и позива на искључење светла у периоду од сат времена. Од 1995. године, Фонд је уложио више од једне милијарде долара за спровођење приближно 12.000 програма заштите. Фонд се финансира из различитих извора, при чему преовлађују донације појединаца (око 60%), али средстава обезбеђују и Светска банка, Америчка агенција за међународни развој (*USAID*), веће коорпорације и сл.

1.5.3. Завод за заштиту природе Србије

Завод за заштиту природе Србије је стручна установа која се бави заштитом и унапређењем природне баштине Србије. Завод је основан 1948. године и седиште се налази на Новом Београду. У раду Завода учествује више одељења, одсека и група и ту спадају:

- одељење за природна добра, предеоне вредности и просторно-планску документацију;
- одељење за геодиверзитет
- одељење за бидиверзитет, еколошке мреже и одрживи развој;
- одсек за информационе системе и картографију;
- група за образовно-издавачку делатност и комукације;
- одељења за правне, кадровске и опште послове и
- одељење за финансијско-материјалне послове.

Осим седишта у Београду, Завод има и своју канцеларију у Нишу, која има статус радне јединице. Као резултат заједничке иницијативе Завода за заштиту природе и ЈП „Национални парк Тара“ настао је и центар за посетиоце на Тари.

Завод се бави израдом карата и на Слици 1.5 је приказана карта заштићених природних добара у Србији. Осим приказане карте, Завод је израдио и низ других картографских приказа (еколошке мреже у Србији, карта потенцијалних Емералд подручја у Србији, карта Рамсарских подручја у Србији, итд.)



Слика 1.5. Карта заштићених природних добара у Србији
Извор: [4]

Завод за заштиту природе Србије је члан најзначајнијих међународних организација: Међународне уније за заштиту природе (*IUCN*), Федерације паркова Европе (*Europarc Federation*) и Европске асоцијације за конзервацију геолошког наслеђа (*ProGEO*). Завод учествује и у Европској мрежи директора агенција за

заштиту природе (*The European Nature Conservation Agency Heads Network - ENCA*), УНЕСКО Светској мрежи геопаркова (*UNESCO Global Geoparks Network*), затим у УНЕСКО програму „Човек и биосфера“ (*Man and the Biosphere*), сарађује са Светским фондом за природу (*WWF*) и *PROWILDLIFE* организацијом из Немачке. Завод учествује и у спровођењу ратификованих међународних конвенција (Рамсарка, Бернска, Бонска, ЦИТЕС конвенција и Европска конвенција о пределу).

Завод је учествовао у реализацији низа пројеката који Србију укључују у светски систем заштите, на пример: „Европски зелени појас“, „Развој Емералд мреже у Републици Србији“, успостављање резервата биосфере „Голија-Студеница“. Завод је препознатљив по својој издавачкој делатности. Осим научно-стручног часописа „Заштита природе“, редовно се објављује и већи број приручника у области детерминације биљних врста, ботанике, заштите предела, екотуризма и сл.

1.5.4. Покрајински завод за заштиту природе

Покрајински завод за заштиту природе се бави се питањима заштите природе на територији АП Војводине. Завод се налази у Радничкој улици у Новом Саду (Слика 1.6).



Слика 1.6. Покрајински завод за заштиту природе
Извор: [5]

Историјат рада датира од 1947. године када је у оквиру Војвођанског музеја основано природњачко одељење. Покрајински завод за заштиту природе је основан 1966. године, са седиштем у Новом Саду на Петроварадинској тврђави. У периоду између 1993. и 2010. године је био радна јединица Завода за заштиту природе Србије, а од 2010. године постоји под наведеним називом – Покрајински завод за заштиту природе.

Неке од делатности Завода су: прикупљање и обрада података о природи и природним вредностима; праћење стања и оцена очуваности природе и степена угрожености дивљих врста и њихових станишта, станишних типова, екосистема, заштићених подручја, еколошких коридора, еколошке мреже и предела; израда студија заштите; дефинисање услова за радове у заштићеним природним добрима; пружање надзора и стручне помоћи у управљању заштићеним природним добрима; учешће у спровођењу ратификованих међународних уговора о заштити природе; инвентаризација појединачних елемената биолошке, геолошке и

предеоне разноврсности са статистичким анализама; вођење базе података у области заштите природе као дела јединственог информационог система Агенције за заштиту животне средине и сл.

У склопу Покрајинског завода за заштиту природе се налази и арборетум „Панонски врт“ (Слика 1.7). Назив „арборетум“ упућује да је реч о колекцији дрвећа („arbor“ на латинском значи „дрво“). Арборетум Покрајинског завода за заштиту природе се налази на површини од 15 а и представља макету Фрушке горе.



Слика 1.7. Арборетум Покрајинског завода за заштиту природе
Извор: [5]

У арборетуму се налазе врсте које су карактеристични елементи дендрофлоре Фрушке горе: *Quercus petraea* Lieb. (китњак), *Quercus cerris* L. (цер), *Quercus robur* L. (лужњак), *Tilia tomentosa* Moench (сребрнолисна липа), *Crataegus monogyna* Jacq. (једносемени глог), *Sorbus torminalis* (L.) Crantz. (брекиња), *Acer platanoides* L. (млеч), *Acer campestre* L. (клен), *Cornus sanguinea* L. (свиб), *Cornus mas* L. (дрен), *Sambucus nigra* L. (црна зова) итд.

1.6. Правни оквир заштите природе

Постоји велики број докумената који се односе на очување врста и њихових станишта, као и природних ресурса и природних екосистема. Ови документи углавном имају превентивни карактер, односно треба да спрече да дође до нарушавања стања природних елемената. У мањем броју случајева, документи имају репресивни карактер и предвиђају мере које се спроводе када је већ дошло нарушавања природних елемената. У даљем тексту биће описани неки од најзначајних правних докумената у области заштите природе.

1.6.1. ЦИТЕС конвенција

ЦИТЕС конвенција (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) је Конвенција о међународној трговини угроженим врстама дивље фауне и флоре. Конвенција је усвојена 1963. године у Вашингтону, САД. Циљ ове конвенције је треба да обезбеди да међународна трговина врстама дивљих животиња и биљака буде спроведена на начин и у степену који не угрожава њихов опстанак. Међународна годишња трговина дивљим врстама се процењује у милијардама долара и укључује стотине милиона примерака биљака и животиња.

Нивои експлоатације неких врста су толико високи да трговина у садејству са другим факторима (на пример губитком станишта) може довести до осипања њихових популација или чак довести врсту до границе изумирања.

ЦИТЕС обухвата различите нивое заштите за 30.000 биљака и животиња и спада у конзервационе уговоре са највећим чланством – тренутно има 183 земаља потписница Конвенције.

1.6.2. УН Декларација о човековој средини

УН Декларација о човековој средини (*Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment*) је донета у Стокхолму (Шведска) 1972. године. Ова декларација је израз заједничких напора и начела међународне заједнице по којима је у области заштите животне средине неопходно природне ресурсе Земље (воду, земљиште, флору, фауну и репрезентативне природне екосистеме) сачувати за добро садашњих и будућих генерација. Због тога је овом декларацијом препоручено државама потписницама да морају брижљиво планирати коришћење својих природних ресурса и да морају пажљиво управљати њима. Посебно је истакнута одговорност човека да сачува и мудро управља биљним и животињским светом и његовим стаништима која су угрожена дејством неповољних чинилаца.

Недавно (јун 2022. године) је одржана конференција „Стокхолм+50: здрава планета за напредак свих – наша одговорност, наша могућност“ где је дискутовано о успеху Декларације током 50 година од њеног доношења.

1.6.3. Светска стратегија очувања природе

Светска стратегија очувања природе (*World Conservation Strategy*) је донета 1980. године под окриљем Међународне уније за заштиту природе (*IUCN*). У овом документу развој се дефинише као промена у коришћењу људских, финансијских и природних ресурса, у циљу задовољавања људских потреба и побољшања услова живота. Стратегија има посебно поглавље под називом *Towards Sustainable Development* у којем се идентификују основни социјални узроци деградације животне средине: сиромаштво, раст број становника и социјална неједнакост.

1.6.4. УН Светска повеља о природи

УН објављује Светску повељу о природи (*UN World Charter for Nature*) 1982. године. Повеља дефинише принцип да је сваки облик живе јединке јединствен и да треба поштовати њен начин живота. Ова повеља указује на људску зависност од природних ресурса и неопходност контроле њихове експлоатације.

1.6.5. Алпска конвенција: Протокол о заштити земљишта

Алпска конвенција: Протокол о заштити земљишта (*The Alpine Convention: Soil Conservation Protocol*) је донета 1991. године. Циљ конвенције је смањивање квантитативних и квалитативних оштећења земљишта кроз примену одговарајућих пољопривредних и шумарских метода коришћења земљишта,

рехабилитације земљишта и очување његових функција. Конвенција подразумева планирање правних и административних мера за заштиту земљишта, уз обавезно усклађивање са политиком у области заштите природе, пољопривреди и шумарству.

1.6.6. Конвенције донете на Конференцији УН о животној средини и развоју

На конференцији УН о животној средини, која је одржана у Рио де Женеиру (Бразил), 1992. године потписани су и усвојени следећи документи:

- Декларација о животној средини и развоју - познатија као Рио декларација;
- Конвенција о промени климе;
- Конвенција о биолошкој разноврсности;
- Принцип о управљању, заштити и одрживом развоју шума и
- Акциони план одрживог развоја за XXI век назван „Агенда 21“.

Основни допринос ове конференције био је разрађивања концепта одрживог развоја, који је дефинисан у претходним документима (УН декларација о животној средини, 1972. године; Светска стратегија очувања природе, 1980. године; Извештај „Наша заједничка будућност“, 1987. године). Иако је концепт одрживог развоја био познат и пре конференције у Рију, на овом окупљању су разрађени детаљни планови који овај концепт подржавају у различитим областима управљања природним ресурсима.

1.6.6.1. Конвенција о биолошком диверзитету

Конвенција о биолошком диверзитету (*Convention on Biological Diversity – CBD*) представља једину универзалну конвенцију о биолошкој разноврсности. Циљ конвенције је очување биолошког диверзитета, одрживо коришћење његових компоненти и правилна подела користи које проистичу из коришћења биогенетичких, односно биолошких ресурса. Посебан значај конвенције је у потврђивању суверених права сваке државе на сопствене биолошке ресурсе, одговорност за очување сопствене биолошке разноврсности, као и коришћење сопствених биолошких ресурса на одржив начин. Конвенција се односи и на очување земљишта, као кључног станишта за велики број врста.

1.6.6.2. Агенда 21

Агенда 21 (*Agenda 21*) је документ који обухвата оквирни програм активности у области животне средине током XXI века. Основна порука документа јесте захтев за хитним променама и прилагођавању свих активности на планети са могућностима и капацитетима животне средине. Агенда има око 500 страна и подељена је на четири дела са укупно 40 поглавља.

Основна четири дела Агенде 21 су:

- социјална и економска питања;
- заштита и управљање ресурсима за развој;
- јачање улоге значајних друштвених група и
- средства за остваривање Агенде.

Локална агенда 21 је једно од поглавља Агенде 21. Препорука која је дата у поглављу је да локалне власти треба да се консултују са становништвом у погледу осмишљавања стратегије за стварање Локалне Агенде (ЛА) 21. Око Локалне Агенде мора се створити консензус – заједнички договор између страна које могу имати супротстављене интересе.

1.6.7. Архуска конвенција

Архуска конвенција (*The Aarhus Convention*) је конвенција о учешћу јавности у доношењу одлука које се тичу животне средине. Архуска конвенција је усвојена је 25. јуна 1998. године, на Четвртој министарској конференцији "Животна средина за Европу", одржаној у данском граду Архусу, под покровитељством Економске комисије Уједињених Нација за Европу (УН/ЕЦЕ).

Основни садржај Архуске конвенције предвиђа: приступ информацијама, право јавности да учествује у доношењу одлука везаних за животну средину и приступ правосуђу у случају када су два претходна права повеређена.

2. Екологија урбаних и природних предела

У овом поглављу одвојено ће се разматрати екологија градских предела (урбана екологија) и екологија природних предела (често се назива и само „екологија предела“, јер се подразумева да су у питању природни предели).

2.1. Екологија урбаних предела

Урбана екологија се бави проучавањем животне средине градова. Ова проучавања су нарочито значајна јер директно утичу на квалитет живота становништва у градској средини. У овом поглављу биће приказана улога зелених површина у градској средини, пре свега са аспекта унапређења еколошких норми, а осим тога биће разматрани и еколошки нормативи и принципи просторне композиције зеленила у граду.

2.1.1. Функције градског зеленила

Градско зеленило има посебни значај у унапређењу квалитета животне средине у градовима. Основне функције су: ублажавање температурних и других климатских екстрема, унапређење квалитета ваздуха (јонизација ваздуха, повећање влажности ваздуха, пречишћавање ваздуха, итд.), ветрозаштитна функција, рекреативна, едукативна функција, итд. Све функције зелених површина се могу груписати у три основне категорије: еколошке, социјалне и економске.

Еколошке функције имају сложу поделу и оне ће у овом поглављу бити посебно обрађене. Начелно, еколошке функције се везују за свако унапређење животне средине које настаје као последица правилног нормирања и категоризације зелених површина у граду.

Социјалне функције се односе на значај зелених површина са аспекта друштва, односно становника градова. У социјалне функције, на пример спадају едукативна, рекреативна и туристичка функција.

Економске функције су у контексту урбаних простора мање значајне у поређењу са зонама које су, на пример, намењене експлоатацији природних ресурса. Коришћење дрвне масе као сировине за дрвну индустрију је пример у коме се јасно препознаје економска функција шума. Ипак, овакве врсте активности нису карактеристичне за градску средину и због тога се економске функције не сматрају за приоритетне када је у питању урбани пејзаж. Некада се социјалне и економске функције посматрају заједно (и називају социо-економске) и овај приступ је такође оправдан у проучавању урбаних предела.

Груписање и даља подела еколошких функција може бити извршена на различите начине. У даљем тексту биће приказана подела одређена на основу документа „Миленијумска процена екосистема“ (2003) јер је ова подела прихваћена као стандардна на глобалном нивоу. На основу наведеног документа, еколошке функције се грубо могу поделити на регулаторне и функције обезбеђивања услуга. Функције обезбеђивања су: обезбеђивање воде, хране и енергије, као и свих других производа који се добијају из природних екосистема. У ову категорију се сврстава и доступност информација и компетентних стручњака. Табела 1 приказује

најзначајније регулаторне функције сврстане су односу на три основна медијума животне средине: воду, ваздух и земљиште. Осим тога, постоје и функције које обухватају све медијуме истовремено, на пример разношење семена и опрашивање, кружење материје у природи и сл.

Табела 1. Регулаторне функције зеленила

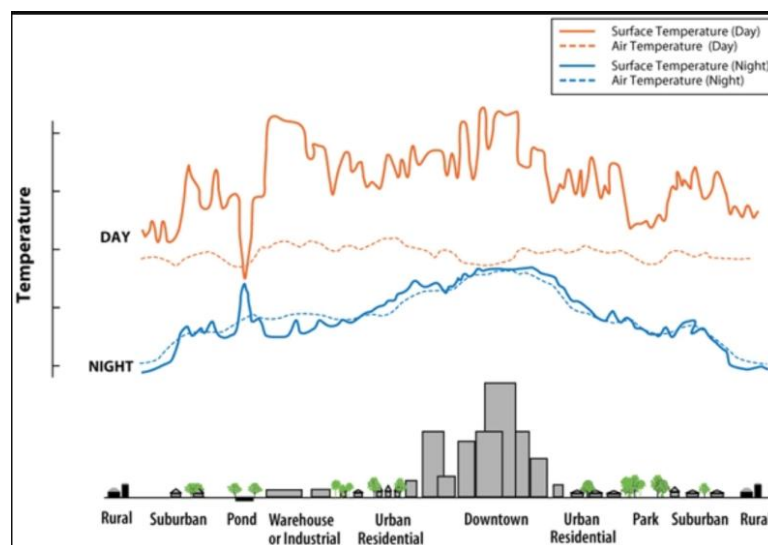
Медијум	Регулаторна функција
Вода	- одржавање процеса кружења воде
	- дренажа површинских вода
	- контрола поплава, бујица и водне ерозије
Ваздух	- пречишћавање ваздуха
	- регулација температуре
	- повећање влажности ваздуха
	- јонизација ваздуха
Земљиште	- регулација буке
	- формирање земљишта
	- контрола ерозионих процеса
	- обезбеђење станишта за биљке и животиње
	- спречавање фрагментације станишта
	- складиштење угљеника

Извор: Niemelä и сар. (2012)

У даљем тексту биће детаљније обрађене неке од најзначајнијих еколошких функција зелених површина у граду.

2.1.2. Заштита од температурних екстрема

Идеално посматрано, градска средина би требало да има 60% пропусних површина (паркова, градског зеленила и слично), а преосталих 40% би могло да чини изграђено земљиште (Niemelä и сар., 2012). Овај принцип се ретко поштује и због тога долази до нарушавања низа природних процеса у урбаним екосистемима. Једна од најпознатијих појава која се везује за промену температурног режима у граду је и појава која се назива „топлотно острво града“ (*urban heat island*). Топлотно острво града се може приказати шематски (Слика 2.1).



Слика 2.1. Топлотно острво града
Извор: Haas и Troglia (2017)

Као што се може закључити из приказа на Слици 2.1, топлотно острво града је појава повећања температуре у централним градским језгрима и високо урбанизованим зонама. Наведено повећање температуре је присутно током целог дана (обданице и ноћи), али су током обданице ова колебања израженија. Већи удео зелених простора у централним градским зонама ублажава израженост топлотног острва града.

Мере за контролу повећања температуре и топлотног острва града подразумевају поступке приказане на Слици 2.2.



Слика 2.2. Мере за контролу топлотног острва града
Извор: Kleerekoper и сар. (2012)

Неке од мера подразумевају постављање соларних панела и других техничких решења у циљу подизања тзв. „паметних зграда“ и сл. Са аспекта пејзажне архитектуре важно је разматрати могућност подизања нових паркова, али и кровних вртова и вертикалног озелењавања. Један од често занемарених поступака за контролу температурних екстрема је увођење водених површина у зелени простор. Ова решења се називају, због боје својих елемената, „зелено-плава“ и показала су се као веома ефикасна у примерима из светске и домаће праксе.

Осим утицаја који се директно везују за температурни режим, градско зеленило има утицај и на климу града и мењањем других чинилаца (посредно или непосредно). Зеленило има значајну улогу у заштити од снега и ветра. Ветрозаштитни појасеви су посебно значајни у планирању града и њихово пројектовање започиње проучавањем руже ветрова. Када се одреди правац доминантног ветра, појас се пројектује тако да буде управан у односу на њега. Осим одговарајуће оријентације (постављања појаса под правим углом у односу на правац доминантног ветра), важна је и структура ветрозаштитног појаса. Појас би требало да буде састављен од биљног материјала који је отпоран на ударце ветра, и који је различите висине – осим спрата дрвећа, важно је да постоје и нижи спратови. Одабир биљног материјала различите висине и формирање компактнoг слоја омогућава успостављање непропусног ветрозаштитног појаса.

Приликом планирања зелених површина у граду оне не треба да се посматрају самостално, већ се увек се говори о систему зелених површина и повезивању појединачне површине са том целином. Због тога је важно да поред паркова постоји линијско зеленило (зеленило дуж саобраћајница, дрвореди и сл.) и да оно међу собом повезује друге категорије зелених површина. Једино правилно пројектовани систем зелених површина у граду може бити ефикасан у регулисању микроклиматских услова на територији града.

2.1.3. Унапређење квалитета ваздуха

Улога биљака у унапређењу квалитета ваздуха се може груписати у четири основне категорије, које се скраћено означавају као TREE (Nowak, 2013):

T (*temperature reduction*) – снижење температуре и други утицаји на микроклиму;

R (*removal of air pollutants*) – смањење загађења ваздуха;

E (*emission of VOC*) – емисија лакоиспарљивих органских једињења и

E (*energy effects*) – смањење потрошње енергије.

Улога зеленила у регулацији микроклиматских услова је објашњена у претходном поглављу. Улога зеленила у смањењу потрошње енергије је повезана са смањеном потребом за хлађењем станова током летњих месеци, уколико у близини постоје одговарајуће димензионисане зелене површине, као и са смањеном потребом за загревањем станова и других објеката током зиме (пре свега захваљујући ветрозаштитној улози зеленила).

Лакоиспарљива органска једињења (*volatile organic compounds – VOC*) имају велики значај у формирању (и разлагању) озона и угљен-моноксида. Лакоиспарљива органска једињења се сматрају за природне загађиваче и њихова веза са процесима формирања и разградње озона је веома сложена. Биљне врсте које емитују велике количине лакоиспарљивих једињења су: еукалиптус, ликвидамбар, храст, платан, врба и топола, док липа и гледичија емитују занемарљиве количине ових једињења. Ова једињења су потпуно различитог механизма деловања у односу на лакоиспарљива органска једињења која потичу из вештачких извора и не сматрају се за опасна по људско здравље (Nowak, 2013).

Градско зеленило вишеструко унапређује квалитет ваздуха. Биљке кроз процес евапотранспирације емитују водену пару у спољашњу средину и на тај начин повећавају релативну влажност ваздуха. Поред тога, зеленило има значајну улогу у јонизацији и пречишћавању ваздуха. Биљке су драгоцени **јонизатори ваздуха** – зелени појасеви увећавају количину лакних негативних јона у ваздуху. У шумском ваздуху, степен јонизације ваздуха је 2-3 пута већи него над водом, а 5-6 пута већи него над изграђеном градском територијом. Најефикаснији у побољшању јонског режима ваздуха су мешовити (четинарско-лишћарски) засади. Већина четинарских врста има високу способност побољшања јонског режима, а изузетак је, на пример, тиса. Међу лишћарским врстама нарочито су ефикасни китњак, црвени храст, црна топола, багрем, јавор итд. Јонизација ваздуха је значајна са аспекта очувања здравља градског становништва, јер помаже у очувању рада кардио-васкуларног система и због тога је потребно више увести биљке – јонизаторе приликом уређења градских и приградских зона.

Фитонцидна својства зеленила се односе на способност биљака да потпуно униште или зауставе развој различитим микроорганизмима у ваздуху (вируси, бактерије и сл.). Ово својство је израженије код четинарских него код лишћарских врста, али је начелно карактеристично за све биљке. Дакле, биљке ће увек испољавати фитонцидна својства, али су неке врсте у томе успешније. У литератури се наводи и да је ваздух у четинарским шумама готово стерилан, а као врсте које имају посебно изражена бактерицидна својства издвајају се: бор, кедар и ариш (Љешевић, 2002). Осим тога, ниво фитонцидности зависи и од климатских услова и фенофазе у којима се биљке налазе. Фитонцидна својства су најизраженија у време цветања биљке и током ведрих и сунчаних дана, док магловито и кишно време умањују фитонцидност биљног материјала.

Биљке смањују загађеност ваздуха посредно и непосредно. Непосредно деловање подразумева директно апсорбовање загађења, а посредно се односи на, на пример смањење потрошње енергије за хлађење објеката (због постојања зеленог појаса) и смањење загађења које би било произведено тим путем. Апсорбовање загађења које биљке обезбеђују је значајно са здравственог и економског аспекта. Процењено је да биљке у градским парковима у САД апсорбују 75.000 t загађења годишње, што обезбеђује уштеду од 500.000.000\$ на годишњем нивоу (Nowak, 2013).

Процес **филтрације ваздуха** се може поделити у две фазе: задржавање продора гасова и дима и процес апорпције. Загађујуће материје се могу поделити у три групе: ситно дисперзиони аеросоли и чврсте суспендоване честице; гасовита једињења које биљке апсорбују; и гасовита једињења која се не укључују у метаболизам биљака и не апсорбују. У гасне и прашкасте компоненте атмосферских примеса најчешће спадају оксиди сумпора, једињења флуора, хлора, угљоводоници, озон, олово и друге материје које биљке могу апсорбовати. Биљке најлакше апсорбују сумпорне оксиде, а углавном не усвајају флоуроводоник (који се среће у емисијама из индустријских постројења, нарочито индустрије алуминијума и стакла), као ни једињења олова. Дакле, биљке имају улогу филтера јер се аерозагађење задржава на биљним деловима (пре свега на листовима), а након филтрације – биљке могу одређено загађење апсорбовати и укључити у своје метаболичке процесе.

Иако се често разматра улога биљака у пречишћавању ваздуха, важно је напоменути да је опстанак биљака у загађеној средини вишеструко отежан. Биљке које су изложене лошем квалитету ваздуха, налазе се условима облика абиотичког стреса који може изазвати механичка оштећења на биљном материјалу, али деловати и на физиолошке и биохемијске процесе у биљкама. Најчешће промене које настају као последица излагања биљног материјала аерозагађењу су превремено опадање лишћа, сушење четина, а у условима већег загађења и сушење целих биљних примерака. Да би биљни материјал правилно вршио функцију пречишћавања ваздуха, непоходно је да буде високе виталности, тако да уобичајени поступак одржавања подразумева чешћу замену биљног материјала у подручјима са високим нивоом аерозагађења. Биљке могу бити и **индикатори загађености ваздуха** јер остварају интезивну гасну размену са спољашњом средином. Биоиндикатори загађености ваздуха могу бити лишајеви који су се показали као изузетно осетљиви на присуство оксида сумпора, азота и флоуриде. Лишајеви се

због тога, по правилу, не могу срести у централним деловима савремених градова. Осим тога на аерозагађење су осетљиве и врсте бели бор, јела и ариш, тако да и оне имају улогу биоиндикатора, односно њихово присуство (поготово већег броја примерака) сведочи о добром квалитету ваздуха.

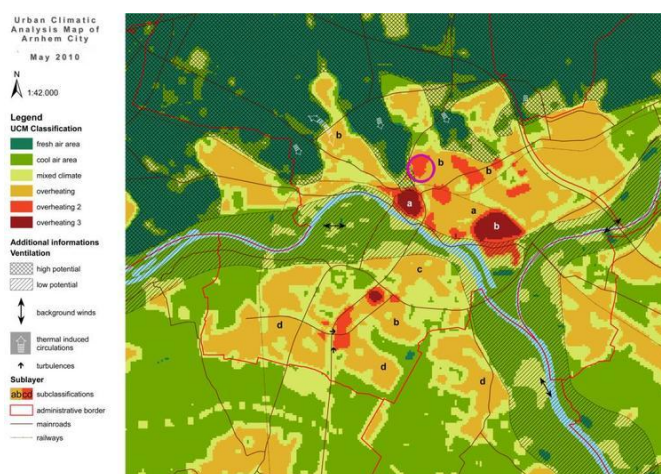
2.1.4. Очување биодиверзитета

Биодиверзитет у градовима обухвата разноликост и богатство живих организама и њихових станишта у насељеним зонама. У овом контексту, на нивоу пејзажа разликују се: остаци природног пејзажа, пољопривредни предели и изграђена зона (градски центар, стамбена зона, индустријска зона и сл.). Приликом посматрања односа између биљака и урбане зоне утврђене су одређене закономерности: „старост“ града је повезана са богатством врста – стари градови имају више врста него новији (посебно развијени) градови; диверзитет је у директној вези са економским растом – у економски развијенијим градовима постоји више спроведених планова озелењавања и сл. Постоје и одређене закономерности када је у питању порекло врста – процењује се да је 70% врста биљака и 94% врста птица у градским условима аутохтоно (CBD Secretariat, 2012).

Урбанизација директно мења локалне услове и то ствара нове селекционе притиске и потребу за прилагођавањем (адаптацијом). Најважније промене су:

1. **промена абиотичких фактора:** промењена осунчаност, влажност ваздуха, количина падавина, промена брзине и правца ветра, загађење ваздуха (повећање концентрације угљен-диоксида, метана, озона и сл.) измена стања земљишних и водних ресурса.
2. **промена биотичких фактора:** нарушена природна сукцесија биљних заједница. У градским условима не долази до природне сукцесије биљних заједница, као што је то случај у природним подручјима. Често се може запазити високо учешће коровских и инвазивних врста, као и заступљеност предаторских животињских врста.

Приликом планирања развоја града, а посебно развоја зелених простора у граду корисно је посматрати и извојити микроклиматске зоне и класификовати их на одговарајући начин (Слика 2.3).



Слика 2.3. Анализа климатских параметара у граду
извор: ЕЕА (2012)

На приказаној карти мапирани су услови градске климе који одређују постојање и опстанак биљним врстама. Биљама је посебно отежан опстанак у зонама које су означене црвеном бојом. Осим приказа климатских утицаја, карта приказује и потенцијал биљног материјала за вршење функције проветравања (приказане су као ниска и висока способност). Овакав тип приказа је корисно направити приликом дефинисања генералних урбанистичких планова, планова детаљне регулације и других урбанистичких докумената.

Очување биодиверзитета у градској средини је омогућено кроз три основне мере: правилно планирање начина коришћења земљишта, вредновање и очување екосистема у граду; праћење стања биодиверзитета (одговарајућих индекса). Мање, локалне измене у сваком граду могу довести до повећања диверзитета аутохотних врста. То се остварује, пре свега, реконструкцијом изворних станишта са којих су биљке ишчезле. Постепено обогаћивање састава и реинтродукција несталих биљних и животињских врста повећава комплексност екосистема и услуга које они обезбеђују. Одабир аутохотних врста за озелењавање паркова, саобраћајница, кровова и сл. ствара услове за развој сисара, птица, гмизаваца, водоземаца и инсеката. Чак и мање баште и паркови могу дати значајан допринос за очување природних опрашивача (полинатора), на пример – пчела.

У циљу праћења биодиверзитета у градовима, дефинисан је одговарајући индекс (*City Biodiversity Index – CBI* или *Singapore Index*). Одређивање вредности овог индекса се врши оценом индикатора који су приказани у Табели 2.

Табела 2. Одређивање *CBI* индекса

Основна компонента	Индикатори
Биодиверзитет	1. Удео природних површина у граду
	2. Повезаност станишта
	3. Биодиверзитет у израђеним деловима града (птице)
	4. Промена броја аутохотних врста: васкуларне биљке
	5. Промена броја врста птица
	6. Промена броја врста лептирова
	7. Промена броја врста 1 (група организама карактеристична за подручје)
	8. Промена броја врста 2 (група организама карактеристична за подручје)
	9. Удео заштићених природних предела
	10. Удео инвазивних алохтоних врста
Екосистемске услуге	11. Регулација квалитета вода
	12. Регулација климе: складиштење угљеника, температурни режим
	13. Рекреативни и едукативни потенцијал природних простора
	14. Број посета са едукативном сврхом за децу до 16 година
Управљање	15. Буџет предвиђен за очување биодиверзитета
	16. Број пројеката заштите биодиверзитета (на годишњем нивоу)
	17. Постојање стратегије заштите и плана управљања
	18. Број функција које су повезане са очувањем биодиверзитета
	19. Институционални капацитет: број укључених институција
	20. Укључивање заинтересованих страна – консултације
	21. Број партнерских институција за спровођење заштите биодиверзитета
	22. Укључивање школа (биодиверзитет као тема у курикулуму)
	23. Успех у подизању нивоа свести о биодиверзитету

Извор: Chan и сар. (2021)

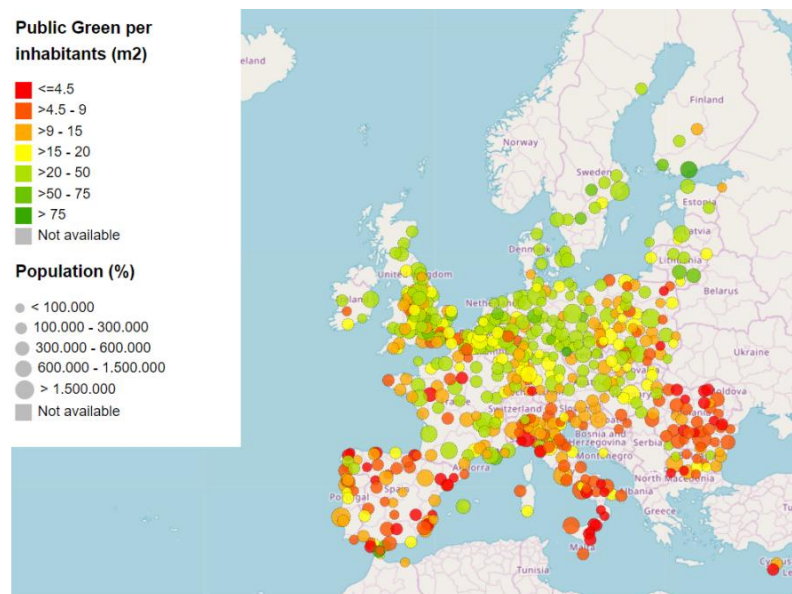
Сваки од индикатора може добити највише 4 поена и максимални укупни резултат је 92 поена. Праћење вредности индекса биодиверзитета у граду (СВИ) се предлаже као редовна мера у праћењу стања и дефинисању нових предлога управљања биодиверзитетом у градској средини (Chan и сар., 2021).

2.1.5. Еколошки нормативи у граду

Приликом планирања зелених површина у граду неходно је пратити одговарајуће еколошке норме. Светска здравствена организација (*World Health Organization – WHO*) је прописала 9 m² зеленила по становнику као минималну површину која треба да буде обезбеђена у сваком граду. Осим минималне површине, одређено је и максимална удаљност зелених површина и превиђено је да становници градова имају зелену површину доступну на највише 300 m удаљености од места становања.

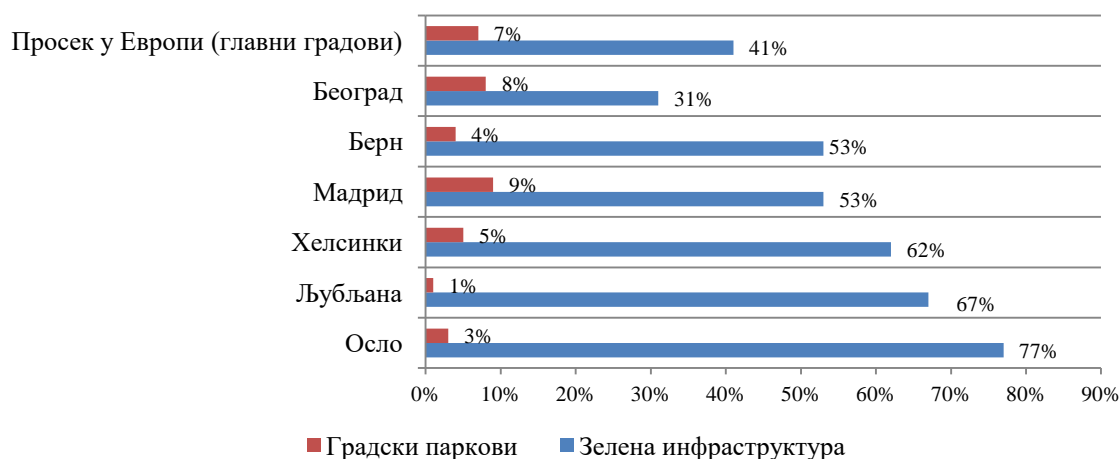
Иако је 9 m² зелених површима по становнику дефинисано као минимална површина, препорука је да их буде више и површина од 50 m² зеленила по становнику је дефинисана као идеална (WHO Regional Office for Europe, 2016).

На Слици 2.4 прилазана је површина зеленила по становнику (m²) у неким европским градовима и као повољне су означене површине које премашују 20 m² зеленила по становнику.



Слика 2.4. Површина зеленила по становнику
извор: Maes и сар. (2019)

Према подацима Европске агенције за животну средину (*European Environment Agency – EEA*, 2021) у главним градовима у Европи, зелена инфраструктура чини у просеку 41% укупне површине града, док градски паркови у просеку заузимају 7% градске површине. У „најзеленије“ градове у Европи спадају Осло, Љубљана и Хелсинки. У Ослу, зелена инфраструктура чини чак 77% укупне градске територије. Детаљнији преглед је дат на Слици 2.5.



Слика 2.5. Зелена инфраструктура и градским парковима у европским престоницама
извор: ЕЕА (2021)

Уколико се упореде резултати за Београд са просечним вредностима у главним градовима Европе, закључује се да је удео градских паркова у укупној површини приближно исти (7% у Београду, односно просечно 8% у главним градовима Европе), али да је удео укупне зелене инфраструктуре у Београду (31%) мањи у односу на европски просек (41%).

Осим анализе удела зелене инфраструктуре и градских паркова у укупној површини града, често се разматра и површина града прекривена дрвећем (*Urban Tree Cover*). Европска агенција за животну средину (ЕЕА) прати ове податке на нивоу Европе. У Табели 3 приказани су резултати за градове у Србији и сложени су у растући низ.

Табела 3. Покривач дрвећа у градовима у Србији

Град	Површина [km ²]	Покривач дрвећа [km ²]	Удео покривача дрвећа [%]
Зрењанин	1.815	119	6,5
Суботица	1.603	124	7,7
Нови Сад	1.892	367	19,4
Београд	3.131	609	19,4
Чачак	638	271	42,5
Приштина	2.558	1.176	46,0
Призрен	1.276	615	48,2
Крагујевац	1.439	696	48,3
Ниш	3.415	1.766	51,7
Крушевац	1.277	649	52,9
Нови Пазар	1.408	981	69,7
Краљево	1.766	1.299	73,6

Извор: ЕЕА (2022)

На основу приказаних резултата закључује се да је у Зрењанину удео покривача дрвећа најмањи у градовима у Србији (6,5%), док је у Краљеву удео покривача највећи у поређењу са осталим градовима у Србији и износи 73,6%. У Београду и Новом Саду забележена је вредност удела покривача дрвећа од 19,4% и овај однос се сматра за неповољан.

Упоредо са уделом и површином зелених површина у градској структури, разматра се и њихова присупачност и повезаност (пешачка зона, саобраћајнице, бицикличке стазе).

2.1.6. Принципи просторне композиције зеленила у граду

Осим нормирања, одређивања одговарајуће површине зелених простора у граду и њихове удаљености од стамбених и других градских зона потребно је анализирати и друге принципе. Приликом подизања зелених површина уобичајено се разматрају: еколошки, биоценовачки, естетски и систематски принцип (Љешевић, 2002).

Еколошки принцип подразумева одабир биљног материјала у складу са станишним условима (абиотичким чиниоцима) који владају на одређеном станишту. Овај принцип наглашава да је потребно анализирати локалне услове, јер се они могу разликовати од општих услова на територији целог града.

Биоценовачки принцип подразумева одабир биљног материјала у складу са њиховим међусобним односима. Потребно је да се одаберу биљке које могу формирати одговарајућу и складну биљну заједницу.

Естетски принцип се односи на одабир биљног материјала у складу са његовим декоративним својствима. При томе се посебно води рачуна о смени фенофаза и захтеву да зелена површина има задовољавајући визуелни стандард током целе године.

Систематски принцип подразумева одабир биљног материјала у складу са његовом таксономском припадношћу. Овај принцип се примењује приликом оснивања монокултура или, у неким случајевима, арборетума и ботаничких башта и подразумева да се биљке групишу по својој систематској припадности.

Еколошки и биоценовачки принцип се морају разматрати приликом подизања сваке нове зелене површине, као и приликом реконструкције раније основаних зелених простора. Како би биљни материјал могао да опстане неопходно је да буде прилагођен датим условима спољашње средине, а поред тога важно је да између самих биљних индивидуа не владају изражено компетитивни односи. У пракси се увек разматрају односи између биљака, као и прилагођеност биљака станишним условима. За разлику од њих, естетски принцип није обавезан захтев и не мора се примењивати увек (на пример код спровођења мера фиторемедијације није приоритетно испуњавање естетских стандарда, већ решавање постојећег проблема у животној средини). Систематски принцип се може примењивати у одређеним случајевима и то се пре свега односи на просторе који имају образовну функцију – у тим случајевима може се наићи на примере када се биљке групишу у складу са својом припадношћу одговарајућим родовима, фамилијама и слично.

Осим мера планирања, важно је и редовно праћење стања биљака на зеленим просторима, јер је једино на тај начин правилно спроведен поступак управљања.

2.2. Екологија природних предела

У овом поглављу је дат приказ терминологије у оквиру области екологија природних предела.

На почетку би требало дефинисати термин предео. Према (Wu, 2013) предео је „просторни мозаик међусобно повезаних биофизичких и социоекономских компоненти“. Појам предео убухвата све просторне целине које имају границе, без обзира да ли су границе одређене уопштено или прецизно. Са аспекта предеоне екологије, предео је просторно-географска целина која се по својим карактеристикама издваја у односу на околна подручја (Forman and Godron, 1986).

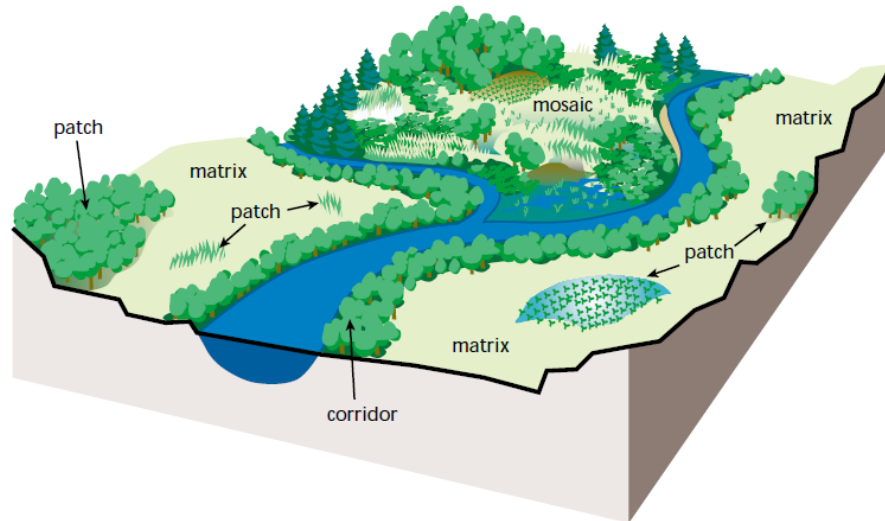
Екологија предела се бави проучавањем односа између еколошких процеса и животне средине – одређених екосистема. Проучавања у овој области се обављају у различитим размерама, а основни циљ је сагледавање односа и образаца који одређују разноликост пејзажа. За препознавање екологије предела као посебне научне дисциплине највише су заслужни Форман и Годрон који су 1986. године објавили уџбеник „Екологија предела“. Ова књига се и даље користи, односно сада је већ стандардно прихваћена са аспекта терминологије и концепта истраживања. Оно што је измењено у односу на овај уџбеник јесу алати који се користе приликом истраживања. Од објављивања књиге до данас развијен је велики број компјутерских програма који подржавају просторне анализе, тако да су истраживања у овој области у великој мери усавршена.

Резултати истраживања у области екологије предела се односе на разумевање динамике и промене у пределима. Шире посматрано ови резултати имају значај у области управљања пределима. Задаци у управљању пределима се односе на дефинисање намене простора, односно начина коришћења земљишта кроз дефинисање одговарајућих планова управљања; затим на праћење стања и правремено препознавање свих промена у пределу, посебно оних које за последицу имају деградацију предеоног лика; као и на креирање база података које ће бити од користи у будућности. Базе података треба да садрже одговарајуће карте и информације о елементима предела. Основне карте (које се креирају на почетку рада) су карте које приказују границе предела којим се управља. Ова карта се даље користи као основа за креирање свих наредних. Уобичајено је да се креирају карте начина коришћења земљишта и даље се рачуна површина коју свака целина заузима и слично.

Управљање пределима треба да укључи разматрање више критеријума и да испуни циљеве који могу да буду супротстављени један другом. Пример супротстављених циљева могу да буду очување биодиверзитета и унапређење туристичких активности, или очување биодиверзитета и експлоатација дрвне масе и сл. Како би се нашло решење, односно дефинисао и одабрао план управљања које испуњава различите циљеве, могу се применити различите методе вишекритеријумске анализе. Најпознатије методе вишекритеријумске анализе су: АНР, TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE и описан је велики број примера у којима су они коришћени заједно са ГИС алатима. Истраживања у овој области су посебно актуелна у области предеоне екологије.

2.2.1. Предеони елементи

На почетку анализе предела важно је дефинисати предеоне елементе. У оквиру предела разликују се следећи елементи матрица, фрагмент, коридор и мозаик (Слика 2.6). Ови елементи имају различиту структуру, облик и улогу у природним процесима у пределу.



Слика 2.6. Предеони елементи
Извор: FISGRW (1998)

Матрица (*matrix*) је основна јединица структуре предела и представља већу и релативно хомогену целину која има висок степен повезаности са осталим елементима. Као пример матрице може се навести шумски екосистем, пољопривредно земљиште и сви други начини коришћења земљишта.

Фрагмент (*patch*) је елемент предела који заузима мању површину и који је слабије просторно повезан са осталим елементима предела. Фрагменти могу представљати значајна места са аспекта очувања станишта врста или специфичних облика биоценоза. Фрагмент је често, у мањем или већем степену, деградирани остатак матрице.

Мозаик (*mosaic*) је елемент предела који може заузимати већу или мању површину, а издваја се у односу на остале елементе по својој хетерогености. Мозаик се може састојати од елемената воде, земљишта, делова шумских заједница и сл. Мозаик се дефинише и као скуп фрагмената међу којима ниједан није доминантан ни добро просторно повезан са осталим деловима предела.

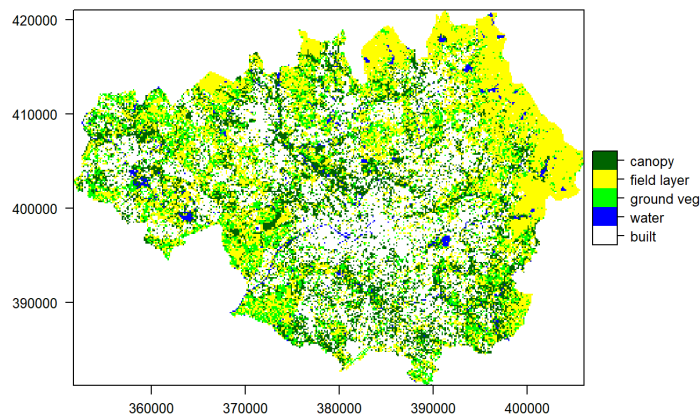
Коридор (*corridor*) је линеарни предеони елемент који међусобно повезује остале елементе предела (матрице, фрагменте и мозаик). Пример коридора може бити линеарни појас вегетације, али и ток реке и сл. Превасходно, коридори представљају природне или природи блиске предеоне елементе.

Некада се у литератури као основне јединице наводе само: матрица, коридор и фрагмент, док се мозаик изоставља као посебна категорија. У том случају, мозаик се сврстава у категорију „матрица“ што се не може сматрати за довољно прецизну поделу. У неким случајевима ниједан предеони елемент нема структуру мозаика и само је тада оправдано да се ова категорија изостави.

2.2.2. Структура предела

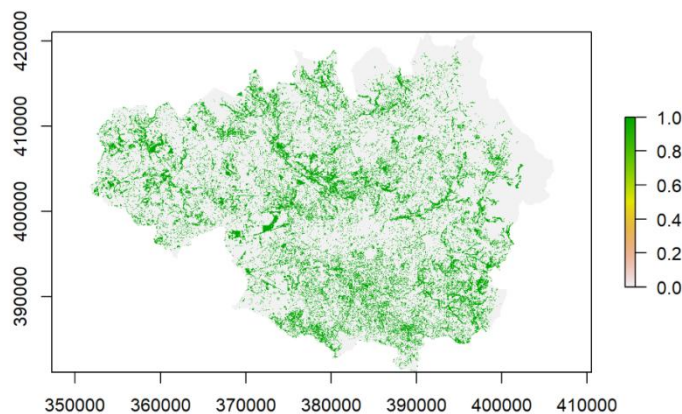
Опис концепта структуре предела се може објаснити на следећем примеру. Уколико се посматра пошумљена територија (која у том случају представља матрицу), фрагменти могу да буду огољене целине – целине без шумског покривача. Сви линеарни, природни елементи који их повезују представљају коридоре. Уколико се на територији налазе испреплетани елементи делова шума, елемената воде и сл. ова целина се назива „мозаик“.

У складу са структуром предеоних елемената разликују се различити типови предела. Уколико преовлађују израђени елементи говоримо о антропогенизованом пределу, уколико преовлађују изворни шумски екосистеми говоримо о природном пределу и сл. Природних предела, односно предела који су у потпуности задржали своју изворну структуру има веома мало на глобалном нивоу. У том смислу, под појмом „природни предели“ подразумевамо просторе код којих је дошло до мањег нарушавања природних елемената. Пример (незнатно измењеног) природног предела дат је на Слици 2.7.



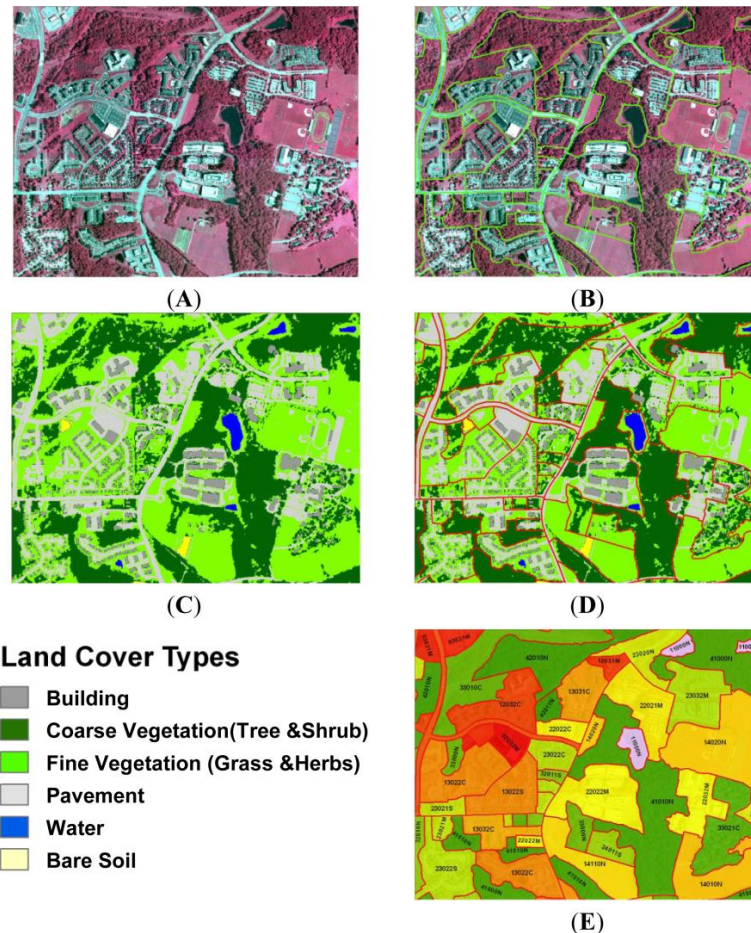
Слика 2.7. Природни предео – пример
Извор: Dennis (2020)

На основу приказа на слици закључује се да на датом простору преовлађује заједнице приземне флоре, а након њих – шумске заједнице. Водени елементи на истраживаном подручју имају улогу коридора. Степен пошумљености (0-1) може бити приказан посебно (Слика 2.8).



Слика 2.8. Природни предео – анализа пошумљености
Извор: Dennis (2020)

Приликом анализе веома су драгоцени сателитски снимци и снимци добијени помоћу метода даљинске детекције и сл. Снимљени предели се касније могу обрађивати у циљу издвајања различитих начина коришћења земљишта, на пример: изграђено земљиште, вегетација (подељена на спрат дрвећа и жбуња и спрат приземне флоре), поплочање, вода, огољено земљиште. Пример наведене анализе дат је на Слици 2.9.



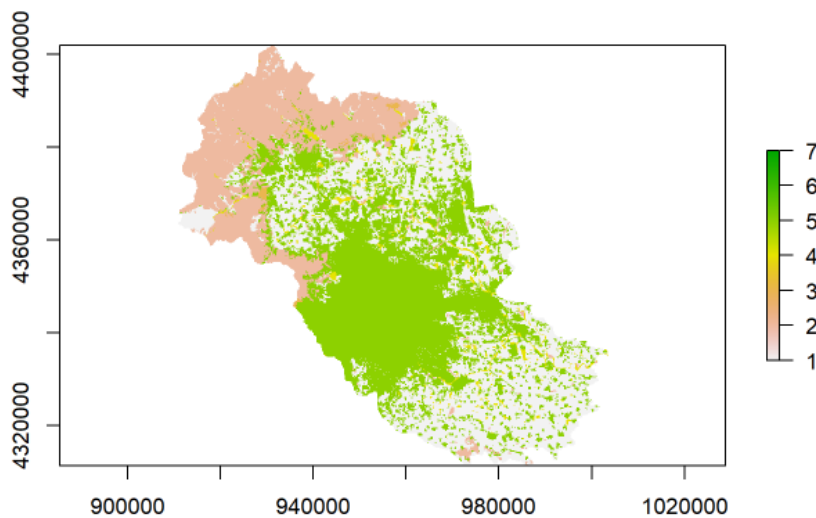
Слика 2.9. Типови предела – урбани предео
Извор: Zhou и сар. (2014)

Додатни пример анализе предеоних елемената у програму *R* је дат у даљем тексту. Улазне податке чини карта приказана на Слици 2.10. Анализа је обављена у пакету „raster“.

Пакет „raster“ приликом обележавања предеоних елемената користи нумеричке ознаке и то: „1“ представља шуме, „2“ представља изграђено земљиште, „3“ представља „пољопривредно земљиште“, „4“ представља неискоришћено земљиште – земљиште којем није одређена намена, „5“ представља елементе воде, „6“ представља девастирано земљиште и „7“ представља фабрике.

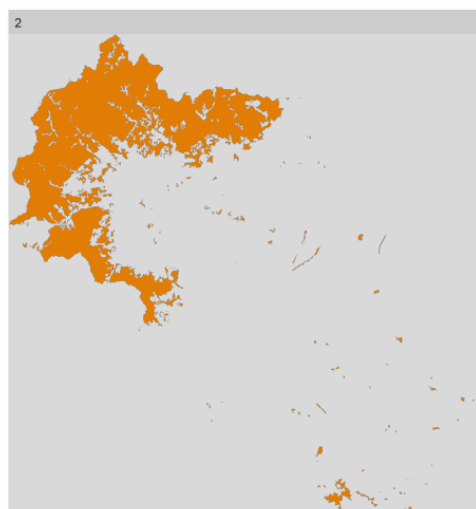
Да би се наведени пакет применио потребно је да постоји одговарајућа улазна карта. Неке карте се налазе у склопу пакета, као показни пример и једна од њих биће коришћена приликом даљих објашњења. Препорука приликом рада у пакетима за картирање је да се најпре ураде и провере показни примери, а тек онда примери са терена, нових истраживања и сл.

У првој фази анализе потребно је нацртати границе у програму и при томе је корисно да се границе сместе у одговарајућу мрежу (тзв. „grid“). Осим граница целог предела одређују се и границе сваке намене коришћења земљишта. Иако су ови подаци дати графички (приказани су картом), лако се могу претворити у одговарајуће нумеричке вредности, на пример, за сваки од елемената се може одредити површина, дужина граница и сл. Више о одређивању ових вредности је дато у поглављу „Нумеричка анализа у екологији предела“, део „метрика предела“. Оно што је корисно за почетно дијагностиковање предела је издвајање матрица, фрагмената и слично. У програму се елементи предела одређују аутоматски. Улазна карта приказана је на Слици 2.10.



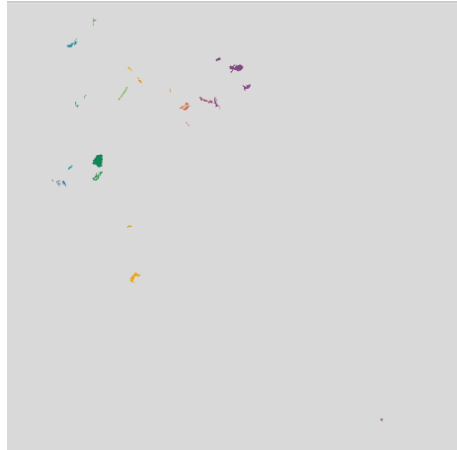
Слика 2.10. Анализа предеоних елемената у R програму
Извор: Liu (2016)

У наредном кораку могу се издвојити предеони елементи појединачно. Најпре је извојена матрица са шумским покривачем и резултати су приказани на Слици 2.11. Исти поступак може да се понови за све остале начине коришћења земљишта.



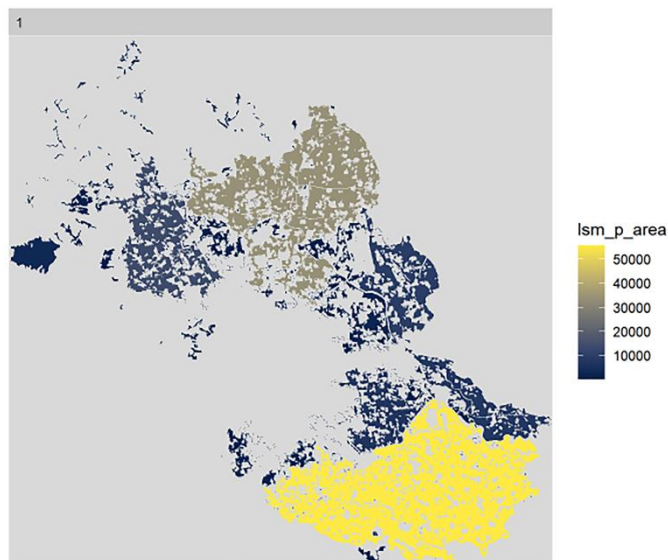
Слика 2.11. Анализа предеоних елемената у R програму
Извор: Liu (2016)

Након анализе матрице могу се издвојити и фрагменти. Као што је објашњено, фрагменти су мањи и хетерогенији елементи од матрице, а осим тога они су и слабије просторно повезани са осталим предеоним елементима. На Слици 2.12 су приказани фрагменти у анализираном пределу. Сваки предеони елемент може да се сачува као посебан слој (*layer*) и да се касније користи у анализама које подразумевају преклапање карата и сл.



Слика 2.12. Анализа предеоних елемената у R програму
Извор: Liu (2016)

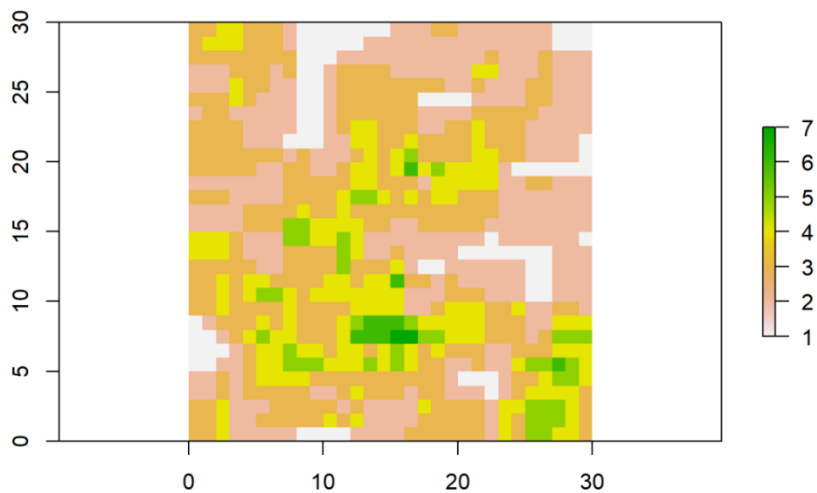
Осим основних, у R програму се могу креирати бројни допунски прикази. На пример, може се приказати површина матрица које нису доминантне. На тај начин се одређује утицај других елемената на начин коришћења предела. На Слици 2.13 приказане су матрице у пределу које нису доминантне, а у легенди је дата њихова површина.



Слика 2.13. Анализа предеоних елемената у R програму
Извор: Liu (2016)

У легенди на Слици 2.13 површина се одређује коришћењем градијента боја. Ово је један од стандарних начина обележавања када се приказују вредности које припадају одређеном распону.

Сви анализирани примери урађени су на векторској мапи. Међутим, неки од пакета за анализу просторних података захтевају прелазак на растер мапу и ова промена се може обавити у програму. Добијена растер карта се користи као нова улазна карта за даље анализе, пре свега за прорачун метрике предела (Слика 2.14).



Слика 2.14. Анализа предеоних елемената у R програму
Извор: Liu (2016)

3. Фитоценологија

Фитоценологија је реч грчког порекла и представља сложеницу састављену од три речи „phyton“ (гр. – биљка), „koinos“ (гр. – заједница) и „logos“ (гр. – наука). Из самог предвода назива може се закључити да је реч о науци која проучава биљне заједнице. Прецизнија дефиниција фитоценологију описује као науку која проучава услове и законитости свих фаза развоја биљних заједница – њихов настанак, развој, деградацију или пропадање и нестанак (Томић, 2004). У енглеском језику назив фитоценологија се најчешће назива „phytosociology“ или „plant sociology“.

Оснивач фитоценологије као посебне научне дисциплине је Александар Хумболт (1769-1859). Почетком XIX века Хумболт описује фитоценологију као део фитогеографије односно геоботанике. Називи ове науке су се незнатно мењали током времена. Пољски ботаничар Јозеф Пачоски је 1896. године први увео назив „фитосоциологија“ који је и данас у употреби, посебно у земљама енглеског говорног подручја. Термин „фитоценологија“ увео је аустријски ботаничар и еколог Хелмут Гамс 1918. године и овај термин се користи у бројним земљама у Европи, укључујући Србију.

3.1. Фитоценоза

Фитоценоза је биљна заједница и основна је јединица за опис мањих просторних целина у примењеним ботаничким наукама. Формирање фитоценоза се одвија поступно, у више различитих фаза. Уколико постоји простор без формираних фитоценоза он се назива екотоп. Под термином *екотоп* подразумевамо комплекс утицаја спољашње средине, без икаквих утицаја биотичких чинилаца. Како биљне заједнице почну да освајају екотоп, мењајући на тај начин и услове спољашње средине, екотоп се постепено претвара у биотоп. Назив биотоп је изведен из две речи (гр. „bios“ – живот и гр. „topos“ – место) и представља животни простор односно животно станиште. У оквиру биотопа, уз успостављање сложених међусобних односа између биљака и чинилаца спољашње средине, формира се оговарајућа биљна заједница односно фитоценоза. Формирање фитоценоза одвија се у две фазе, односно у две групе процеса и то су екотипски и фенотипски одабир.

Екотипски одабир представља борбу за опстанак и прилагођавање условима средине. Приликом екотипског одабира долази до међусобног надметања биљака за ресурсе (вода, светлост, хранљиве материје, простор и сл.) јер исти простор може да насели ограничени број биљних индивидуа. Надметање за ресурсе се води и између представника исте врсте и између индивидуа различитих врста, тако да разликујемо међуврсну и унутарврсну конкуренцију. Као резултат међуврсне и унутарврсне конкуренције долази до тзв. „позитивне селекције“ односно опстанка врста које су се најбоље прилагодили условима средине, уз истовремено уклањање слабије прилагођених врста и јединки.

Фенотипски одабир се одвија у каснијим фазама развоја фитоценозе и подразумева формирање биљних јединки у организовану заједницу. Захваљујући екотипском одабиру, све биљне индивидуе су прилагођене условима спољашње средине и преостало је да расположиве ресурсе користе што економичније.

Најочигледнији примери фенотипског одабира су следеће појаве: спратовност, различити фенолошки аспекти и алелопатски односи (Томић, 2004).

1. Спратовност (слојање) подразумева да се надземни делови различитих врста налазе на различитим висинама у циљу што рационалнијег коришћења Сунчеве светлости и простора. Слично надземном, постоји подземно слојање које подразумева да се коренов систем различитих врста допире до различитих дубина земљишта и тако оптимизује коришћење хранљивих материја које се налазе у земљишту.
2. Периодичитет (различити фенолошки аспекти) се првенствено односи на усаглашавање коришћења Сунчеве енергије која је потребна у различитим фенофазама (пре за свега за фазе цветања и плодоношења). Различите врсте цветају и плодоносе у различито време и то је генетски наслеђено код поједних врста у истој фитоценози.
3. Алелопатски односи представљају међусобне биохемијске утицаје између биљних организама. Ови односи могу да буду поспешујући (стимулативни) или спутавајући (инхибиторни). У шумским фитоценозама уочљиво је деловање колина – материја којима више биљке делују једне на друге и фитонцида – материја којима више биљке делују на микроорганизме.

Фитоценолошке школе

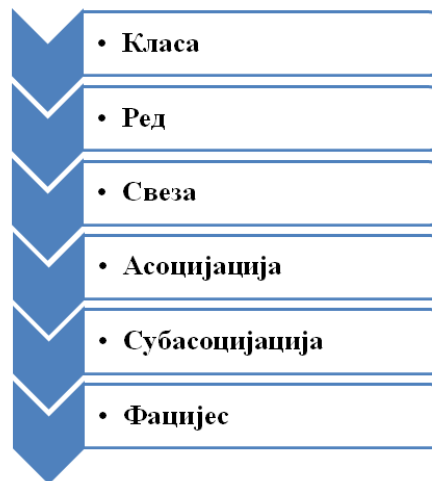
У различитим периодима и у различитим деловима света фитоценологија се развијала у различитим правцима, у скаду са карактеристикама подручја и специфичностима локалне флоре и вегетације. Данас се издвајају четири најпознатије школе:

1. Средњеевропска (швајцарско-француска) школа се бави истраживањима вегетације у области средње и јужне Европе, а седиште јој је Међународна геоботаничка станица у Монпељеу. Најпознатији научник ове школе је швајцарски ботаничар Браун-Бланке (Braun-Blanquet).
2. Руска школа се бави испитивањем доминантних врста дрвећа (тзв. едификатори) и односима биљних заједница према земљишту. Познати представници ове школе су: Морозов, Аљехин, Сукачов, Шеников и други.
3. Скандинавска школа се бави детаљним проучавањима биљних заједница и флористичког састава на малим површинама. Најпознатији преставници ове школе су Сернандер, Ди Рије и други.
4. Англо-америчка школа се бави егзактним проучавањем услова спољашње средине и динамичких промена вегетације током времена. Најпознатији представници ове школе су: Клементс, Коулс и Тенсли.

У Србији се истраживања раде по принципима средњеевропске школе и класификацијама које је увео Браун-Бланке. Његов први уџбеник је носио назив „Pflanzensociologie“ и штампан је 1918. године.

3.2. Синтаксономске категорије

Према Браун-Бланкеовој класификацији у фитоценологији постоје различите синтаксономске категорије. За опис термина „синтаксономска“ категорија, могуће је направити поређење са класичном ботаником. У ботаници се издвајају таксономске категорије: врста (лат. „species“), род (лат. „genus“), фамилија (лат. „familia“), ред (лат. „ordo“), класа (лат. „classis“), раздео (лат. „phylum“) и царство (лат. „regnum“). Слично томе и у фитоценологији постоје различити нивои класификације, односно различите синтаксономске категорије. Као што је у ботаници основна таксономска категорија – врста, тако је фитоценологији, према Браун-Бланкеовој класификацији, основна синтаксономска категорија – асоцијација. На Слици 3.1 приказане су синтаксономске категорије које се користе у фитоценолошким истраживањима.



Слика 3.1. Синтаксономске категорије
Извор: аутор

У даљем тексту су описане све синтаксономске категорије, почевши од основне – асоцијације.

Асоцијација је фитоценоза која се одликује „одређеном физиономском, еколошком, флористичком и синдинамичком индивидуалношћу, што се изражава кроз посебни, карактеристични скуп врста“ (Томић, 2004). У оквиру асоцијација разликујемо: едификаторе, субедификаторе и асекторе. Врсте које доминирају у одређеној фитоценози, својом бројношћу и покровношћу, се називају едификаторске врсте или едификатори. *Едификатори* су градитељи биљних заједница и одређују састав фитоценозе. У шумским заједницама, едификатори су доминантне врсте у спрату дрвећа. *Субедификатори* су врсте веће бројности и значаја које се развијају под утицајем едификатора. *Асектори* или *пратилице* су споредни чланови фитоценозе које се развијају под утицајем едификатора и субедификатора.

Назив асоцијације се одређује на следећи начин: називу доминантне врсте (едификатора, односно градитеља биљне заједнице) се додаје наставак „-etum“. На пример асоцијација беле врбе (*Salix alba*) се назива ass. *Salicetum albae*. Као и у

ботаници, називу се додаје скраћеница презимена аутора који је први описао дату асоцијацију, а осим тога додаје се и година када је асоцијација описана, тако да пуни назив асоцијације беле врбе гласи ass. *Salicetum albae* Issler 1926. Уколико одређена фитоценоза има више едификатора, онда назив асоцијације укључује више одредница и постаје сложенији. На пример, заједница сладуна (*Quercus farnetto*) и цера (*Quercus cerris*) назива се ass. *Quercetum farnetto-cerris* Rud. 1949. Наведена асоцијација представља климатоналну шуму на највећем делу територије Србије.

Субасоцијација је прва нижа синтаксономска категорија од асоцијације. Субасоцијацију чини део асоцијације, односно изван број састојина у оквиру исте асоцијације, које се одликују специфичним станишним условима и постојањем тзв. диференцијалних врста. Диференцијалне врсте су оне које се на одређеном делу исте асоцијације извајају на основу бројности и покровности. Диференцијалне врсте могу бити и карактеристичне врсте – односно оне врсте које у биљној заједници постижу свој максимум бројности и покровности, независно од тога да ли су уједно доминантне или не.

Назив субасоцијације се добија када се корену назива диференцијалне врсте дода наставак „-etosum“. Пример субасоцијације је *Quercetum farnetto-cerris* Rud. 1949. subass. *aculeatetosum* Jov. 1951. Ова субасоцијација представља шуму сладуна и цера са костриком (*Ruscus aculeatus*) и присутна је на нижим надморским висинама на северном ободу Шумадије. Још један пример је панонска шума беле врбе ass. *Salicetum albae panonicum* Parab. 1972. која је посебна асоцијација описана у Војводини, а у Ковиљско-петроварадинском рити се издвајају три субасоцијације: subass. *caricetosum elatae* (на нижим местима, у близини барске вегетације), subass. *typicum* (на спрудовима) и subass. *rubetosum* (на вишим положајима са мање влаге).

Фацијес је најнижа синтаксономска категорија у оквиру једне асоцијације, која настаје као последица измењених еколошких услова, али се налази на микро-локалитетима, односно у деловима састојина. То су најчешће полудрвенасте или зељасте биљке које у облику тепиха или јастучасто покривају делове састојине са специфичним, локално измењеним станишним условима.

Назив за фацијес се добија када се на корен латинског назива зељасте или полудрвенасте биљке, карактеристичне за дати микро-локалитет, дода наставак „-osum“. На пример, у шуми сладуна и цера на местима у засени и на подлогама са више влаге често се среће пузавица орлови нокти (*Lonicera caprifolium*) и ти делови састојине се означавају као фацијес *Quercetum farnetto-cerris* Rud. 1949. fac. *caprifoliosum*.

Постоје и више синтаксономске категорије у односу на асоцијацију и ова класификација „навише“ извршена је обједињавањем сличних синтаксона и више класификационе јединице и то су: свеза, ред и класа. Осим наведених, основних категорија постоје и једна изведена (помоћна) категорија и то је *подсвеза*. Подсвезе се дефинишу у случајевима када једна свеза има сложен састав и велики број асоцијација, тако да је потребно додатно груписање (диференцирање) у нижу јединицу, у складу са флористичким, фитогеографским и еколошким карактеристикама.

Свеза је прва виша синтаксономска категорија у односу на асоцијацију и уједињује више асоцијација које имају сродни флористички састав и које опстају у сличним еколошким условима.

Назив свезе се добија када се корену латинског назива карактеристичне врсте из свезе дода наставак „-ion“. Шума сладуна и цера (*Quercetum farnetto-cerris* Rud. 1949.) спада у свезу сладунових шума *Quercion farnetto* Horv. 1954. Свеза сладунових шума има једноставан састав и обухвата десетак асоцијација, тако да није даље било потребе делити је на подсвезе. Супротно томе, свеза букових шума у Србији (*Fagion moesiaca* Bleš et Lkš. 1970.) има већи број описаних асоцијација и разноврстан састав, тако да је било неопходно груписање у одговарајуће подсвезе. Као и свезе, и подсвезе добијају назив по најзначајнијој врсти, али се њеном корену додаје наставак „-enion“. Тако у Србији постоји подсвеза *Ostryo-Fagenion moesiaca* Jov. 1976. – шума букве и црног граба на кречњацима у западној Србији.

Ред представља јединство више свеза које су сличне у флористичком и еколошком смислу. Назив реда се добија када се корену назива најзначајније врсте дода наставак „-etalia“. Пример реда је *Quercetalia pubescens* Br.-Bl. 1932 заједница термофилних храстових шума у којима је градитељ храст медунац.

Класа повезује више редова и представља широку фитоценолошку категорију. Назив класе се добија када се корену најзначајније врсте дода наставак „-etea“. Пример класе је *Quercu-Fagetea* Br.-Bl. et. Vlieg. 1937.

У Табели 4 приказани су примери фитоценолошке номенклатуре, који сумирају претходно описана правила за одређивање назива различитих синтаксономских категорија.

Табела 4. Пример фитоценолошке номенклатуре

Класа	<i>Quercu-Fagetea</i> Br.-Bl. et. Vlieg. 1937.
Ред	<i>Quercetalia pubescens</i> Br.-Bl. 1932.
Свеза	<i>Quercion farnetto</i> Horv. 1954.
Асоцијација	<i>Quercetum farnetto-cerris</i> Rud. 1949.
Субасоцијација	<i>Quercetum farnetto-cerris</i> Rud. 1949. subass. <i>aculeatetosum</i>
Фаџијес	<i>Quercetum farnetto-cerris</i> Rud. 1949. fac. <i>caprifoliosum</i>

Извор: Бједов (2019)

3.3. Фитоценолошко снимање

Фитоценолошка истраживања се обављају на терену применом дефинисане методологије која се назива фитоценолошко снимање. Циљ фитоценолошког снимања је попис свих биљних врста на стандардној површини на одређеном локалитету и добијање оговарајућег фитоценолошког снимка.

Приликом одабира површине за обављање фитоценолошког снимања треба водити рачуна да се на том месту биљне заједнице не преклапају. Поред тога, потребно је одабрати репрезентативни узорак, односно место где је фитоценоза најтипичније развијена. Када су прва два услова испуњена (одабран је локалитет са једном карактеристичном биљном заједницом на месту њеног пуног развоја), потребно је дефинисати и минималну површину за обављање фитоценолошког снимања и добијање валидног фитоценолошког снимка.

Минимална површина за добијање фитоценолошког снимка за земљаст тип вегетације треба да буде и опсегу од 4 до 25 m², а опсег за дрвенаст тип вегетације износи од 50 до 400 m² (Бједов, 2019). Приликом обављања фитоценолошких снимања анализирају се следећи подаци: бројност, покровност, као и комбинована оцена бројности и покровности, здруженост, учесталост, виталност и густина заступљености.

1. Бројност означава број примерака, тј. представника сваке појединачне врсте и одговара појму „величина популације“. Доминантна врста је она која својом бројношћу предњачи у односу на остале врсте у датој фитоценози и уједно је едификатор односно градитељ биљне заједнице.
2. Покровност је степен покривености тла надземљним деловима свих примерака једне врсте на посматраној површини. Сходно томе, њена вредност се креће у интервалу (0-100%]. Вредност је увек већа од 0, а максимална вредност је 100% и односи се на случајеве монодоминантних заједница – које се ретко срећу у практичним истраживањима.
3. Комбинована оцена бројности и покровности је фитоценолошки параметар изведен из два параметра који су претходно описани. Дефинисан је према класификацији Браун-Бланкеа и има за циљ лакше означавање приликом обављања фитоценолошких снимања. У даљем тексту (Табела 5) биће приказани и објашњени примери комбиноване оцене бројности и покровности.
4. Здруженост је параметар који описује начин груписања примерака исте врсте у биљној заједници. Синоним за здруженост је термин „социјалност“ и оба термина се равноправно користе у фитоценолошкој литератури.
5. Учесталост је термин који се користи за опис присутности врсте у биљној заједници. Одређује се тако што се, у оквиру састојине, обележи већи број квадрата или кругова (10, 20 или 50), тако да су све површине распоређене на једнаком међусобном растојању и равномерно на целој површини састојине. За сваку пробну парцелу (квадрат или круг) се одређује флористички састав, тј. врши се попис свих присутних врста. За сваку врсту се одређује учесталост као однос броја квадрата или кругова у којој је врста присутна и укупног броја пробних парцела. Изражава се у процентима и синоним за овај параметар је „фреквенција“.
6. Виталност се означава и као „животна способност“ се одређује на основу изгледа индивидуа одређене врсте и може се одредити описно или нумерички. Уколико је врста изузетно смањене виталности то је потребно посебно означити у фитоценолошкој табели, тако што се уз комбиновану оцену бројности и покровности додаје ознака „°“. Врстама смањене виталности је отежан опстанак у датој фитоценози, а често се може десити да се то односи и на друге

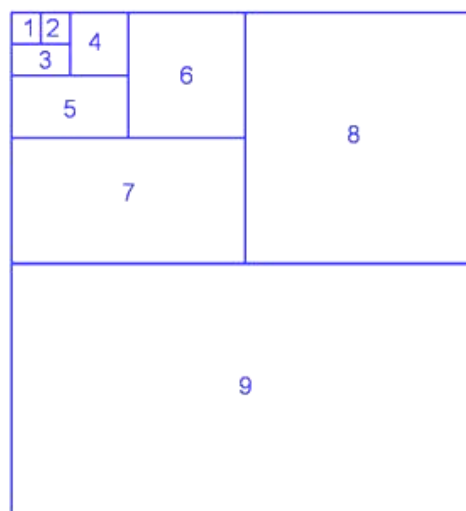
фитоценозе у сличним еколошким условима и заједницама сродног флористичког састава.

7. Густина заступљености или дисперзија је параметар који се односи на начин расподеле примерака исте врсте у оквиру одређене састојине. Расподела односно дисперзија може бити: а) равномерна и у том случају се назива „нормална дисперзија“, б) концентрисана на једном, изолованом месту када се назива „хиподисперзија“ или в) распоређена без правилности на целој површини састојине када се назива „хипердисперзија“.

3.3.1. Фитоценолошки снимак

За узимање снимка бира се пробна површина која има што уједначеније еколошке услове и која је довољно велика да се у њој нађу све врсте које припадају одређеној фитоценози. Пробна површина за обављање фитоценолошких снимака је приказана на Слици 3.2.

Прво се бира површина од $0,25 \text{ m}^2$ (поље 1) и на тој површини се пописују све присутне биљне врсте. Затим се површина удвостручује на $0,5 \text{ m}^2$ и понавља поступак пописа свих присутних биљних врста, и површина поново удвостручава на 1 m^2 , 2 m^2 , 4 m^2 , 8 m^2 , 16 m^2 , 32 m^2 итд. Површина се удвостручује све док се појављују нове биљне врсте. Приликом дефинисања увећавања површине треба водити рачуна да се не пређу границе састојине.



Слика 3.2. Пробна површина за обављање фитоценолошких снимања
Извор: Љевнаић-Машић и сар. (2020)

Пример фитоценолошког снимка дат је у Табели 5. Као што је приказано у табели, снимак обухвата опште и еколошке податке. Општи подаци се односе на број или шифру фитоценолошког снимка, назив локалитета, GPS координате (пожељно је да буду што прецизније одређене), површину снимљене састојине, датум снимка и име и презиме особе која је направила снимак. Еколошки подаци се односе на надморску висину, нагиб терена, геолошки састав подлоге, педолошки

састав подлоге, спратовност, називи врста и њихово квантитативно учешће у фитоценози.

Табела 5. Пример фитоценолошког снимка

Општи подаци	Број снимка:	Фитоценолошки снимак 1
	Локалитет:	Власинска висораван
	Координате:	N 42°42'49,04'' E 22°21'48,10''
	Површина [m ²]:	5
	Датум:	22.06.2017.
Еколошки подаци	Надморска висина [m]:	1200
	Експозиција:	SW
	Нагиб терена [%]:	10
	Геолошки састав подлоге:	силикати
	Педолошки састав подлоге:	мочварно земљиште
	Спратовност:	изражени спрат зељастих биљака
	<i>Najas minor</i>	1.3
	<i>Chara braunii</i>	2.3
	<i>Utricularia vulgaris</i>	1.1
	<i>Potamogeton pusilus</i>	1.1
	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	+
	<i>Potamogeton gramineus</i>	+
	<i>Elatine triandra</i>	+

Извор: Ранђеловић (2017)

Општи и већина еколошких података су познати и не захтевају детаљније образложење како се тумаче. Изузетак је еколошки податак – квантитативно учешће врста у фитоценози. Овај податак се састоји од два броја који су раздвојени тачком, нпр. „1.3“. Први број се односи на бројност и покривност, а други на здруженост. Тумачење вредности се врши како је описано у даљем тексту.

Комбинована оцена бројности и покривности може имати вредности од + до 5 и тумаче се као:

- + врста се јавља у малом броју примерака и покривност јој је незнатна (<1%);
- 1 – врста се јавља у великом броју примерака, њена покривност износи 1-10%
- 2 – врста се јавља у великом броју примерака, њена покривност износи 11-25%;
- 3 – покривност износи 26-50% (независно од броја примерака);
- 4 – покривност износи 51-75% (независно од броја примерака) и
- 5 – покривност је >75% (независно од броја примерака).

Здруженост се односи на начин груписања примерака исте врсте у одређеној састојини. Врста може да расте појединачно, али и у мањим или већим групама, тако да се здруженост класификује у пет категорија:

- 1 – врста расте појединачно;
- 2 – врста расте у бусеновима, заједно је груписано неколико примерака;
- 3 – врста расте у мањим скупинама;
- 4 – врста расте у великим скупинама и
- 5 – врста чини тзв. „чисту“ популацију.

На примеру „1.3“ тумачење је следеће: врста је бројна, покровност јој је мања од 10% (вредност „1“) и расте у мањим скупинама (вредност „3“).

Осим описаног приказа (две цифре раздвојене тачком), квантитивно учешће може бити означено само знаком „+“. У овом случају, закључује се да се врста јавља у малом броју примерака и да јој је покровност незнатна. Редослед врста у на фитоценолошком снимку је заснован на принципу опадајућег низа, на почетку се налазе најбројније врсте са највећим степеном здружености.

3.3.2. Фитоценолошка табела

Фитоценолошка табела се састоји од најмање 10 фитоценолошких снимака. Понављање фитоценолошких снимања је неопходно како би се добили валидни подаци за целу биљну заједницу. У Табели 6 је дат пример фитоценолошке табеле и односи се на проучавање заједнице *Quercetum farnetto-cerris scardicum* Krasn. 1949.

Табела 6. Пример фитоценолошке табеле

Општи подаци	Асоцијација:	<i>Quercetum farnetto-cerris scardicum</i> Krasn. 1968										Степен присућности
	Субасоцијација:	subass. <i>calicolum</i>					subass. <i>petraetosum</i>					
	Локалитет:	Липовица (у близини Приштине)										
	Надморска висина [m]:	720	740	710	720	750	730	740	720	720	710	
	Експозиција:	S	S	S	W	SW	S	S	W	SW	W	
	Нагиб терена [°]:	20	2	2	8	6	2	10	5	7	8	
	Геолошки састав подлоге:	Кречњак					Кристаласти шкриљци					
	Педолошки састав подлоге:	Смеђе земљиште					Кисело смеђе земљиште					
	Бр. фитоценолошког снимка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Еколошки подаци	I спрат											
	<i>Quercus farnetto</i>	2.2	3.3	3.4	3.4	4.4	3.4	3.3	3.3	2.2	2.2	V
	<i>Quercus cerris</i>	3.3	4.3	2.2	3.4	2.2	2.2	3.3	2.2	3.3	2.2	V
	<i>Fraxinus ornus</i>	+1		1.1	+			1.2	+	+		III
	<i>Corylus colurna</i>		+	+								II
	<i>Tilia argentea</i>			+1	+					+		I
	<i>Quercus virgiliana</i>										+	I
	<i>Sorbus torminalis</i>			+								I
	<i>Pyrus pyraster</i>				+							I
	II спрат											
	<i>Quercus farnetto</i>	1.2	1.2	2.3		1.1	2.3	2.2	1.1	1.2	1.2	V
	<i>Quercus cerris</i>	1.1	1.2	1.1	1.1		1.1	1.2	1.1		1.2	IV
	<i>Acer tataricum</i>	+1	+1								1.2	II
	<i>Acer campestre</i>	+1			+1			+	1.1	+2		II
	<i>Pyrus pyraster</i>		+1	+1						+1		II
	<i>Sorbus domestica</i>		+1	+2								I
	<i>Tilia argentea</i>	+1			+2							I
	<i>Cornus mas</i>		+1									I
	<i>Prunus spinosa</i>					+1						I
	<i>Malus sylvestris</i>	+1										I
	III спрат											
Покровност	0.9	0.7	0.3	0.2	0.8	0.4	0.6	0.7	0.5	0.3		
<i>Danaa cornubiensis</i>	1.1	2.2	+1	+1	+1	+1	+1	1.1	+1		V	
<i>Festuca heterophylla</i>	+1	1.2	1.2	+1	+1	1.2	+2	1.2	+1		V	
<i>Galium pseudoaristatum</i>	+1	+1	+1	+1		+1	+1	+1	+1		V	
<i>Lathyrus niger</i>	+1	+1	+1			+1	+1	+1	+1		IV	

Извор: Tomić (2000)

Структура фитоценолошке табеле одговара структури фитоценолошког снимка – постоје општи и еколошки подаци са прописаним елементима. У Табели 6 је приказан попис врста у три спрата, при чему први спрат чини највише дрвеће, други ниже дрвеће и жбуње, а у трећем спрату се налазе зељасте биљке. Квантитативно учешће биљака се приказује на исти начин као и приликом узимања фитоценолошког снимка – два броја раздвојена тачком и тумачење ових вредности је већ описано у претходном потпоглављу.

Фитоценолошка табела има додатни параметар (односно додатну колону) у односу на фитоценолошки снимак и то је степен присутности. Степен присутности се одређује према петостеној скали, на основу учесталости појаве врсте у фитоценолошким снимцима и означава се римским бројевима:

- I – врста је регистрована у 1-20% снимака;
- II – врста је регистрована у 21-40% снимака;
- III – врста је регистрована у 41-60% снимака;
- IV – врста је регистрована у 61-80% снимака и
- V – врста је регистрована у више од 80% снимака.

У анализираном примеру, врсте *Quercus farnetto* и *Quercus cerris* имају степен присутности означен као „V“ што значи да су врсте регистроване у више од 80% снимака. Ова вредност је очекивана јер су обе врсте едификатори (градитељи) биљне заједнице *Quercetum farnetto-cerris scardicum* Krasn. 1949. Супротно томе, врсте *Sorbus torminalis* и *Pyrus pyraister* имају степен присутности означен као „I“, што значи да су ове врсте регистроване у мање од 20% фитоценолошких снимака.

4. Еколошке мреже

Еколошке мреже су настале као одговор на потребу повезивања станишта и екосистема у јединствени систем. Ове мреже представљају и покушај спречавања тзв. „фрагментације“ станишта, што је један од највећих проблема у предеоној екологији данас. Повезивањем природних станишта у исти систем омогућава одржавање природних процеса у екосистемима, одржавају се миграторне руте за животиње, омогућава се лакше ширење семена биљних врста и на тај начин се одржавају природна станишта, а биљним и животињским врстама се обезбеђује опстанак у дужем временском периоду.

Приликом планирања умрежавања станишта, односно креирања еколошких мрежа важно је размотрити функционалност екосистема, успешност у обезбеђивању екосистемских добара и услуга и на основу тога зонирати области који имају прворазредни значај са аспекта заштите. Наведене приоритетне зоне треба да се укључе у систем повезивања кроз успостављање еколошких мрежа. Осим наведеног – еколошког приступа, важно је укључити и социо-економску компоненту. Приликом планирања еколошких мрежа важно је да се у процес доношења одлука укључе све заинтересоване стране које користе дате просторе на било који начин. Анализа екосистемских услуга, вредности предеоних елемената, као и вредности предела са друштвеног и економског аспекта представљају основу за планирање еколошких мрежа.

Појам „еколошка мрежа“ је дефинисан као систем подручја између којих постоји физичка и еколошко-функционална веза. Повезаност у физичком смислу се односи на просторну повезаност природних подручја и то се углавном остварује постављањем еко-коридора, односно предеоних елемената који имају линерану структуру. Основни смисао физичке повезаности је спречавање удаљавања сродних типова станишта и настанка њихове фрагментације, односно њиховог даљег уситњавања и дељења. Еколошко-функционална веза подразумева да се подручја повезују на начин тако да се њихови природни процеси допуњују, односно да се обезбеди континуитет са аспекта обезбеђивања екосистемских услуга у свим повезаним просторним целинама. Изоловани екосистем у дужем периоду не може да оствари пуну функционалност без повезивања са екосистемима који пружају сродне екосистемске услуге. Приликом разматрања еколошко-функционалне везе истиче се важност повезивања сродних типова станишта, јер се на тај начин постиже најпотпуније очување изворности природних екосистема и предеоних елемената.

4.1. Структура еколошке мреже

Систем еколошке мреже се, по правилу, састоји од следећих елемената: главна подручја, коридори и прелазни појасеви. Осим основних елемената, понекад се у систем еколошке мреже укључују и подручја предвиђена за ревитализацију. На Слици 4.1 приказана је основна структура еколошке мреже, као и шематски приказ распореда њених саставних елемената.

Главна или централна подручја су области које су приоритетне са аспекта заштите, разматрајући њихову предеону разноликост, очуваност природних

процеса и природних предеоних елемената. Ова подручја су најчешће заштићена на националном нивоу и обезбеђују заступљност природних или полуприродних екосистема, као и виталност популација најзначајнијих врста.



Слика 4.1. Структура еколошке мреже
Извор: Pravettoni (2015), измењено

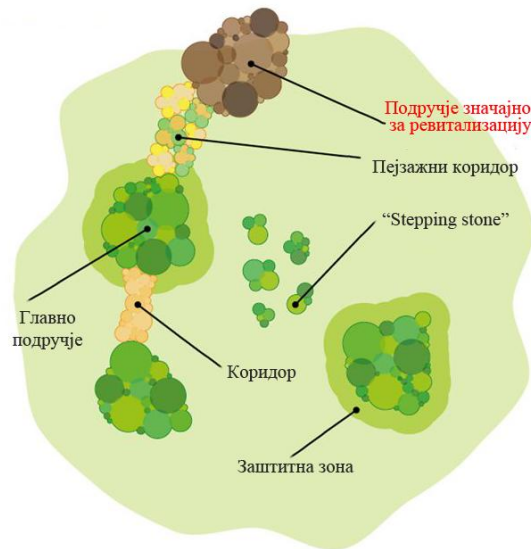
Коридори су линеарни елементи који међусобно повезују главна подручја, поштујући принцип успостављања физичке и еколошко-функционалне везе. Разликују се три основна типа коридора:

- (стандардни) коридори – ово је тип предеоног елемента који је непрекидан, односно који се посматра као компактна и недељива целина у физичком смислу;
- „stepping stones“ коридори – означавају скуп станишта која су одвојена у физичком смислу, али која се налазе на малој међусобној удаљености и представљају одговарајуће станишне целине и
- пејзажни коридори – су најсложенији тип коридора и навреднији са аспекта очувања предела. По својој структури, налазе се на прелазу између стандарних коридора и централних подручја. Пејзажни коридори, у зависности од стратегије управљања пределом, имају потенцијал претварања у главна односно централна подручја.

Прелазни појасеви успостављају просторну везу између главних подручја и околних зона (нпр. подручја коришћења природних ресурса). Улога прелазних појасева је успостављање заштитне зоне између највредних делова предела и предела са измењеним или нарушеним природним карактеристикама (нпр. предео измењен под утицајем човека, тзв. антропогенизовани предео).

Подручја значајна за ревитализацију могу чинити део еколошке мреже. Приликом успостављања еколошке мреже, најважније је заштити делове предела који се издвајају по својим биолошким и предеоним карактеристикама, тако да деградирани предели могу чинити само мањи удео у укупном броју елемената

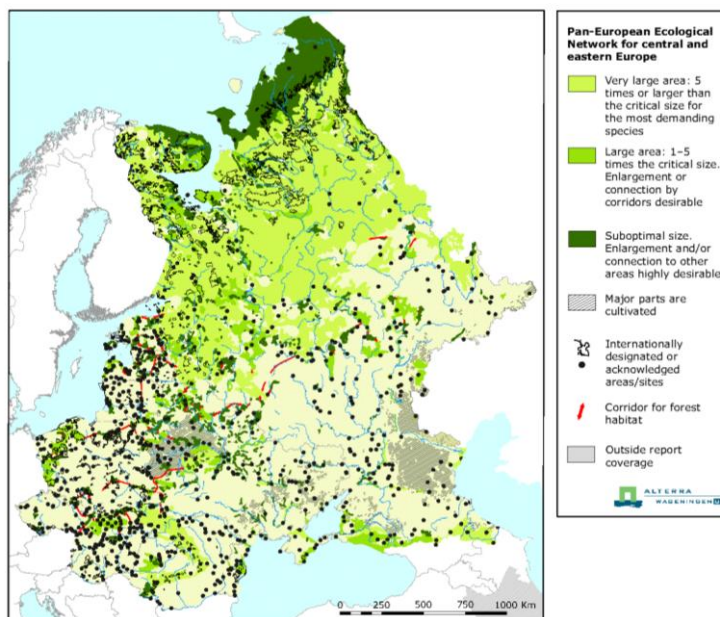
еколошке мреже. У случају да се укључују у еколошку мрежу, подручја за ревитализацију се повезују са централним подручјима коришћењем пејзажних коридора као што је приказано на Слици 4.2.



Слика 4.2. Укључивање подручја значајног за ревитализацију у еколошку мрежу
Извор: Lawton (2010), измењено

4.2. Еколошке мреже у Европи

Идеја о успостављању еколошких мрежа на нивоу Европе развијена је 1995. године, када је успостављена Пан-европска еколошка мрежа (*Pan-European Ecological Network – PEEN*). Ова мрежа је настала у оквиру Пан-европске стратегије о заштити биолошке и предеоне разноликости. PEEN мрежа је прва прописала увођење коридора који ће повезивати централна подручја – најчешће природна добра која су заштићена на националном или међународном нивоу.



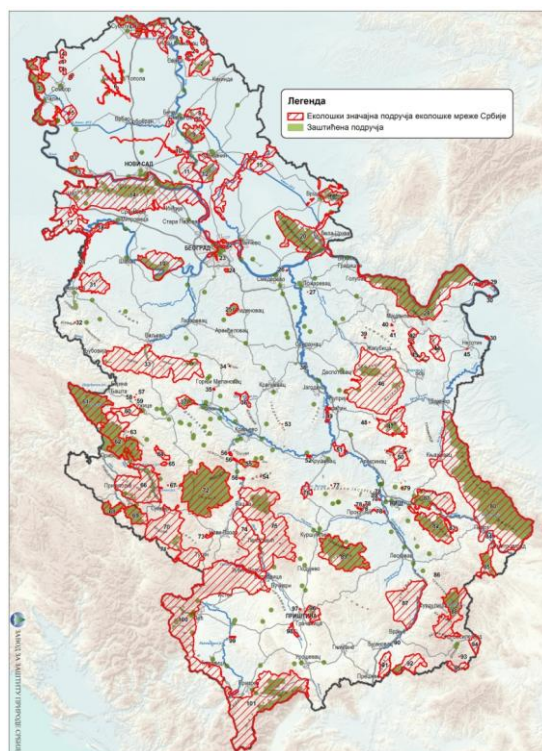
Слика 4.3. Пан-европска еколошка мрежа за централну и источну Европу
Извор: Jongman и сар. (2011)

Као што је приказано на Слици 4.3. за главна подручја извршена је класификација у три групе, у складу са поређењем са критичном површином за заштиту и очување најзахтевније врсте. Категоризација главних подручја је извршена на следећи начин:

- веома вредно подручје – подручје које је 5 или више пута веће од тзв. критичне површине за најзахтевнију врсту са аспекта њене заштите и очувања. У овом случају за очување најзахтевније врсте није неопходно успостављање система коридора, јер је станиште довољно велико да опстанак врсте није угрожен;
- вредно подручје: подручје које је 1-5 пута веће од тзв. критичне површине за најзахтевнију врсту са аспекта њене заштите и очувања и препоручује се повећање њене површине или повезивање коридорима са другим вредним или веома вредним подручјима и
- потенцијално угрожено подручје: површина одговара тзв. критичној површини односно граници опстанка најзахтевније врсте, тако да је неопходно повезивање са другим подручјима применом коридора, а поред тога се препоручује и повећање њене површине.

На карти су осим главних подручја, класификованих у три гореописане категорије, означени и коридори, станишта значајна на међународном нивоу, као и земљиште које се примарно експлоатише у пољопривредне сврхе.

Завод за заштиту природе Србије је урадио издвајање и картирање еколошки значајних подручја еколошке мреже у Србији (Слика 4.4). Као што је приказано на карти, еколошка мрежа укључује сва заштићена подручја, а издваја и нове зоне које их повезују међусобно.



Слика 4.4. Еколошки значајна подручја еколошке мреже у Србији
Извор: Завод за заштиту природе Србије (2022)

Најпознатији примери еколошких мрежа су мреже Натура 2000 и Емералд мрежа и више о овим мрежама ће бити објашњено у наредним потпоглављима.

4.2.1. Натура 2000

Натура 2000 представља највећу координирану мрежу заштићених простора у свету. Заузима 18% копнене и 6% морске територије у земљама Европске уније и укључује приближно 26.000 локалитета. Основни циљ повезивања заштићених подручја у јединствену мрежу на територији ЕУ је обезбеђивање станишта за најдрагоценије и најугроженије врсте. Натура 2000 је мрежа која повезује заштићена подручја у свих 27 земаља чланица ЕУ. Мрежа је успостављена са два основна задатка:

1. дугорочни опстанак највреднијих врста и врста које су угрожене (на различите начине и у различитом степену) и
2. дугорочно очување станишта ретких и угрожених врста.

Као помоћ и преглед мреже Натура 2000 развијена је веб апликација чији је основни изглед приказан на Слици 4.5.



Слика 4.5. Апликација Natura 2000 Network Viewer
Извор: [6]

Приказана карта омогућава да се размера мења, односно да се локалитет сагледа у ширем и ужем просторном контексту. Другим речима, карта је интерактивна и омогућава детаљну претрагу заштићених локалитета. Приказани алат – веб апликација обезбеђује следеће информације:

- кључне информације о врстама и стаништима за сваки заштићени локалитет;
- процену величине популација и
- конзервациони статус.

Први корак у успостављању мреже је одабир локалитета који ће бити њен део и састоји се из две фазе. Прва фаза подразумева стварање националне листе подручја која се издвајају као значајна за увођење у систем заштите. Подручја се бирају на основу следећих критеријума: степен репрезентативности односно јединствености станишта; еколошки квалитет станишта; величина и густина популација врста које се штите, степен изолованости врсте у односу на природни ареал популације и површина заштићене области. Након стварања националне листе, предложена подручја се вреднују са становишта важности на нивоу ЕУ. У овој, другој, фази одабир спроводи Европска Комисија и процењује релативну важност предложених простора, разматрајући важност простора као миграторне руте или прекограничног предела, његове укупне површине, као и истовременог присуства различитих типова станишта на датом локалитету. Осим тога, у овој фази разматра се и важност заштите локалитета као јединственог биogeографског региона. Када се коначна листа формира, односно када локалитет испуни критеријуме обе фазе вредновања, у даљој бази ће се користити основне информације о њему и то су: карта подручја (просторна диспозиција) са називом локалитета и јасно уцртаним границама, као и подаци који се односе на оцене критеријума који су разматрани у обе фазе вредновања, односно укључивања у систем заштите.

Натура 2000 је усаглашена са два директиве и то су Директива о птицама и Директива о стаништима.

- *Директива о птицама* је документ који има за циљ борбу против опадања броја врста птица, као и дуготрајну заштиту и управљање свим врстама птица која настају природне пределе у Европској унији, укључујући и миграторне врсте и њихова станишта. Европа је станиште за 500 врста дивљих птица, а најмање 1/3 нема одговарајући статус заштите – конзервациони статус и овај документ је први покушај деловања ЕУ у погледу њихове заштите и очувања.
- *Директива о стаништима* обезбеђује заштиту за широки спектар ретких, угрожених и ендемичних биљних врста. Директива предвиђа да се, на различите начине, спроведе заштита приближно 1.000 биљних и животињских врста и око 200 типова станишта.

Натура 2000 обједињује одредбе предвиђене гореописаним директивама и представља практичан начин за њихово спровођење. Ипак, Натура 2000 не подразумева систем строге заштите, односно не искључује и људске активности. Ово је условљено и чињеницом да се простори који припадају мрежи Натура 2000 налазе и у приватном власништву. Ипак, људске активности у заштићеним просторима, унутар мреже Натура 2000, треба да буду одрживе и у еколошком и у економском смислу.

Успостављање плана управљања, уз усклађивање еколошке и економске компоненте, је један од најизазовнијих задатака у вођењу ове мреже заштићених простора. Планови се дефинишу за сваки локалитет у складу са његовим статусом конзервације – локалитети који су категорисани као строго заштићени природни резервати у најмањем степену дозвољавају деловање човека.

4.2.2. Емералд мрежа

Емералд мрежа се заснива на истим принципима као Натура 2000 и представља инструмент за спровођење Директиве о стаништима. Ова мрежа је осмишљена као помоћ земљама кандидатима за ЕУ, приликом припреме за прикључивање мрежи Натура 2000. Емералд мрежа и Натура 2000 дефинишу смернице развоја система заштите природе који су заједнички за целу територију Европе.

Емералд мрежа је настала 1989. године у циљу примене Бернске конвенције. Бернска конвенција односно Конвенција Савета Европе о очувању европске дивље флоре, фауне и природних станишта, донета је у Берну (Швајцарска) 1972. године, а Србија је ову конвенцију потписала 2007. године. Бернска конвенција је међународни правни документ у области заштите природе и обухвата целокупну природну баштину у Европи, као и у државама Африке (Буркина Фасо, Мароко, Тунис и Сенегал). Осим основног циља – заштите дивљих врста флоре и фауне и њихових станишта, Бернска конвенција обезбеђује унапређење сарадње између европских земаља у области заштите природе. Бернска конвенција обухвата и четири додатка: додаток I се односи на дефинисање листе строго заштићених врста флоре, додаток II обухвата дефинисање листе строго заштићених врста фауне, додаток III се односи на дефинисање заштићених врста фауне, док додаток IV прописује различите мере забране у области експлоатације и злоупотребе дивљих врста. Више о Бернској конвенцији се може прочитати на сајту Савета Европе, одељак „ресурси“.

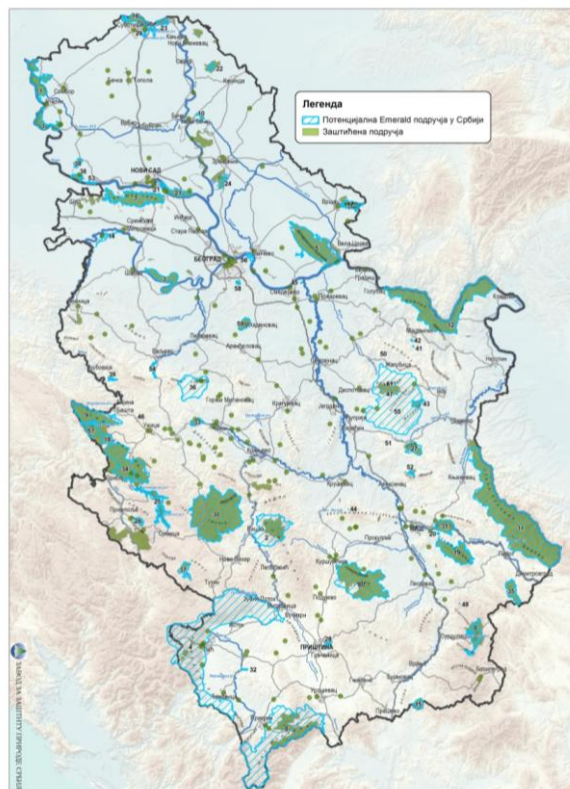
Следећи принципе Бернске конвенције дефинисана су и подручја посебног конзервационог значаја (*Areas of Special Conservation Interest – ASCI*). У том смислу, Емералд мрежу чине повезана ASCI подручја. Критеријуми за проглашење подручја за ASCI подручје су:

- станишта значајна за опстанак ретких, угрожених или ендемичних врста или врста наведеним у додацима I и II Бернске конвенције;
- подручја која карактерише висок специјски диверзитет или карактеристичне популације једне или више врста;
- подручја која обухватају репрезентативне примере угрожених типова станишта;
- подручја која садрже истакнуте примере ретких типова станишта или мозаик различитих типова станишта;
- станишта значајна за једну или више миграторних врста и
- простори који на други начин доприносе очувању циљева Бернске конвенције.

Бернска конвенција подразумева посебну процедуру у случајевима када је неко ASCI подручје угрожено. Поступак подразумева жалбу (коју најчешће подноси невладина организација), која наводи опис стања и проблема, као и препоруке мера које треба предузети и жалба се подноси Комитету Конвенције. Комитет обавештава Владу земље на којој се налази ASCI подручје о томе које мере треба да предузме. Осим тога, равијена је заједничка база подручја значајних за

заштиту на нивоу Европе (*Common Database of Designated Areas - CDDA*) и она обухвата информације о свим локалитетима који имају међународни статус заштите, а основу чине подручја у оквиру Емералд мреже и мреже Натура 2000.

У Србији је издвојено 61 подручје које је оцењени као нарочито значајно за заштиту дивљих биљних и животињских врста и њихових станишта, у складу са принципима Бернске конвенције (Слика 4.6).



Слика 4.6. Потенцијална Емералд подручја у Србији
Извор: Завод за заштиту природе Србије (2022)

Укупна површина потенцијалних Емералд подручја је више од 1.019.000 ха, односно приближно 11,5% територије Србије.

4.3. Међународно значајна подручја у Србији

У Србији се издвајају станишта и подручја која су значајна на међународном нивоу, у складу са одговарајућом правном регулативом. Међународно значајна станишта у Србији су:

- Резервати биосфере;
- Значајна прекогранична подручја;
- Рамсарска подручја;
- ИРА подручја – међународно значајна подручја за биљке;
- ИВА подручја – међународно значајна подручја за птице и
- РВА подручја – одабрана подручја за дневне лептире.

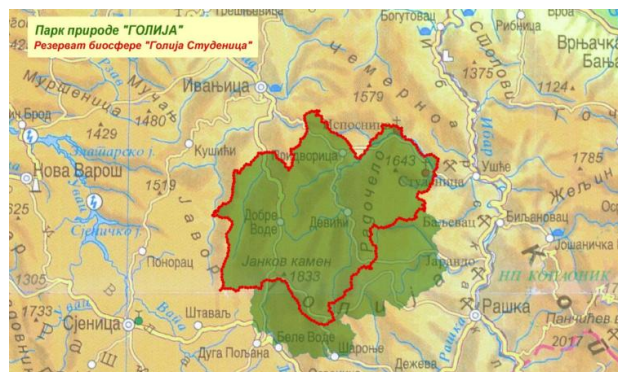
Приликом анализе одређеног локалитета неопходно је проучити документе који се односе на статус и значај његове заштите на међународном и националном нивоу. На пример, уколико је неки простор класификован као ИВА подручје, планиране активности у управљању пределом треба да буду усмерене на очување станишта птица и ограничавање свих поступака који могу нарушити њихова станишта и угрозити њихов опстанак. У даљем тексту су описана међународно значајна подручја у Србији, са нагласком на подручја која се штите са аспекта очувања изворне флоре и вегетације, док је за подручја која се првенствено штите у циљу конзервације елемената фауне дат сажетији опис.

4.3.1. Резервати биосфере

Резервати биосфере су подручја изузетних природних и културних вредности, која су препозната као значајна за постизање одрживе равнотеже између биодиверзитета, културних вредности и економског развоја. При томе се биолошка разноликост и културна вредност посматрају заједно, као једна компонента, а економски развој као друга. Резервати биосфере су део програма „Човек и биосфера“ (*Man and the Biosphere*) који је успостављен 1971. године под окриљем организације УНЕСКО. Замисао овог програма је успостављање система заштите природе кроз остваривање складног односа људи и њихових потреба за природом. Резервати биосфере су међународно значајна подручја која формирају одговарајуће мреже, од мреже на националном до мреже на глобалном нивоу. Са пресеком стања у 2021. години, на свету постоји укупно 686 резервата биосфере, који се налазе у 122 државе. Номинација и управљање резерватима биосфере је поверено државама на чијој се територији налазе. У Србији су, до сада извојена, два резервата биосфере: Резерват биосфере „Голија-Студеница“ и резерват биосфере „Бачко Подунавље“.

Резерват биосфере „Голија-Студеница“

Резерват биосфере „Голија-Студеница“ је први проглашени резерват биосфере у Србији. Проглашење је донето 2001. године, на основу вредности манастира Студеница из XII века који се налази на УНЕСКО-вој листи Светске културне баштине. Вредност овом локалитету даје и део територије (70%) Парка природе „Голија“ (Слика 4.7) који карактерише висока очуваност шумских екосистема.



Слика 4.7. Резерват биосфере „Голија-Студеница“
Извор: Завод за заштиту природе Србије (2022)

Резерват биосфере „Бачко Подунавље“

Резерват биосфере „Бачко Подунавље“ се често назива и европски Амазон. Проглашен је за резерват биосфере 2017. године, на основу вредних ритско-мочварних целина, које су оцењене као једне од најочуванијих на целом току реке Дунав. Овај резерват биосфере се простира на површини од прилижно 1.766 km².

4.3.2. Значајна прекогранична подручја

Значајна прекогранична подручја представљају локалитете који се налазе на територији суседних држава и њихово проглашење представља покушај да се у целости заштите вредни природни локалитети. Наиме, проглашење заштите у само једној држави не би обезбедило одговарајући ниво статуса конзервације, тако да је неопходно успоставити јединствени план односно поредак заштите. Значајна прекогранична подручја у Србији су: Специјални резерват природе „Горње Подунавље“, Парк природе „Палић“, Специјални резерват природе „Лудашко језеро“, Специјални резерват природе „Делиблатска пешчара“, Рамсарско подручје „Лабудово окно“ итд.

4.3.3. Рамсарска подручја

Рамсарска конвенција (*The Ramsar Convention*) донета је 2. фебруара 1971. године у иранском граду Рамсару и односи се на заштиту мочварних подручја. Документ је донет превасходно са циљем очувања мочвара као станишта птица мочварица (Вујић, 2008). До сада је Рамсарска конвенција ратификована у 170 земаља, укључујући и Републику Србију. На свету је укупно проглашено 2.341 Рамсарских подручја која заузимају површину од приближно 2.524.900 km² (*The Ramsar Convention Secretariat, 2020*).

На основу података Секретаријата Рамсарске конвенције (*The Ramsar Convention Secretariat, 2020*), у Табели 7 је приказан број Рамсарских подручја у Србији и у државама са којима се Србија граничи.

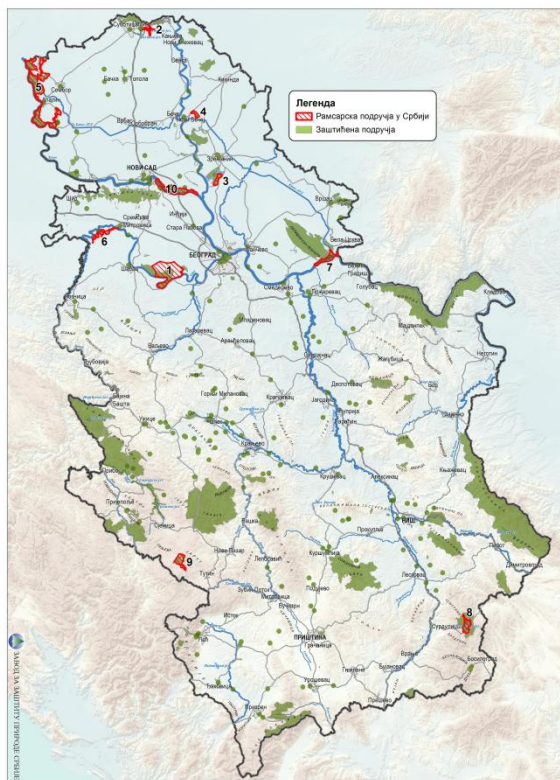
Држава	Број Рамсарских подручја
Северна Македонија	2
Црна Гора	3
Босна и Херцеговина	3
Албанија	4
Хрватска	5
Србија	10
Бугарска	11
Румунија	19
Мађарска	29

Извор: *The Ramsar Convention Secretariat (2020)*

На основу података у Табели 7, закључује се да је најмањи број Рамсарских подручја проглашен у Северној Македонији (2), а највећи у Мађарској (29). Број Рамсарских подручја у Србији је већи у односу на просечан број у суседним државама.

Србија је 1977. године ратификовала Рамсарску конвенцију и од тада је у Србији проглашено 10 Рамсарских подручја и то су: Лудашко језеро, Обедска бара, Стари Бегеј – Царска бара, Слано Копово, Лабудово окно, Пештерско поље, Горње Подунавље, Власина, Засавица и Ковиљско-петроварадински рит. Поред тога, Завод за заштиту природе Србије (2020) утврдио је прелиминарну листу 68 нових, потенцијалних Рамсарских подручја у Србији. Међу њима се издваја Национални парк “Ђердап” који је у процесу добијања статуса Рамсарског подручја. Рамсарска подручја су најчешће уједно и ИВА подручја (*Important Bird Areas*) односно подручја од међународног значаја за птице. Рамсарска подручја имају прворазредни значај у очувању биодиверзитета, предеоне разноликости, као и у обезбеђивању екосистемских услуга.

На Слици 4.8 приказана је просторна диспозиција Рамсарских подручја у Србији.



Рамсарска подручја

1. Обедска бара
2. Лудашко језеро
3. Стари Бегеј - Царска бара
4. Слано Копово
5. Горње Подунавље
6. Засавица
7. Лабудово окно
8. Власина
9. Пештерско поље
10. Ковиљско-петроварадински рит

Слика 4.8. Рамсарска подручја у Србији
Извор: Завод за заштиту природе Србије (2022), измењено

Табела 8 приказује Рамсарска подручја у Србији и то: назив локалитета, годину проглашења за Рамсарско подручје и површину коју локалитет заузима. Први локалитети проглашени за Рамсарска подручја били су Лудашко језеро и Обедска бара (1977. године), док је Ковиљско-петроварадински рит најкасније додат листи Рамсарских подручја у Србији (2012. године).

Површина Рамсарских подручја варира у широком опсегу: најмању површину заузима Лудашко језеро (593 ha), највећу Горње Подунавље (22.480 ha), док просечна површина Рамсарских подручја у Србији износи приближно 6.392 ha. Укупна површина коју заузимају Рамсарска подручја у Србији је 63.919 ha.

Табела 8. Рамсарска подручја у Србији

Локалитет	Година проглашења	Површина [ha]
Лудашко језеро	1977.	593
Обедска бара	1977.	17.501
Стари Бегеј – Царска бара	1996.	1.767
Слано Копово	1996.	976
Лабудово окно	2004.	3.733
Пештерско поље	2004.	3.455
Горње Подунавље	2007.	22.480
Власина	2007.	3.209
Засавица	2008.	1.913
Ковиљско-петроварадински рит	2012.	8.292

Извор: Завод за заштиту природе Србије (2020)

4.3.4. ИРА подручја

ИРА (*Important Plant Areas*) подручја су међународно значајна станишта за биљке. У Табели 9 приказана су ИРА подручја у Србији (61).

Табела 9. ИРА подручја у Србији

ИРА подручја у Србији	
1. Суботичка пешчара	32. Кањон Милешевке
2. Селевењске пустаре	33. Клисура Ибра
3. Палићко језеро	34. Ђердап
4. Лудашко језеро	35. Кладово-Радујевац
5. Горње Подунавље	36. Велики крш
6. Северни Банат II	37. Клисура Лазареве реке
7. Северна Бачка I	38. Брђанска клисура
8. Телечка	39. Ртањ
9. Римски Шанац	40. Лалиначка слатина
10. Жабал	41. Јелашничка клисура
11. Тителски брег	42. Сићевачка клисура
12. Северни Банат	43. Шљивовички вис
13. Степе северног Баната	44. Озрен
14. Пашњаци велике дропље	45. Сува планина
15. Слано копово	46. Стара планина
16. Средњи Банат I	47. Клисура Јерме
17. Средњи Банат II	48. Рогозна
18. Царска бара	49. Копаоник
19. Вршачке планине	50. Власинска висораван
20. Делиблатска пешчара	51. Грмија
21. Поњавица	52. Клисура Мируше
22. Фрушка Гора	53. Рудине
23. Обедска бара	54. Александровачка слатина
24. Засавица	55. Рујан
25. Тара	56. Долина Пчиње
26. Мокра гора и Шарган	57. Проклетије
27. Златибор	58. Паштрик
28. Мучањ	59. Коритник
29. Голија	60. Шар планина
30. Пештер	61. Ковиљско-петроварадински рит
31. Штаваљ	

Извор: [7]

У питању су најчешће природни или полуприродни екосистеми које карактерише изузетна ботаничка вредност, у смислу постојања изузетног богатства биљних врста, присуства ретких, угрожених и ендемичних врста или високо вредне и очуване вегетације.

У Србији је издвојено 61 ИРА подручје које заузима 8% њене територије (приближно 743.500 ha). Највећи део ИРА подручја у Србији чине листопадне шуме, а након њих полуприродна травна станишта. ИВА подручја представљају и један од критеријума за проглашење еколошки значајних подручја и еколошких коридора еколошке мреже Србије.

У Србији, ИРА се налазе како у заштићеним тако и у незаштићеним природним пределима. Већи део (64%) се налази унутар заштићених подручја. Примери ИРА подручја у Србији су: Национални парк „Фрушка гора“, Национални парк „Шар планина“, Предео изузетних одлика „Долина Пчиње“, Вршачке планине, Златибор, Клисуре Ибра, Степе северног Баната, итд. Списак свих ИРА подручја у Србији приказан је у Табели 9.

Успостављање ИРА подручја је део Глобалне стратегије очувања биљака (*Global Strategy for Plant Conservation*) и представља средство за препознавање, мапирање и заштиту најзначајнијих примерака флора на стаништима у Европи.

4.3.5. ИВА подручја

ИВА (*Important Bird Areas*) подручја су међународно значајна станишта за птице. Базу података о ИВА подручјима води организација *BirdLife International*. Наведену организацију чини глобално партнерство организација цивилног друштва које се баве заштитом птица и њихових станишта. Осим вођења базе података, *BirdLife International* се бави и дефинисањем критеријума за проглашење подручја ИВА подручјем. Као и у случају ИРА подручја и одређена ИВА подручја представљају и један од критеријума за проглашење еколошки значајних подручја и еколошких коридора у оквиру еколошке мреже Србије. Тренутно у Србији 43 подручја имају статус ИВА подручја.

Примери ИВА подручја у Србији су: Национални парк „Фрушка гора“, Национални парк „Копаоник“, Парк природе „Јегричка“, Специјални резерват природе „Лабудово окно“, Специјални резерват природе „Засавица“, Специјални резерват природе „Тителски брег“ итд.

4.3.6. РВА подручја

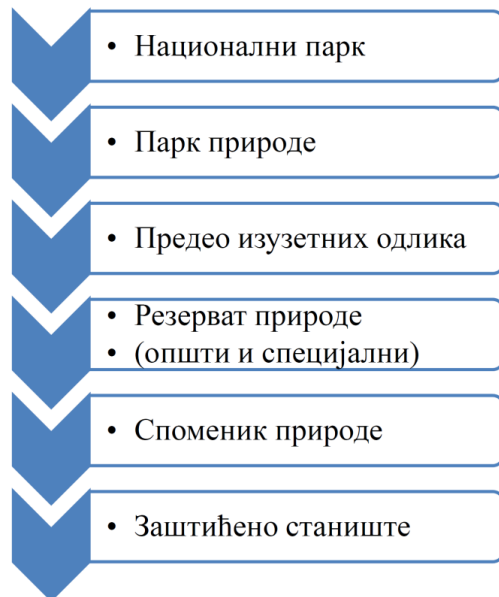
РВА (*Prime Butterfly Areas*) подручја су одабрана подручја за дневне лептире, при чему је издвојена листа циљних врста лептира који су приоритетни за заштиту. Укупно је извојено 38 врста дневних лептира на територији Србије, а одабир је усаглашен са Европском директивом о стаништима. У Србији је извојено 40 РВА подручја и у њих спадају: Специјални резерват природе „Делиблатска пешчара“, Авала, Голија, Златар, Ртањ, Сићевачка клисура, итд.

4.4. Заштићена подручја у Србији

У циљу очувања највреднијих природних предела, предвиђено је и да се они штите правним односно законским путем. Законска заштита природе у Србији сеже до XIV века, када се у Душановом законуку први пут срећу уредбе које се односе на очување природе. Прво заштићено подручје у Србији била је Обедска бара, која је стављена под заштиту 1874. године. Први заштићени национални парк у Србији је НП „Фрушка гора“, а заштита датира из 1960. године.

У Србији се, тренутно, под заштитом налази 471 подручје које се издваја по својим ботаничким, геолошким или предеоним карактеристикама. Површина коју заузимају заштићена подручја (њих 471) износи 678.237 ha, а то представља 7,7% површине територије Србије. У заштићеним подручјима се штити више од 1.700 строго заштићених врста и 860 заштићених дивљих врста. Чувањем станишта обезбеђује се опстанак биљним и животињским врстама, јер је заштита појединачних врста немогућа без заштите њиховог животног простора.

Заштита подручја остварена је кроз одговарајућу категоризацију, односно сврставање подручја у одговарајући режим заштите. Према Закону о заштити природе („Службени гласник РС“, бр. 95/2018) у Србији постоји шест основних категорија заштите: национални парк, парк природе, предео изузетних одлика, резерват природе, споменик природе и заштићено станиште (Слика 4.9). Као што је приказано на Слици 4.9, категорија *резерват природе* дели се на општи и специјални резерват природе.



Слика 4.9. Категорије заштићених подручја у Србији
Извор: аутор

У Србији постоји 5 националних паркова, 18 паркова природе, 21 предео изузетних одлика, 70 резервата природе, 315 споменика природе и 6 заштићених станишта. Осим тога, у складу са раније важећим Законима о заштити животне средине и Законима о заштити споменика културе, под заштитом је још 36 подручја од културног и историјског значаја.

Национални парк је „веће подручје са природним екосистемима високе вредности у погледу очуваности, сложености грађе и биогеографских обележја са разноврсним облицима флоре и фауне, репрезентативним физичко-географским објектима и појавама и културно-историјским вредностима“ („Службени гласник РС“, бр. 88/2010). У Србији постоји пет националних паркова: НП „Фрушка гора“, НП „Ђердап“, НП „Копачица“, НП „Шар-планина“ и НП „Тара“.

Парк природе је „подручје са добро очуваним природним својствима вода, ваздуха и земљишта, са преовлађујућим природним екосистемима и без већих деградационих промена предеоног лика“ („Службени гласник РС“, бр. 88/2010). Примери паркова природе у Србији су: Стара планина, Голија, Вршачке планине, Палић, Сићевачка клисура, итд.

Предео изузетних одлика је „релативно мање подручје живописних пејзажних обележја, ненарушених примарних вредности предеоног лика, са облицима традиционалног начина живота и културних добара, а такође и заштићена околина непокретних културних добара“ („Службени гласник РС“, бр. 88/2010). Предела изузетних одлика у Србији су: Овчарско-кабларска клисура, Долина Пчиње, Мируша, Клисура реке Градац, итд.

Резерват природе је „изворни или незнатно измењени део природе особитог састава и одлика биљних и животињских заједница, као делова екосистема, намењених првенствено очувању генетског фонда“ („Службени гласник РС“, бр. 88/2010). Дели се на две категорије: општи и специјални резерват природе.

- *Општи резерват природе* има намену одржавања генетских извора и екосистема у динамичном и еволутивном стању и примери у Србији су: Делиблатска пешчара, Острозуб, Ртањ, Руговска клисура, итд.
- *Специјални резерват природе* представља „предео у коме је посебно изражена једна или више природних вредности које треба штитити, односно природних појава које треба пратити и усмеравати“. Примери у Србији су: Ковиљско-петроварадински рит, Обедска бара, Стари Бегеј-Царска бара, клисура реке Увац, клисура реке Трешњице, итд.

Споменик природе представља „природни објекат репрезентативних ботаничких, геоморфолошких, геолошких, хидрографских и других обележја, као и људским радом формирана ботаничка вредност (ботаничке баште, појединачна стабла, дрвореди, арборетуми и сл.) уколико она има посебан значај“ („Службени гласник РС“, бр. 88/2010). У споменике природе спадају: Ботаничка башта "Јевремовац", Бањичка шума, Дунавски парк, Каменички парк, Футошки парк, итд., као и појединачна стабла: стабло копривића у центру Новог Сада, амерички платан у Футогу, јаворолисни платан у Топчидеру, итд.

Заштићено станиште обухвата „једно или више типова природних станишта значајних за очување популација биљних и животињских врста и њихових станишта“ („Службени гласник РС“, бр. 95/2018) и примери су: Велико Блато, Мали вршачки рит, итд.

4.5. Екосистемске услуге

Екосистемске услуге (*ecosystem services*) се односе на све користи које екосистеми обезбеђују друштву и животној средини. Групишу се у четири основне категорије: услуге обезбеђивања добара (*provisioning services*), услуге регулације (*regulating services*), услуге подршке (*supporting services*) и културолошке услуге (*cultural services*). Ова подела извршена је на основу документа из 2003. године „Миленијумска оцена екосистема – екосистеми и људска добробит“ (Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

Услуге обезбеђивања добара се односе на сва добра која настају као резултат природних процеса у екосистемима. Примери екосистемских добара су биљке које се користе у исхрани, биљке које се користе у фармацеутској индустрији, свежа вода, плодно земљиште, биомаса која може да се користи у различитим гранама индустрије и сл. Наведена екосистемска добра наглашавају колики је значај правилног одређивања стратегије управљања и коришћења екосистема.

Услуге регулације се, најшире посматрано, односе на све екосистемске процесе који утичу на живу и неживу компоненту екосистема. Примери су контрола ерозионих процеса, пречишћавање ваздуха, регулација температуре и ублажавање температурних екстрема, успостављање стабилног система водених токова и превенција поплава, смањење буке, обезбеђивање природних процеса као што су опрашивање и разношење семена биљних врста и сл. Успешност услуга регулације зависи од стања екосистема односно његове виталности. Деградирани екосистеми пружају услуге регулације у много скромнијем обиму у односу на екосистеме у коме су сви елементи и процеси очувани.

Услуге подршке представљају ослонац за правилно успостављање система регулаторних услуга. Другим речима, услуге подршке чине да услуге регулације постоје и трају. Примери екосистемских услуга подршке су формирање земљишног покривача, кружење материје, биодиверзитет (генетички, специјски и екосистемски), успостављање вегетационог покривача и сл. У неким документима, услуге подршке се подводе под услуге регулације, али међу њима постоји разлика која је наведена у основном документу који је увео описане термине и препорука је да се одвојено и посматрају.

Културолошке услуге се односе на сва нематеријална добра која екосистеми обезбеђују. Примери екосистемских културолошких услуга су: образовна (успознавање са биљним и животињским врстама, природним процесима у екосистемима и сл.), рекративна (обезбеђивање простора за спорт и рекреацију), туристичка (повезана са културно-историјском вредношћу простора, као и вредношћу природних елемената), психолошка, естетска и сл. У непосредној вези са културолошким услугама је могућност развијања тзв. „екотуризма“ који обезбеђује развој предела у складу са туристичким циљевима, али поштујући и начело очувања целовитости екосистемских елемената и процеса који их повезују.

Стање екосистема одређује његову способност да обезбеди све категорије претходно описаних екосистемских услуга. Људске активности, као што су прекомерно искоришћавање природних ресурса, загађење, промена карактера предела (нпр. природног предела у пољопривредни или изграђени предео) утичу

на стање екосистема и смањују његове способности у погледу обезбеђивања добара и услуга. Однос између екосистема и друштвеног система може се приказати помоћу тзв. „каскадног модела“ који је приказан на Слици 4.10.



Слика 4.10. Каскадни модел – екосистемске услуге

Извор: Arany и сар. (2018)

Каскадни модел може да се објасни на примеру обезбеђивања екосистемског добра – биомасе. Од стања екосистема зависи производна способност биљака, брзина раста, квалитет изданака итд. У складу са тим, екосистем може имати различити капацитет са аспекта обезбеђивања добара, тако су стање екосистема и његов капацитет да обезбеди одређену услугу везани за сам екосистем. Стање и капацитет екосистема се даље повезују са друштвеним системом и у наведеном примеру обезбеђивања биомасе, прво се разматра могућност тренутне употребе за потребе људи, а након тога се разматра дужи временски период, односно могућност коришћења у циљу остваривања трајније друштвене добити.

Осим што се екосистемским условима говори уопштено, важно је размотрити и екосистемске услуге које обезбеђује одређени локалитет, односно одређена просторна целина. Пример документа који се односи на анализу екосистемских услуга за одабрана подручја у Србији је „Екосистемске услуге у заштићеним крашким подручјима“ (Arany и сар., 2018).

5. Картирање у екологији предела

Картирање има прворазредни значај у управљању пределима. У екологији предела, карте се користе за анализу постојећег стања, дефинисање предлога мера заштите или спровођења других управљачких поступака, као и за праћење стања и насталих промена у пределу. Помоћу различитих карти могу да се прикажу: границе заштићеног подручја, карте зонирања области под различитим режимима заштите или зонирање начина коришћења земљишта у одређеној области, хоролошке карте – односно карте ареала различитих биљних врста, карте са приказом популација биљних врста на одређеном станишту, карте заштићених елемената флоре и слично. Карте се могу креирати у различитим размерама и у том смислу разликујемо картирање на нивоу мапе света, картирање већих просторних целина – нпр. континената, карте које се креирају на нивоу једне државе или неке њене области и на крају карте које приказују ужи просторни контекст, нпр. мањи део градске или природне зоне.

За потребе картирања могу се користити различити компјутерски програми, али најзначајније место у предеоној екологији имају програм R и ГИС алати. У овом поглављу биће приказано картирање у програмском језику R на различитим практичним примерима у области екологије предела. Ово поглавље чини целину са практикумом аутора Лакићевић (2018). У практикуму су дате тачне команде за решавање одређених задатака у вези са картирањем, док се ово поглавље бави анализом могућности и препорукама за даљу примену програма R. Приликом картирања као улазни подаци се користе географске координате (географска ширина и географска дужина), које се могу прикупити приликом теренског рада, из литературе или коришћењем других карата, као и применом одговарајућих R пакета. Очитавање координата приликом теренског рада може се вршити коришћењем GPS уређаја. Подаци из литературе се могу унети у R окружење ако су дати прецизни подаци о локалитетима (координате, назив и сл.). Приликом картирања се могу користити и већ урађене карте које могу бити у штампаном или дигиталном облику. Дигитални облик је погоднији за обраду у програму R, али је важно да се штампане (аналогне) карте могу дигитализовати и даље мењати у R програму. Поред тога, програм R има преко 11.000 различитих пакета, развијених за различите намене, а међу њима и пакете који су нарочито значајни за област екологије предела – више од 450 (Lortie и сар., 2020). Примери R пакета који су у примени у предеоној екологији су: „rgbif“, „rredlist“, „vegan“, „ecospat“, „sp“, „tmap“, „ggmap“, „leaflet“, „ggplot2“. Сви они се упоредо могу користити са пакетима развијеним за статистичку и нумеричку анализу. Могућност повезивања различитих пакета је једна од основних снага програма R, као и разлог његове распрострањене примене у савременим анализама у екологији предела (Lakićević и сар., 2020).

У овом поглављу биће приказане хоролошке карте, различите тематске карте (са приказом националних паркова и сл.), карте заштићених подручја, картирање елемената флоре – појединачних примерака дрвећа и жбуња и сл. Осим тога, поглавље нуди и препоруке примене одговарајућих R пакета за картирање, у складу са типом мапе која се креира као и у вештинама односно степену познавања рада у R програму.

5.1. Хоролошке карте

Као први примери за картирање биће приказане карте ареала раличитих врста на глобалном нивоу. Улазни подаци за добијање тачних локација преузети из пакета „rgbif“ (Chamberlain и сар., 2022). Пакет „rgbif“ (*Interface to the Global Biodiversity Information Facility API*) садржи податке о географском распрострањењу биљних врста, као и допунске информације о типу станишта, надморској висини и сл.

Најпре је приказана карта распрострањења врсте *Betula pendula* Roth. Из основне базе пакета која приказује 273 различите карактеристике (таксономска припадност, подаци о локацијама и сл.) извојени су основни подаци потребни за картирање (Слика 5.1). Приликом картирања неопходно је извојити координате, али се осим тога могу додати и друге карактеристике. У примеру датом на Слици 5.1, осим латинског назива и координата извојена је и надморска висина сваког локалитета.

```
> locs.kraj
# A tibble: 8,565 x 4
  scientificName      decimalLongitude decimalLatitude elevation
  <chr>              <dbl>             <dbl>         <dbl>
1 Betula pendula Roth      10.7              59.4           NA
2 Betula pendula Roth       9.09             60.6           NA
3 Betula pendula Roth       9.57             56.1           NA
4 Betula pendula Roth      11.1              59.2           NA
5 Betula pendula Roth      10.7              59.5           NA
6 Betula pendula Roth      11.1              59.2           NA
7 Betula pendula Roth      10.7              59.4           NA
8 Betula pendula Roth      11.1              59.2           NA
9 Betula pendula Roth      10.3              48.9           NA
10 Betula pendula Roth      10.3              48.9           NA
# ... with 8,555 more rows
```

Слика 5.1. Распрострањење врсте *Betula pendula* Roth
Извор: пакет *rgbif*, обрадио аутор

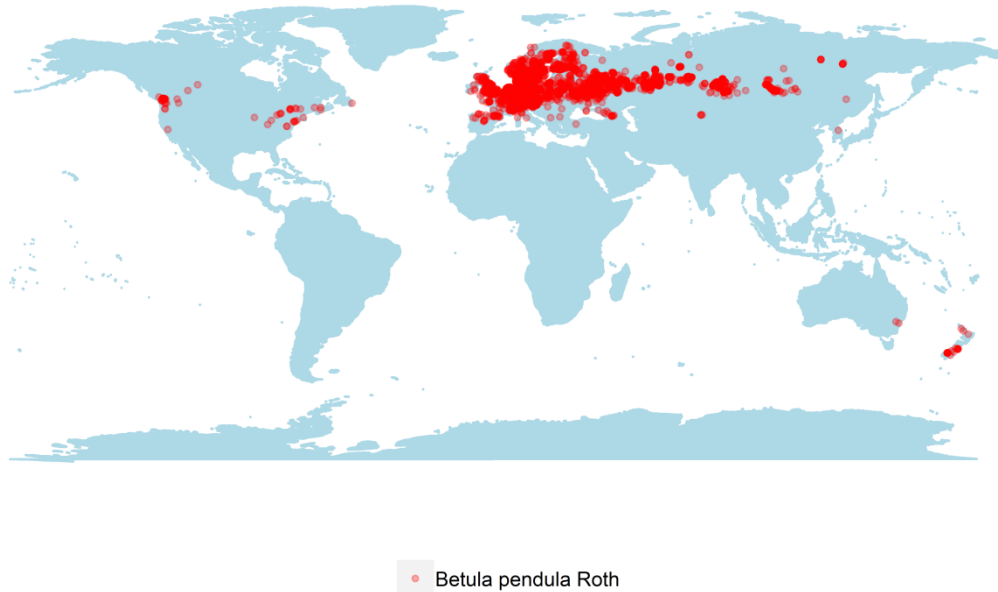
Подаци преузети из пакета „rgbif“ који се односе на распрострањење одабране врсте треба да буду повезени са картом света. Карта света, креирана у програму R, је приказана на Слици 5.2.



Слика 5.2. Карта света у R програму
Извор: пакет *ggplot2*, обрадио аутор

Додавањем координата (Слика 5.1) на карту света (Слика 5.2) добија се хоролошка карта, односно карта географског опсега врсте *Betula pendula* Roth. Коначни приказ је дат на Слици 5.3.

Хоролошка карта



Слика 5.3. Хоролошка карта врсте *Betula pendula* Roth
Извор: аутор

На основу приказа на Слици 5.3 закључује се да анализирана врста има компактан ареал и да је претежно присутна у Европи и делу Азије, са енклавама у Северној Америци, Аустралији и Новом Зеланду. На основу података о надморској висини на којој је ова врста распрострањена могу се израчунати параметри дескриптивне статистике (Табела 10).

Табела 10. Надморска висина распрострањења врсте *Betula pendula* Roth

Параметар	Вредност [m]
Минимум	275,0
Први квантил	444,2
Медијана	514,5
Аритметичка средина	534,0
Трећи квантил	601,5
Максимум	818,5

Извор: пакет *rgbif*, обрадио аутор

Приликом анализе података приказаних у Табели 10, нарочито је важно сагледати аритметичку средину и медијану. Тумачење добијених резултата је следеће: аритметичка средина приказује просечну надморску висину на којој је врста забележена (534 m), а медијана скуп регистрованих висина дели на два једнака дела, у смислу да је 50% примерака регистровано испод висине од 514,5 m, а 50% изнад ове висине. На сличан начин као у случају претходно анализане врсте, може се креирати и карта распрострањења за врсту из истог рода – *Betula occidentalis* Hook. (Слика 5.4).



Слика 5.4. Хоролошка карта врсте *Betula occidentalis* Hook
Извор: аутор

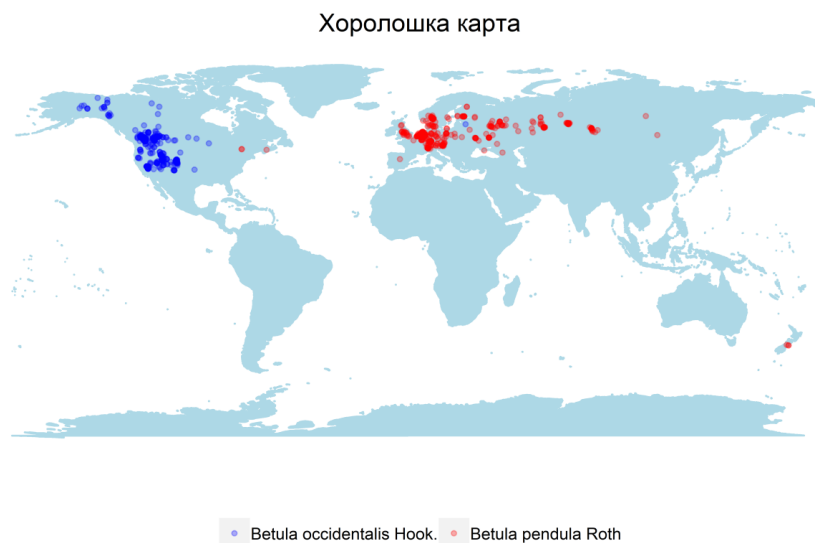
Осим картирања, могуће је израчунати основне статистичке параметре за надморску висину локалитета на којима је присутна (Табела 11).

Табела 11. Надморска висина распрострањења врсте *Betula occidentalis* Hook.

Параметар	Вредност [m]
Минимум	520,0
Први квартил	860,5
Медијана	1.616,0
Аритметичка средина	1.539,8
Трећи квартил	2.017,0
Максимум	2.780,0

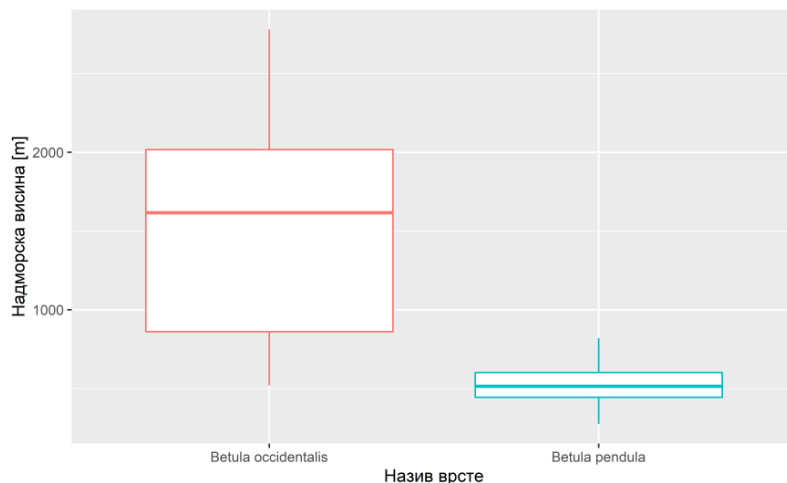
Извор: пакет *rgbif*, обрадио аутор

Повезивањем база података о локалитетима може се на приказати на истој карти распрострањење за обе врсте – *Betula pendula* Roth и *Betula occidentalis* Hook. (Слика 5.15).



Слика 5.5. Хоролошка карта врста *Betula pendula* Roth и *Betula occidentalis* Hook.
Извор: аутор

Хоролошка карта може да буде допуњена подацима о надморској висини станишта анализираних врста. Иако као приказ могу да се користе табеле (нпр. Табеле 10 и 11), корисно је да се резултати основне статистичке анализе прикажу графички. На Слици 5.6 приказан је такозвани „boxplot“ начин приказа који се често среће у литератури и представља један од основних типова приказа резултата анализе тзв. „дескриптивне“ статистике.



Слика 5.6. Надморска висина распрострањења врсте *B. pendula* и *B. occidentalis*
Извор: пакет *rgbif*, обрадио аутор

Применом „boxplot“ приказа могуће је сагледати редом следеће статистичке параметре: минимум, први квартил, медијану, трећи квартил, максимум и, у одређеним случајевима, вредности које одступају од уобичајених (*outlayers*). Вредности које одступају од уобичајених нису постојале у наведеном примеру, а у случају када постоје налазе се испод вредности минимума или изнад вредности максимума и обележавају тачком. Уколико се упореди надморска висина станишта обе врсте, закључује се да је *Betula pendula* присутна у ужем опсегу, односно да је осетљивија на промену – повећање надморске висине.

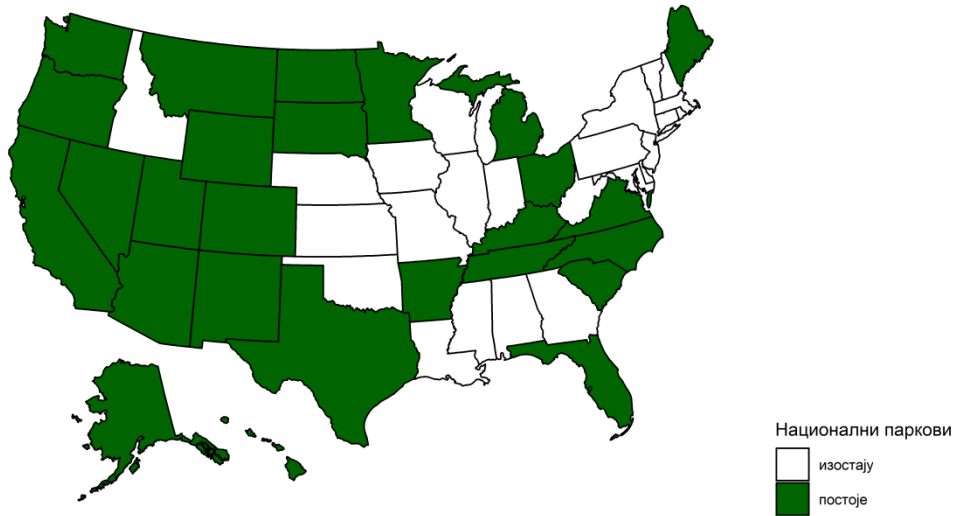
5.2. Картирање заштићених природних добара

У овом потпоглављу биће приказано картирање заштићених природних добара на различитим примерима. Прве приказане карте односе се на присуство и број националних паркова, а након тога су приказане карте са тачним локацијама националних паркова. Замисао је да се картирање прикаже од ширег просторног контекста ка ужем. На крају овог поглавља биће анализирана могућност коришћења различитих *R* пакета у поступцима картирања, као и предлог њихове примене у зависности од познавања рада у програму и изгледа карти које треба да се добију као резултат.

На Слици 5.7 приказано је присуство националних паркова у САД и то у контексту да ли у одређеној држави постоји бар један национални парк или не. Овакав начин приказа је погодан за почетак анализе, а касније се могу креирати и допунске карте са додатним информацијама.

За креирање карте коришћени су пакети „usmap“ и „ggplot2“. Пакет „ggplot2“ се често користи у области планирања предела.

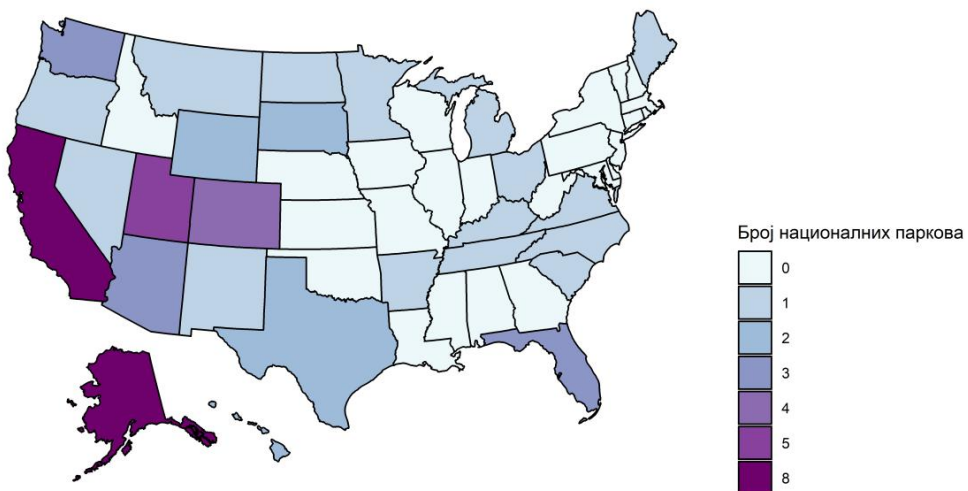
Национални паркови у САД



Слика 5.7. Национални паркови у САД
Извор: аутор

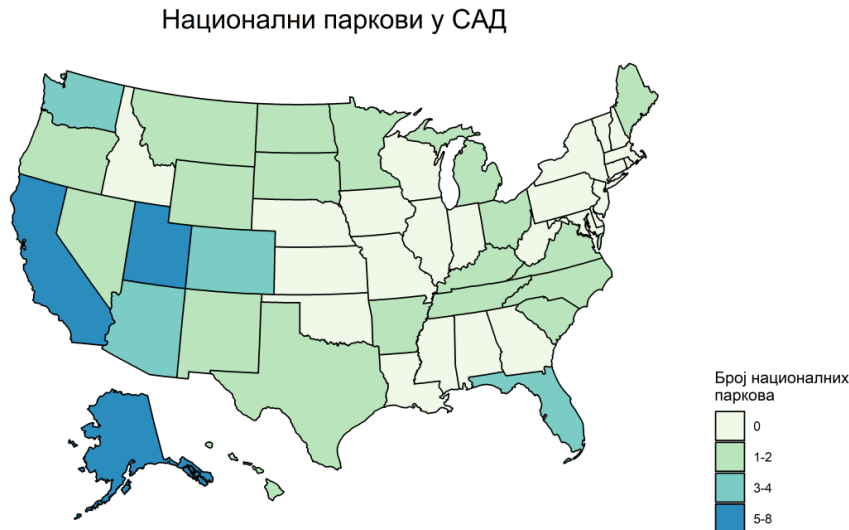
Након приказа присуства односно одсуства националних паркова у свакој држави могуће је приказати и њихов тачан број. Број националних паркова може да се упише у оквиру граница сваке државе, али је уобичајено да основна карта буде мање оптерећена бројевима и другим ознакама, тако да се уместо тога, обично основној карти додаје легенда – одговарајућа боја одговара одређеном броју националних паркова (Слика 5.8).

Национални паркови у САД



Слика 5.8. Национални паркови у САД
Извор: аутор

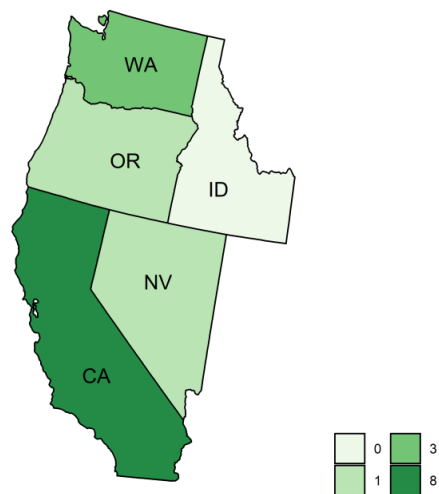
Осим основног приказа могуће је извршити груписање елемената у легенди и тако издвојити нпр. четири категорије: прва категорија издваја државе у којима нема националних паркова, друга издваја државе у којима је број националних паркова 1 или 2, трећа државе у којима је број националних паркова 3 или 4 и, на крају, у четвртој категорији су издвојене државе у којима је број националних паркова од 5 до 8 (Слика 5.9).



Слика 5.9. Национални паркови у САД
Извор: аутор

Уколико је потребно да се прикаже број националних паркова само на западној обали САД, на пример у државама Вашингтон, Орегон, Калифорнија, Ајдахо и Неваде, то се остварује применом команде „select“ и издвајањем ових држава из основне базе (Слика 5.10). Ради боље прегледности картама се могу додати и одговарајуће ознаке за сваку државу („WA“, „OR“, „CA“, „ID“ и „NV“).

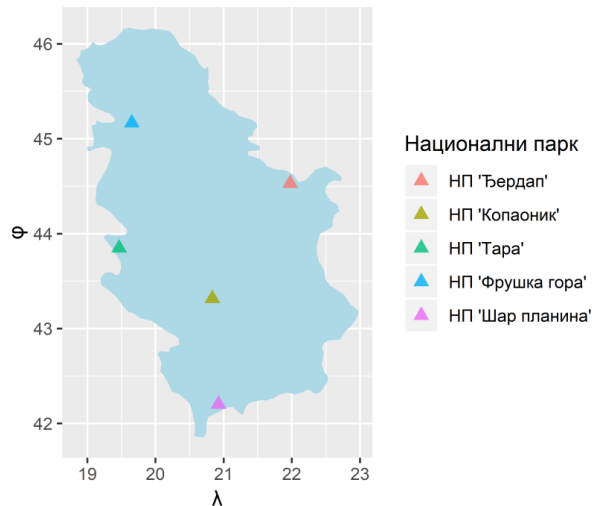
Национални паркови у САД - западна обала



Слика 5.10. Национални паркови у САД – западна обала
Извор: аутор

Карте које су приказане до сада, односе се на шири просторни контекст и приказ броја националних паркова. Осим тога, могу се картирати и тачне локације националних паркова и на Слици 5.11 је приказан просторни распоред националних паркова у Србији.

Национални паркови у Србији



Слика 5.11. Национални паркови у Србији
Извор: аутор

Осим приказа националних паркова на карти Србије, потребно је приказати и детаљније карте, на пример границе заштићених природних добара. Могућности креирања мапа у *R* окружењу су приказани у наредном поглављу

5.2.1. Креирање мапа помоћу *R* пакета

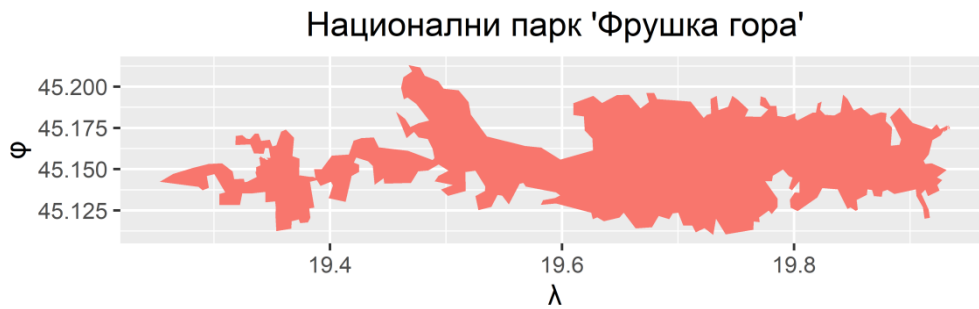
У даљем тексту биће креиране карте за Национални парк „Фрушка гора“ коришћењем различитих пакета у програму *R*. У даљем тексту биће приказана три пакета: „*leaflet*“, „*ggplot2*“ и „*ggmap*“. Најједноставнији пакет за коришћење је пакет „*leaflet*“, али и он захтева основно познавање рада у програму и у њему је најпре извршено картирање НП „Фрушка гора“.



Слика 5.12. НП „Фрушка гора“ – *leaflet* пакет
Извор: аутор

Добијена карта се може додатно увећати или умањити, тј. може јој се променити размера. То значи да су добијене карте интерактивне, а не статичке, што представља предност у односу на остале пакете. На карти се осим граница могу видети и топоними, односно називи места у непосредној околини националног парка.

Следећа карта је добијена применом пакета „ggplot2“. Овај пакет захтева детаљније познавање *R* програма и често се примењује у различитим поступцима картирања. Приказ Националног парка „Фрушка гора“ дат је на Слици 5.13.



Слика 5.13. НП „Фрушка гора“ – *ggplot2* пакет
Извор: аутор

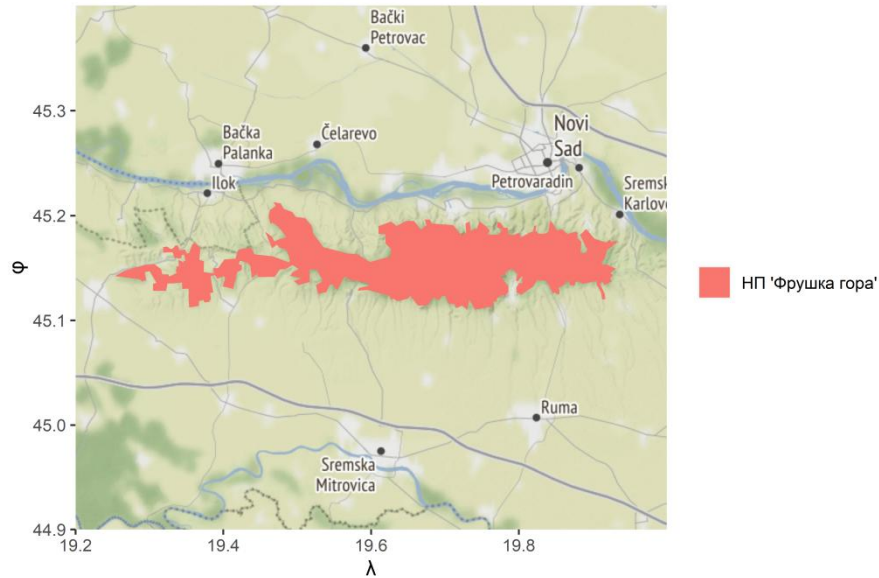
Карта приказана на Слици 5.13 се може тако да приказује само контуре, односно границе националног парка (Слика 5.14). Осим тога, могућа су и додатна подешавања у вези са бојом и дебљином линија, као и подешавања наслова, садржаја текста, величине слова и њиховог поравнања.



Слика 5.14. НП „Фрушка гора“ – *ggplot2* пакет
Извор: аутор

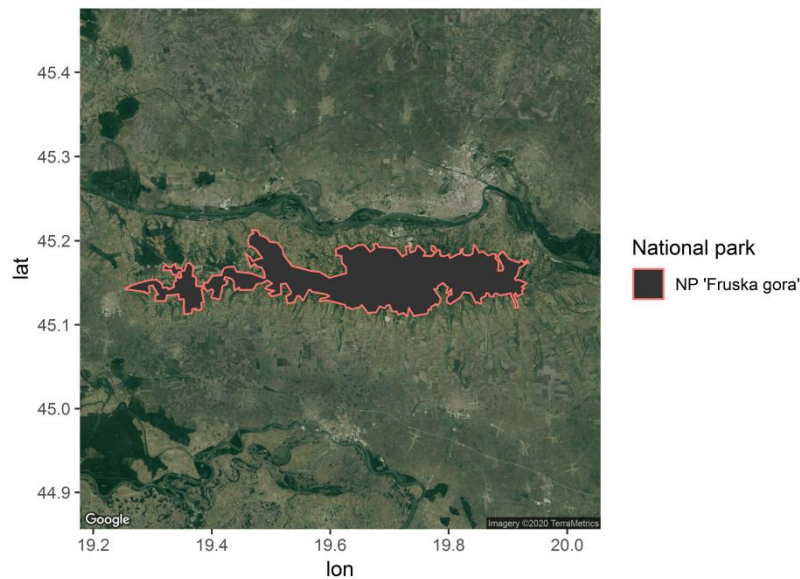
На приказаној карти границе националног парка су смештене у одговарајући оквир који приказује географску дужину и географску ширину, док нема других података који се односе на окружење. Добијена карта је статична, тј. не може јој се променити размера. Приказани пакет „ggplot2“ је користан када је потребно приказати мањи број елемената на карти, нпр. националне паркове на карти Србије (погледати Сliku 5.11).

Поред наведених приказа могуће је креирати карте коришћењем пакета „ggmap“. Основа за креирање ових карти су гугл мапе и могу се бирати различити основни прикази (Слика 5.15). Карте креиране у пакету „ggmap“ се најчешће срећу на постерима, у научним и стручним публикацијама.



Слика 5.15. НП „Фрушка гора“ – ggmap пакет
Извор: аутор

Уколико се одабаре сателитски приказ, карта НП „Фрушка гора“ креирана у пакету „ggmap“ изгледа као на Слици 5.16.



Слика 5.16. НП „Фрушка гора“ – ggmap пакет
Извор: Lakićević (2020)

Као поређење могућности различитих пакета могу се користити резултати истраживања у коме су учествовали студенти II године пејзажне архитектуре на Пољопривредном факултету Универзитета у Новом Саду током 2020. године, након одслушане наставе на предмету Животна средина и одрживи развој и упознавања са основама рада у програму R (Lakićević, 2021). Истраживање је укључило оцењивање сваког пакета у односу на пет карактеристика које су приказане у Табели 12. Резултати су приказани кратким описом за сваку анализирану карактеристику.

Табела 12. R пакети у картирању

Карактеристика	„leaflet“	„ggplot2“	„ggmap“
Познавање рада у програму R	почетни ниво	средњи ниво	напредни ниво
Време потребно за креирање карти	кратко	средње	средње
Прилагођеност команди кориснику	одлична	добра	добра
Могућност подешавања карти	одлична	добра	врло добра
Визуелни квалитет карти	добар	врло добар	одличан

Извор: Lakićević (2020)

Тумачењем података у Табели 12 закључује се да је пакет „leaflet“ најпогоднији за нове кориснике и да је оцењен и као најбољи са аспекта прилагођености кориснику и времену потребном за израду карти. Ипак, пакети „ggplot2“ и „ggmap“ дају карте које имају већи визуелни квалитет. Начелно, препорука је да се „leaflet“ пакет користи у почетку учења програма, а да се након тога користе „ggplot2“ и „ggmap“ као напреднији пакети. Пакет „ggmap“ омогућава добијање карти навишег визуелног квалитета и као основа се могу користити сателитски, хибридни прикази, прикази са основом терена и сл. Пакет „ggplot2“ може бити корисна замена за претходни пакет у случајевима када је потребно приказати карте у координатној мрежи, изостављајући приказ оближњих топонима, околног рељефа и сл. Једини интерактивни пакет је „leaflet“ јер омогућава промену размере, док пакети „ggplot2“ и „ggmap“ дају тзв. статичне мапе којима се на почетку одређена размера не може мењати.

5.3. Картирање станишта ретких и угрожених врста

У овом потпоглављу биће приказане карте креиране у програму R које приказују локалитете на којима се налазе две ендемичне врсте у Србији – *Ramonda serbica* Panč. и *Ramonda nathaliae* Panč. et Petrov. Картирање је неопходно како би се спровеле одговарајуће мере заштите, као и праћење стања (нпр. величине популација, виталности примерака и сл.). Осим тога, упознавање са станишним условима на којима биљка успева је важно приликом спровођења мера *ex situ* заштите. Наиме, успешност *ex situ* заштите, односно очувања, размножавања и гајења биљака изван њихових природних станишта зависи од степена симулирања услова које постоје на природном станишту врсте у периоду када је она имала своју максималну бројност и виталност. У лабораторијским условима је потребно контролисати услове на начин да опонашају еколошке чиниоце који су за дату биљку оптимални. У тим условима се може очекивати да ће поступак *ex situ* заштите бити успешан и да ће се, као резултат, извршити и реинтродукција односно враћање врста на њихова природна станишта. На тај начин ће бити једино постигнут основни циљ *ex situ* заштите, а то је враћање врста на станишта са којих су ишчезле или на којима им је опстанак био угрожен. Како би се пратило стање ужожености врста, као и успешности њихове реинтродукције неопходно је креирати већи број карти и мапа.

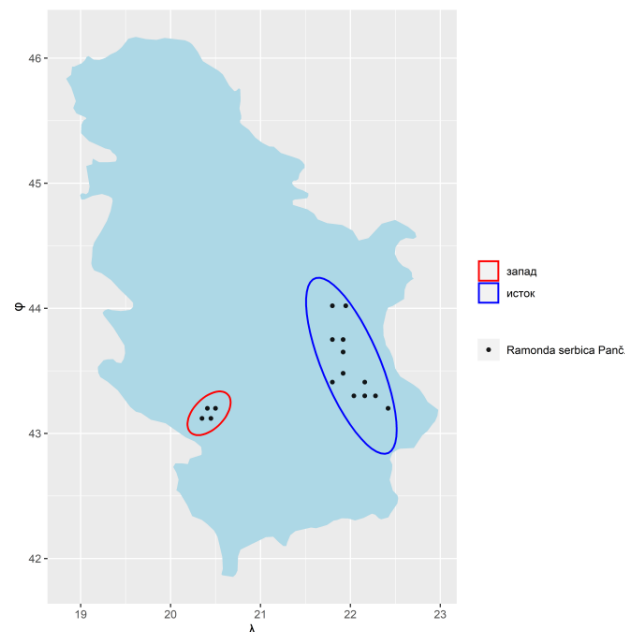
Приликом мониторинга, односно континуираног праћења стања могу се пратити бројни параметри везани за популације биљака и појединачне индивидуе. Због тога је препорука да се користе савремени програми, као што је R, јер омогућавају лако поређење, које се најчешће остварује преклапањем карата.

Пример картирања ендемичних врста у програму R објашњен је на примеру врсте *Ramonda serbica* Panč. На основу литературних извора (Rakić и сар., 2014), извојени су локалитети на којима ова врста постоји на територији Србије. За разлику од хоролошких карата код којих су географске координате преузмане из одговарајућег R пакета („rgbif“), овде су подаци о географској ширини и дужини преузети из литературе и уведени у R окружење, како би могли даље да се користе. Основна карта приказана је на Слици 5.17.



Слика 5.17. Карта распрострањења *Ramonda serbica* Panč.
Извор: аутор

Осим основног приказа, означених локација на територији Србије, корисно је обавити и додатне анализе и извршити одговарајуће картирање. На овом примеру, коришћењем функције „cluster“ извојене су две зоне распрострањења врсте *Ramonda serbica* Panč., у источном и западном делу Србије (Слика 5.18).



Слика 5.18. Карта распрострањења *Ramonda serbica* Panč.
Извор: аутор

Овај начин приказа омогућава сагледавање густине и граница распрострањања дате врсте у Србији. Пошто су извојене две целине, источна и западна, увек се води рачуна о зони на којој је присутан мањи број локалитета. У датом примеру, то је западни део Србије, тако да је у овој зони врсти *Ramonda serbica* Рапч. посебно отежан опстанак. На сличан начин картирано је и распрострањење врсте *Ramonda nathaliae* Рапч et Petrov. (Слика 5.19).



Слика 5.19. Карта распрострањења *Ramonda nathaliae* Рапч. et Petrov.

Извор: аутор

Као и у претходном примеру, у програму је могуће одредити границе распрострањења анализираних врста (Слика 5.20). У овом случају, извојена је само једна зона која се налази у југозападном делу Србије и уоквирена је правоугаоником.



Слика 5.20. Карта распрострањења *Ramonda nathaliae* Рапч. et Petrov.

Извор: аутор

Осим сагледавања распрострањења за обе врсте појединачно, корисно је добијене карте преклопити и на основу тога закључити да су на неким локалитетима обе врсте присутне истовремено. У циљу лакшег сагледавања заједничких локалитета, они се могу означити посебном бојом (Слика 5.21). Као што се може видети у легенди, извојене су три категорије локалитета: локалитети на којима присутна само врста *Ramonda serbica* Панч., локалитети на којима је присутна само *Ramonda nathaliae* Панч. et Petrov. и на крају локалитети на којима су присутне обе врсте истовремено.

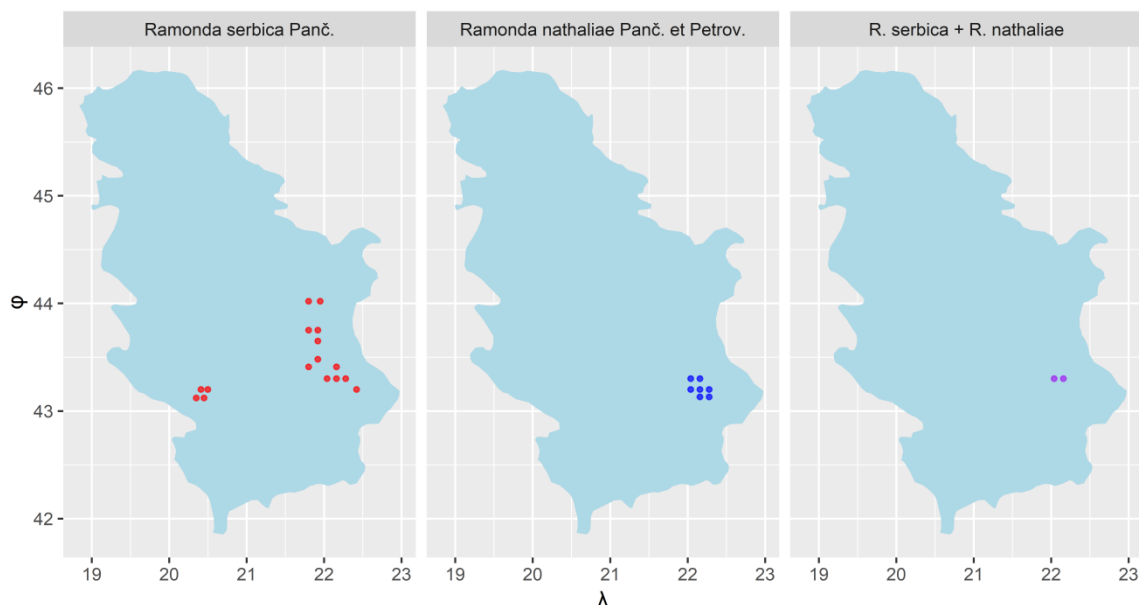


Слика 5.21. Карта распрострањења *R. serbica* Панч. и *R. nathaliae* Панч. et Petrov.

Извор: аутор

Поред наведеног приказа, могуће је креирати и другачије карте. Програм *R* нуди могућност креирања више прозора који приказују распрострањење за сваку врсту појединачно, као и локалитете где су присутне обе врсте. Креирање овог начина приказа у програму *R* могуће је корисћуњем команде „facet“. Ова команда је нарочито корисна када је потребно да се изврши неко поређење и врло успешно замењује табеле, јер даје приказ који је прегледнији и читљивији. Помоћу команде „facet“ могу да се прикажу резултати и нумеричких и просторних анализа. Пример примене ове команде у нумеричкој анализи је нпр. приказ односа голосеменица и скривеносеменица или таксономске структуре у различитим фитоценозама и слично.

Слика 5.22 приказује пример коришћења наведене команде у просторној анализи, односно у картирању и може бити посебно корисна када постоји већи број локалитета које треба приказати појединачно и груписано на било који начин. У овом случају груписање, односно трећи прозор на Слици 5.22 добијен је преклапањем карата које су приказане у првом и другом прозору. Програм *R* дозвољава могућност великог броја избора различитих облика, боја, провидности и других подешавања графичких приказа.

Слика 5.22. Карта распрострањења *R. serbica* Panč. и *R. nathaliae* Panč. et Petrov.

Извор: аутор

Слично приказу датом Сликаом 5.22, у програму R се могу креирати различите карте и посебно су корисне карте које се добијају поступком преклапања других карти, јер је тај метод чест поступак у анализи и планирању предела.

5.4. Картирање заштићених примерака дендрофлоре

У овом поглављу биће приказано картирање заштићених примерака дендрофлоре на примеру заштићених стабала (споменици природе ботаничког карактера) у Сремским Карловцима. Улазни подаци су: назив врсте, географска ширина, географска дужина, површина и тип стабла (лишћар или четинар). Најпре је креирана одговарајућа база података у R окружењу (Слика 5.23).

```

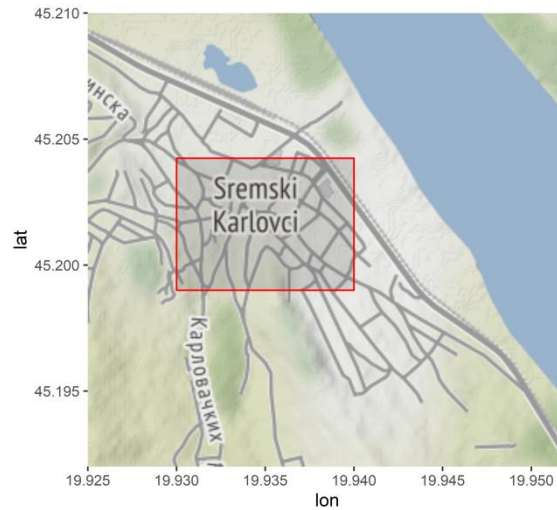
      Vrsta      lat      lon Povrsina      tip
1      Aesculus hippocastanum L. 45.19914 19.94025      7.5 лишћар
2              Morus nigra L. 45.19667 19.94696      2.3 лишћар
3      Platanus x acerifolia (Aiton) willd. 45.20214 19.93598      16.2 лишћар
4      Pterocarya fraxinifolia (Poiret) Spach 45.20424 19.93176      3.5 лишћар
5              Taxus baccata L. (a, b) 45.20222 19.93369      7.8 четинар
6              Taxus baccata L. (c) 45.20361 19.93433      5.7 четинар
> o|

```

Слика 5.23. Заштићени примерци дендрофлоре у Сремским Карловцима

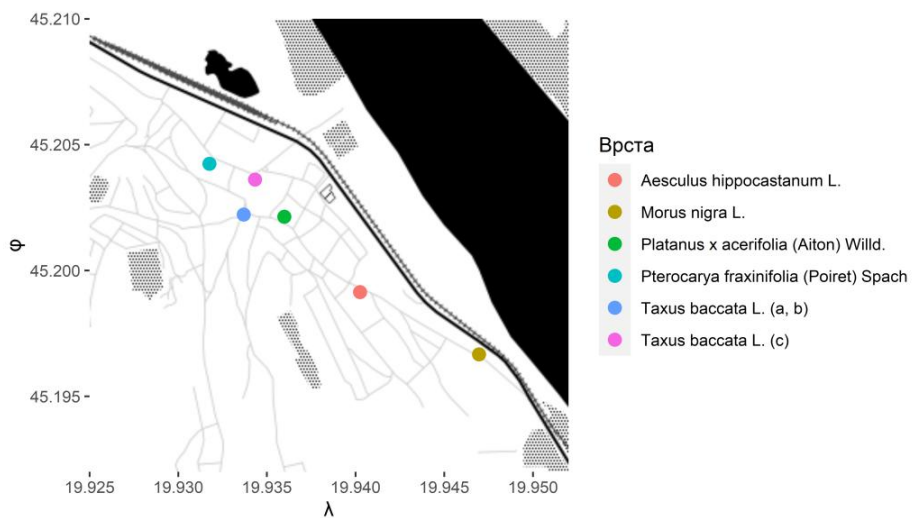
Извор: аутор

Сви приказани подаци су преузети из одговарајућег документационог материјала Покрајинског завода за заштиту природе у Новом Саду. Прва карта приказује зону у којој се налазе заштићена стабла и основна замисао је да се прикаже просторни контекст – распоред стабала у односу на реку Дунав, као репер.



Слика 5.24. Заштићени примерци дендрофлоре у Сремским Карловцима – просторни контекст
Извор: аутор

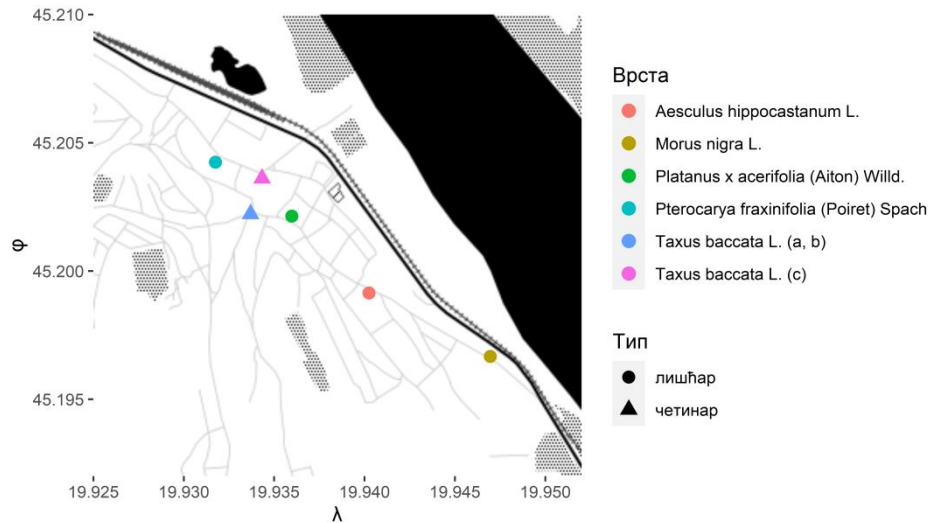
Након приказа просторног контекста, потребно је креирати карту са називом заштићених врста. Нова карта је креирана коришћењем „toner-background“ подлоге (Слика 5.25).



Слика 5.25. Заштићени примерци дендрофлоре у Сремским Карловцима
Извор: аутор

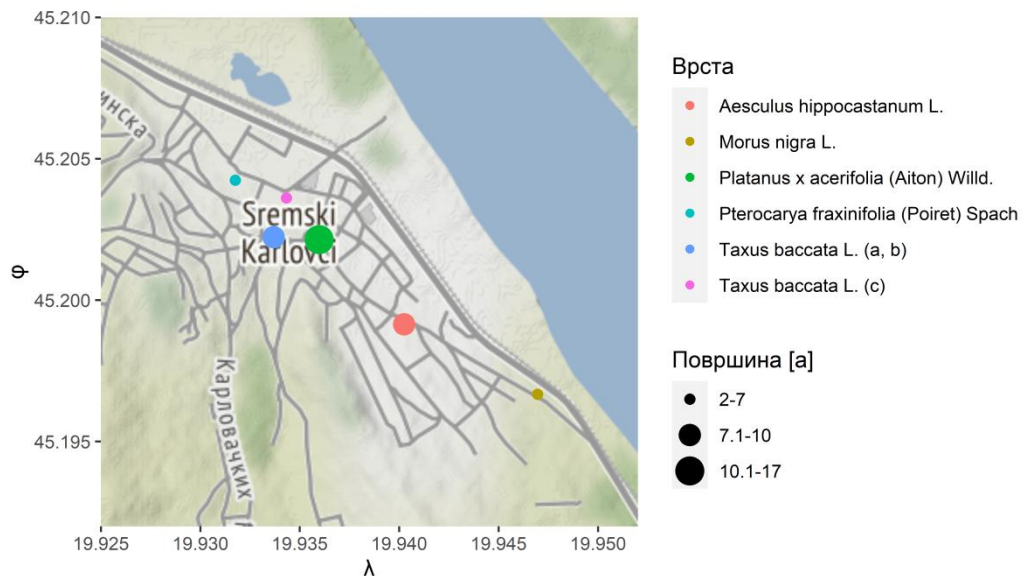
На приказаној карти свака врста је означена посебном бојом и то је прихватљиво када се картира мањи број врста. Међутим, када се картира већи број врста и других елемената (више од 10), препорука је да се уместо боја користе бројеви или евентуално симболи (слова и друге ознаке).

Карта приказана на Сlici 5.25 је основна, али се даље може мењати додавањем других података из улазне табеле. На пример, осим назива врста може се приказати и тип (да ли је у питању лишћарско или четинарско стабло). Ова одредница се може увести на карту коришћењем одговарајућих симбола (Слика 5.26).



Слика 5.26. Заштићени примерци дендрофлоре у Сремским Карловцима
Извор: аутор

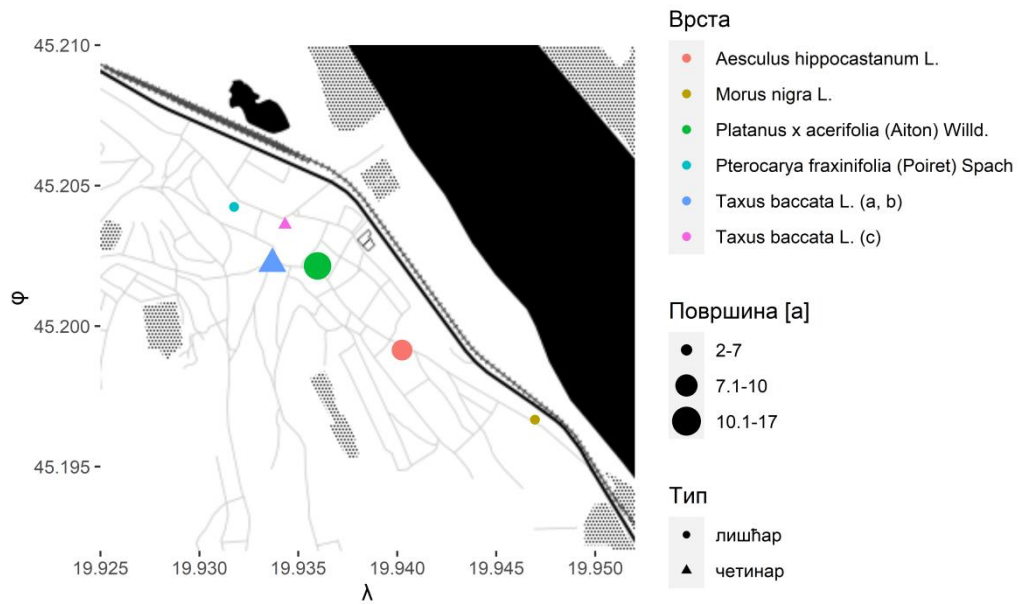
Иако се на основу назива врсте може закључити да ли је у питању лишћар или четинар овакво означавање је корисно јер чини карту прегледнијом. Поред приказа типа стабла, може се приказати и заштићена површина (Слика 5.27). Наиме, када се примерци дендрофлоре стављају под заштиту, они се не штите самостално, већ заједно са својим животним простором (стаништем). Површина која се штити најмање обухвата пројекцију крошње стабла, а по потреби може да се стави под заштиту и шира зона.



Слика 5.27. Заштићени примерци дендрофлоре у Сремским Карловцима
Извор: аутор

На Слици 5.27 површина под заштитом је приказана сврставањем вредности у три категорије и у складу са тим је одређена величина симбола.

На крају се може креирати карта (Слика 5.28) која приказује назив врсте, тип стабла и површину под заштитом на истој карти (боја одређује о којој је врсти реч, облик симбола који је тип стабла у питању, а величина симбола одговара величини заштићене површине).



Слика 5.28. Заштићени примерци дендрофлоре у Сремским Карловцима
Извор: аутор

6. Нумеричка анализа у екологији предела

У овом поглављу биће приказане анализе које је су уобичајене приликом управљања градским и природним пределима. Анализе које су уобичајене приликом разматрања стања зелених површина у градовима обухватају праћење односа голосеменица и скривеносеменица, односа аутохтоних и алохтоних биљака, таксономске структуре, праћење присуства и ширења инвазивних врста, анализу стања и заштите ретких и угрожених врста и сл. У овом поглављу наведене анализе биће дате на примеру паркова у Новом Саду. Приказани примери могу се користити као образац за будуће анализе зеленила у градовима. Осим анализа везаних за област урбане екологије биће приказане и основне анализе у екологији предела, посебно област метрике предела.

6.1. Биолошки спектар флоре

Биолошки спектар флоре представља процентуално учешће појединих животних форми биљака у укупној флори одређеног подручја. **Животна форма** биљке је скуп њених морфолошких, анатомских, физиолошких и фенолошких карактеристика и представља еколошку категорију која није условљена систематском припадношћу и сродношћу биљних врста. У складу са односом између животних форми и прилагођавања биљака станишним условима посебно се извајају две појаве – еколошка конвергенција и адаптивна радијација.

Еколошка конвергенција је појава када слични услови спољашне средине доводе до стварања сличне животне форме код филогенетски удаљених биљака. Ова појава је последица прилагођавања (адаптације) на станишне услове. Типичан пример еколошке конвергенције су водене (акватичне) биљке, које припадају различитим родовима, фамилијама и сл., али имају исту животну форму – припадају хидрофитима (Слика 6.1).



Слика 6.1. Акватичне биљке – пример еколошке конвергенције
Извор: The New International Encyclopedia (1914)

Супротно томе, постоји појава **адаптивне радијације** која подразумева да филогенетски блиске врсте имају различиту животну форму. Развој различитих животних форми је успостављен као последица прилагођавања различитим

станишним условима. Пример адаптивне радијације може да се објасни на примеру врста из фамилије Fabaceae (Табела 13).

Табела 13. Систематска припадност врста – пример адаптивне радијације

Царство:	Plantae	Plantae
Раздео:	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Разред:	Magnoliopsida	Magnoliopsida
Ред:	Fabales	Fabales
Фамилија:	Fabaceae	Fabaceae
Род:	<i>Trifolium</i>	<i>Lotus</i>
Врста:	<i>Trifolium arvense</i> L.	<i>Lotus corniculatus</i> L.
Животна форма:	терофита	хемикриптофита

Извор: аутор

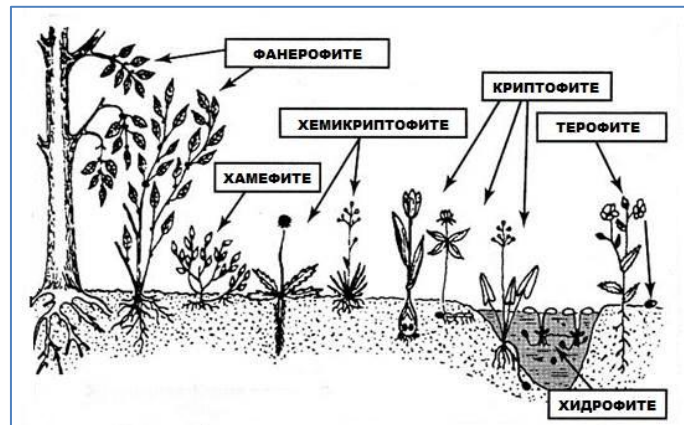
Врсте *Trifolium arvense* и *Lotus corniculatus* припадају истој фамилији, али имају различите животне форме, прва врста припада терофитама, а друга хемикриптовитама. Детаљнији опис животних форми и поступак прорачуна биолошког спектра флоре биће објашњени у наредним поглављима.

6.1.1. Животне форме биљака

Животне (еколошке) форме биљака се, према подели коју је предложио Раункијер, сврставају у пет основних категорија:

1. фанерофите (P);
2. хамефите (Ch);
3. хемикриптофите (H);
4. криптофите (K) – геофите (G) и хидрофите (Hud) и
5. терофите (T)

Криптофите се даље деле у две подкатегије: геофите (G) и хидрофите (Hud). Целокупна подела је извршена на основу морфолошких карактеристика, према типу и положају органа који преживљавају неповољне сезоне. Слика 6.2 приказује категорије животних форми биљака.



Слика 6.2. Категорије животних форми биљака
Извор: Лакићевић (2018)

1. Фанерофите (P) су животна форма биљака са вишегодишњим, трајним надземним изданцима и гранама са пупољцима удаљеним најмање 25 cm од површине тла. Овој категорији припадају дрвенасте и многе жбунасте форме. Примери фанерофита су: *Betula pendula*, *Fagus sylvatica*, *Quercus cerris*, *Populus alba*, *Prunus laurocerasus*, итд.

Категорија фанерофита се према висини даље дели на: макрофанерофите, мезофанерофите, микрофанерофите (високо, средње и ниско дрвеће) и нанофанерофите (жбуње).

2. Хамефите (Ch) су животна форма биљака код којих се пупољци налазе изнад површине тла, на висини до 25 cm. Њихови пупољци су боље заштићени од пупољака фанерофита јер се највећи број биљака које из ове категорије налази у арктичкој и алпској вегетацији. Примери хамефита су врсте из родова *Vaccinium*, *Calluna*, *Sedum*, *Thymus*, итд. Категорија хамефита се на основу типа изданака дели на: одрвенеле (Ch frut), полуодрвенеле патуљасте жбунове (Ch suffrut) и зељасте хамефите (Ch herb), итд.

3. Хемикриптофите (H) представљају животну форму биљака код којих надземни делови преко зиме изумиру, али пупољци остају на површини тла, на подземним стаблима или кореновима. Највећи број биљака умерене зоне припада хемикриптофитама. Примери хемикриптофита су: *Ranonda nathaliae*, *Epilobium montanum*, *Achillea millefolium*, као и већина врста из фамилије Роасеае.

4. Критофите (K) представљају животну форму биљака код којих надземни делови преко зиме изумиру, а пупољци остају на подземним органима и у складу са типом подлоге разликују се: геофите (G) и хидрофите (Hud). Код геофита подземни органи се налазе испод земље и биљке презимљавају помоћу луковица, ризома, стаблових и коренских кртола. Примери геофита су врсте из родова: *Allium*, *Galanthus*, *Iris*, *Cyclamen*, *Crocus*, итд. Код хидрофита подземни органи се налазе у води и примери хидрофита су врсте из родова: *Typha*, *Nuphar*, *Sparganium*, итд.

5. Терофите (T) су животна форма које обухвата једногодишње зељасте биљке које неповољне услове преживљавају у облику семена. Примери терофита су: *Trifolium campestre*, *Solanum hispidum*, *Campanula patula*, *Consolida orientalis*, итд.

Биолошки спектар флоре варира у зависности од климатске зоне и у Табели 14 је приказано процентуално учешће основних животних форми биљака у умереном, медитеранском и планинском појасу.

Табела 14. Биолошки спектар животних форми у вегетацији различитих климатских зона

Биолошки спектар флоре [%]			
Животна форма	Умерени појас	Медитерански појас	Планински појас
P	7	12	0
Ch	3	6	25
H	50	29	67
G	22	11	4
T	18	42	4

Извор: Ранђеловић (2017)

На основу вредности из Табеле 1 може се закључити да у умереном појасу доминирају хемикриптофите (50%), док су хамефите најмање заступљене (3%). У медитеранском појасу преовлађују терофите (42%), а високу заступљеност имају и хемикриптофите (29%). У планинском појасу највећи удео чине хемикриптофите (67%), а након њих хамефите (29%). У овом појасу је често да не постоје фанерофите или да су заступљене са малим уделом због неповољнијих климатских услова.

Наведени подаци представљају просечне вредности за одређену климатску зону, а биолошки спектар се одређује за сваки локалитет посебно.

6.1.2. Пример прорачуна биолошког спектра флоре

У даљем тексту биће објашњен пример прорачуна биолошког спектра флоре, као и тумачење добијених резултата. Улазни подаци за анализу биолошког спектра флоре су називи врста и животна форма којој свака врста припада. За прорачун се не користе подаци о броју примерака сваке присутне врсте. Пример улазних података дат је на Слици 6.3 и ови подаци су преузети из истраживања заједнице *Populum tremuli-Betuletum pendulae* (Glisic 1950) на локалитету Власина.

```
# A tibble: 53 × 2
  Vrsta                `Zivotna forma`
  <chr>                <chr>
1 Agrostis canina      H
2 Anemone nemorosa     G
3 Antennaria dioica    H
4 Anthoxanthum odoratum H
5 Arhenatherium elatius H
6 Asperula cynanchica  H
7 Betula pendula       P
8 Bryza media          H
9 Campanula patula     T
10 Campanula sparsa    T
# ... with 43 more rows
```

Слика 6.3. Улазни подаци за прорачун биолошког спектра флоре
Извор: аутор

Према подацима са слике закључује се да база података садржи називе 53 врсте и ознаке животних форми којима оне припадају. Ознаке животних форми су: "H", "G", "P", "T" и "Ch", тако да се закључује да су присутне следеће животне форме: хемикриптофите, геофите, фанерофите, терофите и хамефите.

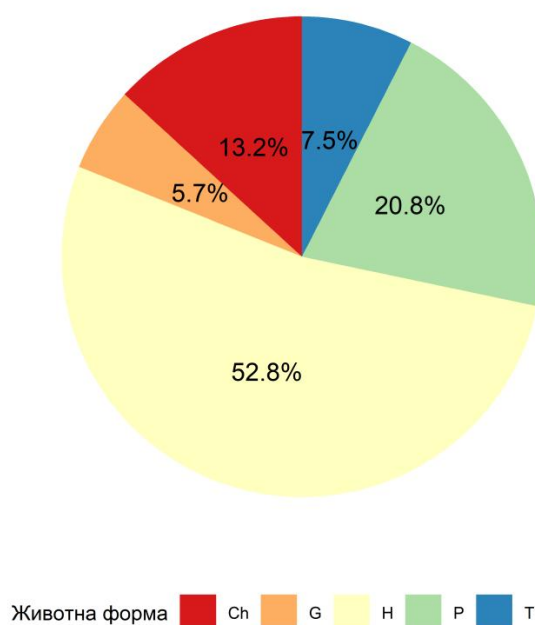
Овде треба направити поређење са основним категоријама класификације и закључити да се уместо категорије „криптофите“ овде наводе „геофите“ које су њена подкатегија. Овакав начин обележавања је стандардан када на одређеном подручју не постоје хидрофите (које су друга поткатегија криптофита). Коришћењем ознаке "G" уместо ознаке "K" наглашава се да су на одређеном подручју присутне само геофите.

Први корак у прорачуну је одређивање броја врста које припадају свакој од пет поменутих категорија. За наведени пример резултати почетне обраде – агрегирани подаци су приказани на Слици 6.4.

```
# A tibble: 5 × 2
  `Zivotna forma`     n
  <chr>             <int>
1 Ch                 7
2 G                  3
3 H                 28
4 P                 11
5 T                  4
```

Слика 6.4. Агрегирани подаци за прорачун биолошког спектра флоре
Извор: аутор

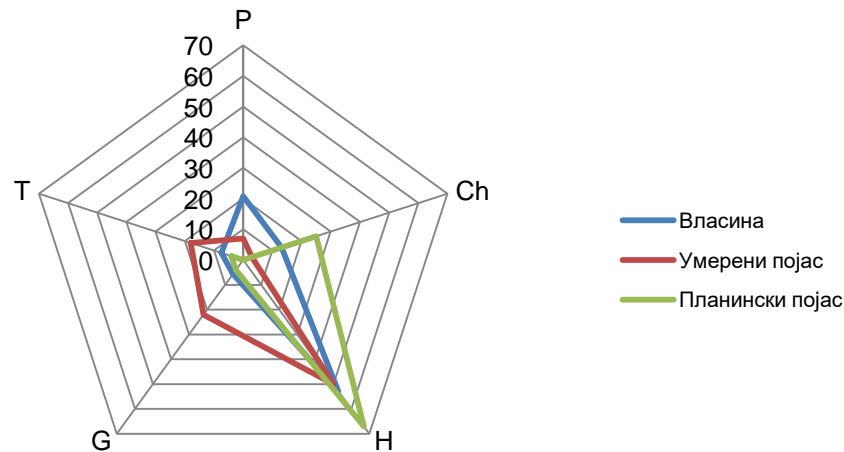
Када је познато колико има представника за све категорије животних форми, даље ће се одредити њихово процентуално учешће у укупном флористичком саставу. Добијени резултати се могу приказати графички (Слика 6.5).



Слика 6.5. Биолошки спектар флоре
Извор: аутор

Сprovedена анализа показује да доминирају хемикриптофите (52,8%), као и да постоји субдоминација фанерофита (20,8%). Удео хамефита је 13,2% и ова вредност је очекивана, јер су врсте које припадају овој категорији карактеристичне за вегетацију планинских предела. Релативно ниско учешће геофита (5,7%) се објашњава непостојањем адекватних станишта за њихов развој. Учешће терофита (7,5%) се често објашњава као резултат релативне нестабилности (ефемерности) станишта, чија деградација селективно утиче на бројност и структуру вишегодишњих биљака (Јуришић и сар., 2011). Терофите, као једногодишње биљке, лако заузимају огољене површине и одликују се већом продукцијом семена чиме се објашњава њихова већа заступљеност.

Добијени резултати се могу упоредити са вредностима биолошког спектра у умереном и планинском појасу и приказати графички (Слика 6.6).



Слика 6.6. Биолошки спектар флоре – поређење резултата
Извор: аутор

На основу приказа се закључује да је биолошки спектар Власине између вредности за умерени и планински појас. Добијени резултати су очекивани узимајући у обзир климатске карактеристике и надморску висину истраживаног подручја.

6.2. Флористички састав – опште карактеристике

Препорука је да почетне анализе прикажу однос голосеменица и скривеносеменица на одређеном подручју. У новосадским парковима преовлађују скривеносеменице и однос скривеносеменица према голосеменицама је 88% према 12% (Lakicevic и сар., 2022). Овај однос одговара природној, потенцијалној вегетацији подручја, јер се голосеменице ретко појављују на надморској висини од 75 m, колико је просечна надморска висина Новог Сада.

Наредне анализе треба да обухвате однос аутохтоних и алохтоних врста биљака и овај однос може да се рачуна укупно, али и појединачно за категорије дрвећа и жбуња (Табела 15).

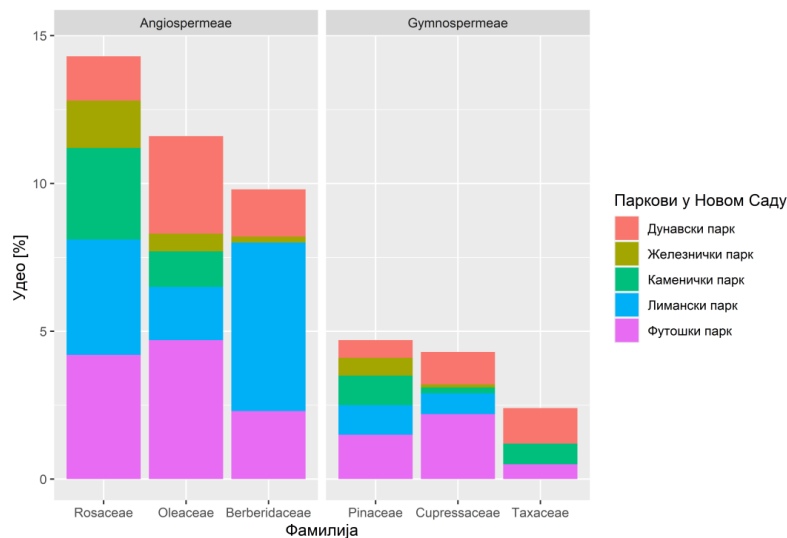
Табела 15. Однос аутохтоних и алохтоних врста дендрофлоре у Новом Саду

Категорија	Удео [%]	
	Аутохтоне врсте	Алохтоне врсте
Дрвеће	50	50
Жбуње	38	62
Укупно	48	52

извор: Lakicevic и сар. (2022)

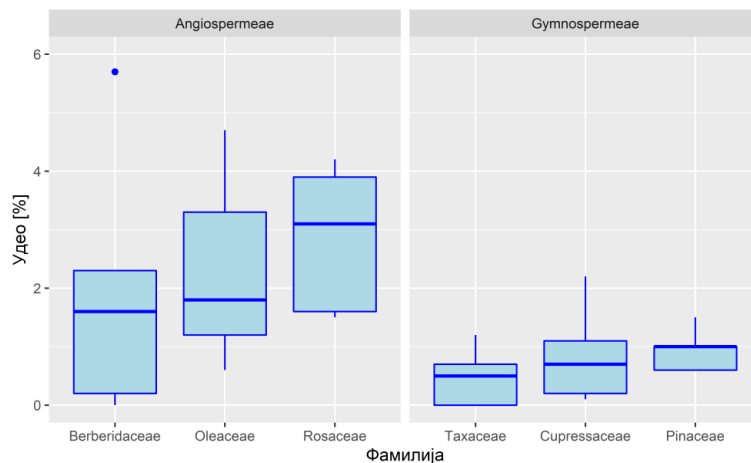
Резултати у Табели показују да, укупно посматрано, постоји високо учешће алохтоних врста у парковској дендрофлори у Новом Саду, а посебно је висок удео алохтоних врста жбуња (62%). Будући поступци замене врста или реконструкције паркова и другог градског зеленила требало би да укључе већи број аутохтоних врста дендрофлоре.

Након анализе припадности разделима (голосеменице и скривеносеменице), може се анализирати таксономска припадност, у старијој литератури често означена и као „спектар фамилија“. Таксономска припадност се односи на учешће различитих фамилија биљака у укупној флори одређеног подручја. У парковима Новог Сада три најзаступљеније фамилије биљака су: Rosaceae, Oleaceae и Verberidaceae. Међу четинарима су назаступљеније фамилије: Pinaceae, Cupressaceae и Taxaceae. Детаљнији приказ заступљености фамилија у сваком од паркова дат је на Слици 6.7.



Слика 6.7. Најзаступљеније фамилије биљака у парковима у Новом Саду
Извор: аутор

Резултати се могу приказати и применом „boxplot“ приказа (Слика 6.8), који се односи на укупно варирање удела фамилија у свим парковима у Новом Саду.

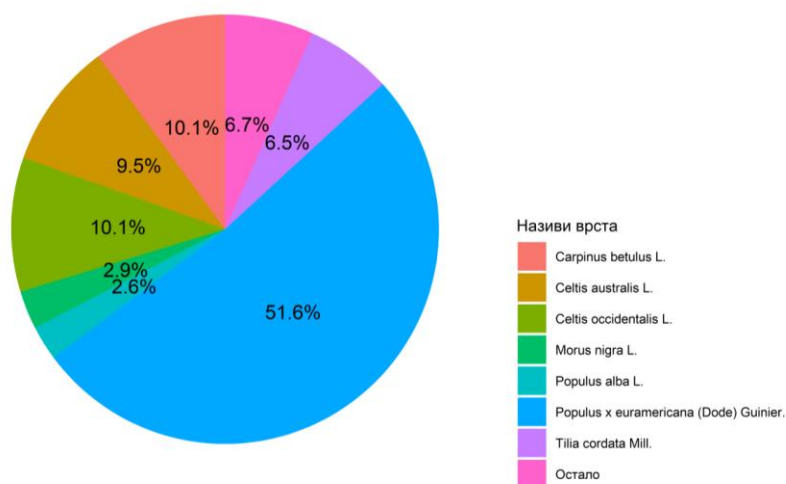


Слика 6.8. Најзаступљеније фамилије биљака у парковима у Новом Саду („boxplot“ приказ)
Извор: Lakicević и сар. (2022)

Одабир биљног материјала на зеленом простору треба да буде такав да иста врста не чини више од 10% у укупном саставу. Осим тога, дата је препорука је број врста из истог рода не треба да буде већи од 20%, а број врста које припадају истој

фамилији не треба да буде више од 30% у укупном саставу флоре на анализираном подручју (Копијендијк и сар., 2005).

Након анализе припадности вишим таксономским категоријама, може се разматрати и заступљеност појединачних врста. У зависности од броја присутних врста, ови резултати се могу приказати у облику табела или графикана. Уобичајено је да се прикаже удео за најмање три најзаступљеније врсте, а најчешће за пет или више врста. На Слици 6.9 приказане су доминантне врсте у Универзитетском парку у Новом Саду.



Слика 6.9. Најзаступљеније врсте у Универзитетском парку у Новом Саду
Извор: аутор

6.3. Морфометријске карактеристике биљних примерака

Као важна допуна општим карактеристикама (које се односе на однос алохтоних и аутохтоних врста, припадност разделима, таксономску припадност и сл.) важно је да анализирају и карактеристике појединачних биљних примерака, посебно примерака оних врста које су доминантне на одређеном подручју. Списак карактеристика које се анализирају може бити и веома детаљан, у складу са циљевима истраживања, али се уобичајено наводе: назив врсте (латински и домаћи), висина стабла, ширина крошње, пречник дебла на прсној висини (висина од 1,3 m), механичка, фитопатолошка и ентомолошка оштећења. Основним карактеристикама се могу додати и висина до првих грана, нагнутошћ стабла, напомене у вези са стањем дебла, грана, корена и слично.

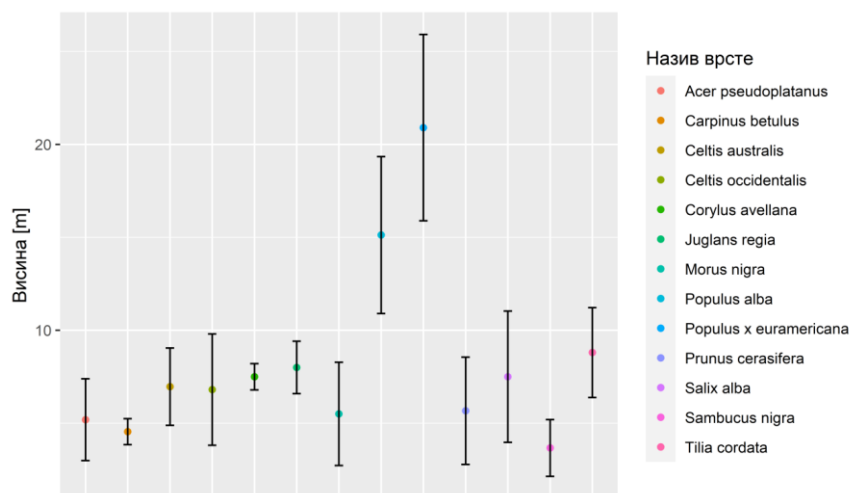
Упоредо са напретком информационог технологија отворене су бројне могућности да се наведене карактеристике прикупљају и обраде у савременим програмима и да служе као база за праћење стања и планирања спровођења одговарајућих мера управљања зеленим површинама. Карактеристике које се односе на димензије биљних индивидуа или њихових делова се називају морфометријске и оне се могу обрађивати применом уобичајених статистичких тестова. У даљем тексту ће бити објашњена анализа морфометријских карактеристика на примеру врста у Универзитетском парку у Новом Саду (Младеновић и сар., 2021).

Прва карактеристика која ће се анализирати је висина стабла и резултати статистичке обраде приказани су на Слици 6.10. За анализу је као и у до сада, коришћен програм R и пакет „RMisc“. Називи колона су: латински назив врсте (*name*), број примерака (*N*), просечна висина (*height*), стандардна девијација (*sd* – *standard deviation*), стандардна грешка (*se* – *standard error*) и интервал поверења (*ci* – *confidence interval*). Наведени параметри су основни приликом статистичке анализе података.

	name	N	height	sd	se	ci
1	Acer pseudoplatanus	8	5.187500	2.2028796	0.7788356	1.8416534
2	Carpinus betulus	31	4.541935	0.6965506	0.1251042	0.2554968
3	Celtis australis	30	6.966667	2.0800088	0.3797559	0.7766881
4	Celtis occidentalis	31	6.806452	2.9935414	0.5376559	1.0980399
5	Corylus avellana	2	7.500000	0.7071068	0.5000000	6.3531024
6	Juglans regia	2	8.000000	1.4142136	1.0000000	12.7062047
7	Morus nigra	8	5.500000	2.7774603	0.9819805	2.3220149
8	Populus alba	8	15.125000	4.2236579	1.4932886	3.5310663
9	Populus x euramericana	157	20.904459	5.0125272	0.4000432	0.7902004
10	Prunus cerasifera	3	5.666667	2.8867513	1.6666667	7.1710879
11	Salix alba	2	7.500000	3.5355339	2.5000000	31.7655118
12	Sambucus nigra	3	3.666667	1.5275252	0.8819171	3.7945830
13	Tilia cordata	20	8.800000	2.4192213	0.5409543	1.1322304

Слика 6.10. Статистички параметри за морфометријску карактеристику „висина“
Извор: аутор

На основу вредности које су приказане на Слици 6.10, закључује се да ће програм обрадити и мање узорке односно врсте које су представљене мањим бројем примерака (на примеру Универзитетског парка у питању су: *Corylus avellana*, *Juglans regia*, *Morus nigra*, *Populus alba*, *Prunus cerasifera*, *Salix alba* и *Sambucus nigra*). Све наведене врсте имају број примерака мањи од 20, а за узорке ове величине статистичка анализа се не сматра довољно репрезентативном. Закључак је да се увек се наводе и анализирају све присутне врсте, али се води рачуна о броју примерака који је на датом локалитету присутан. Уколико постоји бар 20 представника једне врсте на одређеном станишту могу се доносити закључци о просечним димензијама и слично, а уколико је број примерака мањи резултати се сматрају само за појединачне податке који не морају представљати стварно стање. Добијени резултати се могу приказати и графички (Слика 6.11) у циљу прегледнијег сагледавања просечне вредности и стандардне девијације за морфометријску карактеристику „висина“.



Слика 6.11. Просечна вредност и стандардна девијација за морфометријску карактеристику „висина“
Извор: аутор

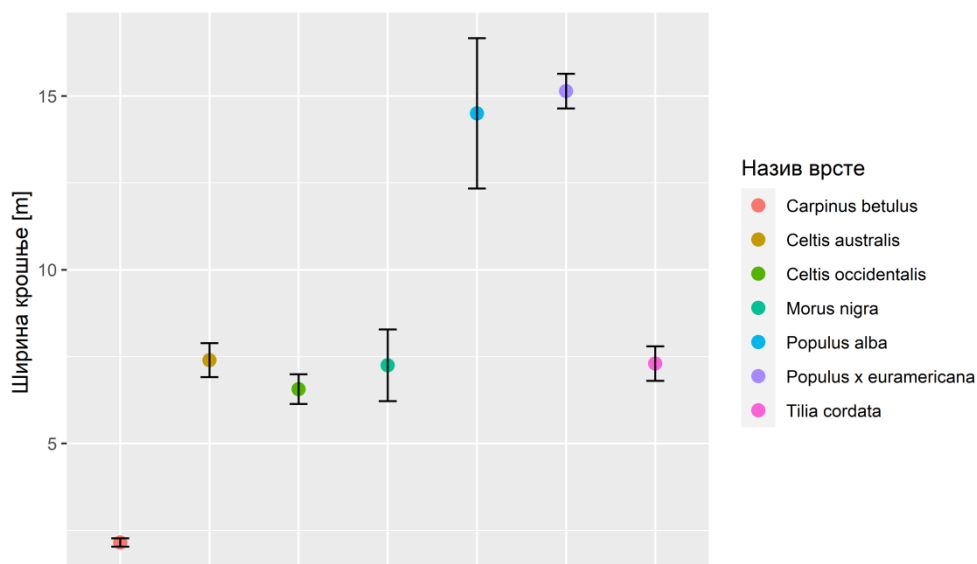
Друга карактеристика која ће се анализирати је ширина крошње и резултати основне статистичке анализе приказани су на Слици 6.12. Поступак прорачуна је сличан као у претходном примеру.

	name	N	width	sd	se	ci
1	Acer pseudoplatanus	8	5.500000	3.3380918	1.1801937	2.7907146
2	Carpinus betulus	31	2.151613	0.6647661	0.1193955	0.2438382
3	Celtis australis	30	7.400000	2.6729810	0.4880173	0.9981075
4	Celtis occidentalis	31	6.564516	2.3830720	0.4280124	0.8741179
5	Corylus avellana	2	2.500000	0.7071068	0.5000000	6.3531024
6	Juglans regia	2	8.500000	2.1213203	1.5000000	19.0593071
7	Morus nigra	8	7.250000	2.9154759	1.0307764	2.4373989
8	Populus alba	8	14.500000	6.1178895	2.1630006	5.1146836
9	Populus x euramericana	157	15.140127	6.2423888	0.4981969	0.9840820
10	Prunus cerasifera	3	6.333333	2.3094011	1.3333333	5.7368703
11	Salix alba	2	8.500000	2.1213203	1.5000000	19.0593071
12	Sambucus nigra	3	3.666667	0.5773503	0.3333333	1.4342176
13	Tilia cordata	20	7.300000	2.2266330	0.4978903	1.0420963

Слика 6.12. Статистички параметри за морфометријску карактеристику „ширина крошње“
Извор: аутор

Ширина крошње, и димензије биљног материјала начелно, одређују бројне односе у оквиру биљне заједнице. Биљке се на истом станишту надмећу за ресурсе (светлост, влага и хранљиве материје у земљишту и сл.) и ово надметање (компетиција) је израженије уколико биљке имају сличне биоэколошке захтеве. У том смислу, биљке се надмећу и заузимањем простора и примерци биљака који својом покровношћу и димензијама (висина, ширина крошње и сл.) освајају простор, остављају мање расположивих ресурса слабије развијеним примерцима. У тим условима, могу опстати на пример врсте сенке (скиофите). Разматрање постојећег стања као и прогноза будућег је важан део моделовања парковских и шумских екосистема.

У анализираном примеру, посматране су димензије крошњи примерака седам најзаступљенијих врста у Универзитетском парку у Новом Саду (Слика 6.13).



Слика 6.13. Просечна вредност и стандардна девијација за морфометријску карактеристику „ширина крошње“

Извор: аутор

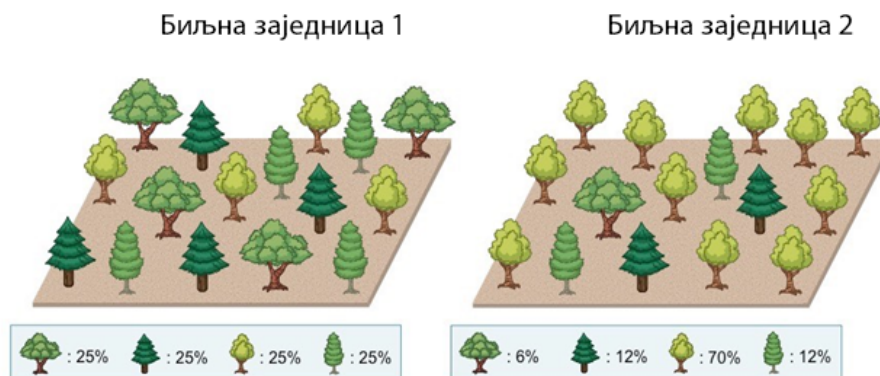
За приказ на Слици 6.13 одабране су најзаступљеније врсте на простору Универзитетског парка (*Carpinus betulus*, *Celtis australis*, *Celtis occidentalis*, *Morus nigra*, *Populus alba*, *Populus x euramericana* и *Tilia cordata*) и посебно је анализирана ширина крошњи за све примерке наведених врста.

На основу приказаних резултата закључује се да врста *Populus x euramericana* има највеће димензије крошње, што за последицу може довести до формирања густог склопа и слабијег развоја нижих спратова флоре.

6.4. Индекси биодиверзитета

Биодиверзитет или биолошка разноликост представља свеукупност гена, врста и екосистема на Земљи. Биодиверзитет постоји на три нивоа и разликују се генетички, специјски и екосистемски диверзитет. У овом поглављу посебно пажња посвећена је специјском диверзитету односно разноликости на нивоу врста. Специјски диверзитет се може квантификовати односно измерити коришћењем одговарајућих индекса.

Две компоненте специјског диверзитета су богатство и уједначеност. Богатство се односи на укупни број врста на одређеном подручју, док се уједначеност односи на (не)равномерност њихове расподеле. Детаљније објашњење дато је Сликаом 6.14.



Слика 6.14. Пример биљних заједница (компоненте богатство и уједначеност)
Извор: Magurran (2004), измењено

На Слици 6.14 приказане су две биљне заједнице означене као „биљна заједница 1“ и „биљна заједница 2“. Врсте које су присутне у обе заједнице су означене различитим симболима и на основу приказа на слици 6.14, закључује се да су у обе заједнице присутне по четири врсте. То значи да је компонента богатство у обе заједнице иста и једнака 4. Међутим, када се анализира број примерака сваке врсте закључује се да се расподела међу врстама у првој заједници једнака (свака врста је заступљена са 1/4 удела, односно 25%), док је расподела у другој заједници неравномернија (6%, 12%, 70% и 12%). Слика 6.14 представља пример заједница које имају исту вредност компоненте богатство, а различите вредности компоненте уједначеност. Закључак је да су обе компоненте важне приликом анализе биодиверзитета. У даљем тексту биће објашњени основни индекси биодиверзитета који се користе у екологији предела.

Најзначајнији индекси биодиверзитета у екологији предела су индекси алфа и бета диверзитета. Индекси алфа диверзитета се односе на флористички састав у оквиру једног предела, једног станишта и сл. – једне биљне заједнице. Индекси бета диверзитета пореде флористички састав у више различитих заједница или исте заједнице у два или више временских периода. Индекси алфа диверзитета се могу рачунати појединачно, нпр. за Дунавски, Футошки, Лимански парк и они мере богатво и/или уједначеност у сваком од паркова засебно. Индекси бета диверзитета служе за поређење и у том смислу дају податак о томе у ком се степену преклапа флористички састав између Дунавског и Футошког, Футошког и Лиманског парка, итд. Поред тога, индекси бета диверзитета се могу користити за поређење флористичког састава исте заједнице у више временских периода. Уколико постоје подаци о флористичком саставу нпр. Дунавског парка у 2000. и 2020. години, индекси бета диверзитета мере у ком степену се наведени састав променио током анализираниог периода.

6.4.1. Индекси алфа диверзитета

Као што је објашњено у претходном поглављу, индекси алфа диверзитета мере разноликост врста на одређеном станишту, односно у једној биљној заједници. Постоји велики број индекса алфа диверзитета и они могу да квантикују односно мере само компоненту богатство, само компоненту уједначеност, а постоје и индекси који као резултат дају комбиновану оцену богатства и уједначености. Сваки од индекса има своја ограничења и препорука је да се више индекса истовремено израчуна, за исту биљну заједницу, како би се добила што веродостојнија слика стања специјског диверзитета на одређеном биотопу.

Улазни подаци за прорачуне индекса алфа диверзитета су укупни број врста и број примерака који припадају свакој врсти. Наиме, списак флоре, односно називи биљних врста без њихове бројности нису од користи за прорачун индекса биодиверзитета. Пример улазних подака који су потребни за прорачун индекса алфа дати су у Табели 16. Подаци су преузети из рада (Младеновић и сар., 2021) и односе се на попис дендрофлоре у Универзитетском парку у Новом Саду.

Табела 16. Улазни подаци за прорачун алфа индекса диверзитета – пример

Бр.	Латински назив	Бројност
1.	<i>Populus x euramericana</i> (Dode) Guinier.	158
2.	<i>Celtis australis</i> L.	29
3.	<i>Celtis occidentalis</i> L.	31
4.	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	8
5.	<i>Carpinus betulus</i> L.	31
6.	<i>Corylus avellana</i> L.	2
7.	<i>Juglans regia</i> L.	2
8.	<i>Morus nigra</i> L.	9
9.	<i>Populus alba</i> L.	8
10.	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	3
11.	<i>Salix alba</i> L.	2
12.	<i>Sambucus nigra</i> L.	3
13.	<i>Tilia cordata</i> Mill.	20

Извор: Младеновић и сар. (2021)

На основу података у табели закључује се да је, према попису из 2020. године, у Универзитетском парку у Новом Саду, било регистровано укупно 13 врста дрвећа и жбуња, а укупан број њихових индивидуа је био 306. Подаци дати у Табели 16 су довољни за прорачуне индекса алфа диверзитета. У даљем тексту биће објашњени индекси алфа диверзитета који се најчешће користе у области предеоне екологије и то су: богатство, Шенонов, Симсонов, Маргалевов, Бергер-Паркеров и Фишеров индекс.

1. Богатство је индекс алфа диверзитета који представља укупан број врста у флори одређеног подручја. Одређивање овог индекса не захтева никакве прорачуне, већ само податак о томе колико је различитих врста присутно на одређеном станишту. Уколико се анализирају подаци у Табели 16, закључује се да је богатство овог простора (Универзитетски парк у Новом Саду) једнака вредности 13, јер је то укупни број различитих врста дендрофлоре који је овде регистрован приликом теренских истраживања 2020. године. Индекс богатство не даје податке о компоненти уједначеност, тако да се поред овог, препоручује прорачун других индекса који су описани у даљем тексту.

2. Симсонов индекс (D) је индекс алфа диверзитета који мери уједначеност и рачуна се према следећој формули:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad (1)$$

где је: p_i удео врсте i у укупном флористичком саставу, а S укупни број врста у датој биљној заједници.

Вредност Симсоновог индекса се креће у интервалу 0 - 1. Вредност Симсоновог индекса је једнака 0 у случају анализе монокултуре, односно када једна врста чини 100% флористичког састава у одређеној заједници. Већа вредност овог индекса указује на бољу уједначеност биљних врста у оквиру једне биљне заједнице.

3. Шенонов индекс (H) је индекс алфа диверзитета који мери и богатство и уједначеност и рачуна се према следећој формули:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i) \quad (2)$$

где је: p_i удео врсте i у укупном флористичком саставу.

Уобичајене вредности Шенонов индекса се креће у интервалу између 1,5 и 3,5 – ове вредности се сматрају стандардним. Вредности Шеноновог индекса мање од 1,5 указују на ниске вредности флористичког диверзитета са аспекта њиховог богатства и уједначености. Супротно томе, вредности Шеноновог индекса веће од 3,5, а посебно вредности веће од 4, указују да је анализирани простор веома значајан са аспекта очувања флористичког диверзитета, узимајући у обзир и укупни број врста и равномерност њихове расподеле (Лакићевић, 2018).

Већина заштићених природних добара има висок индекс Шеноновог индекса. Пример за то су и заштићени паркови у Новом Саду: Дунавски, Футошки и Каменички парк, јер је у свим наведеним парковима вредност Шеноновог индекса већа од 3,5.

4. Бергер-Паркеров индекс (d) је индекс алфа диверзитета који мери уједначеност и рачуна се према следећој формули:

$$d = \frac{N_{max}}{N} \quad (3)$$

где је: N_{max} број индивидуа доминатне врсте, односно врсте која је присутна са највећим бројем примерака, а N укупни број биљних индивидуа.

Овај индекс мери заступљеност доминатне врсте и креће се у интервалу (0,1]. Вредност Бергер-Паркеровог индекса је једнака 1 у случају постојања монокултуре. У свим осталим случајевима вредности се крећу између 0 и 1 и при томе су вредности ближе нули погодније, јер говоре да постоји боља расподела међу врстама. Сматра се да је вредност Бергер-Паркеровог индекса до вредности 0,1 веома повољан са аспекта очувања биодиверзитета, јер потврђује да је доминантна врста заступљена са највише 10% у укупном флористичком саставу (Konijnendijk и сар., 2005).

5. Маргалефов индекс (R) је индекс алфа диверзитета који мери богатство и рачуна се према следећој формули:

$$R = \frac{S - 1}{\log N} \quad (4)$$

где је: S укупни број врста у датој биљној заједници, а N укупни број биљних индивидуа.

Вредности овог индекса су увек веће 0, док уобичајене вредности нису дефинисане, јер је овај индекс осетљив на промену величине узорка. Ипак, веће вредности овог индекса указују на веће богатство флористичког састава на анализираном подручју.

6. Фишеров индекс (α) је индекс алфа диверзитета који мери и богатство и уједначеност и рачуна се према следећој формули:

$$S_n = \frac{\alpha x^n}{n} \quad (5)$$

где је: S_n укупни број врста у биљној заједници N , n укупни број биљних индивидуа, а x параметар који се рачуна за сваку заједницу посебно. Формула се заснива на претпоставци да бројност врста прати логаритамску расподелу. Фишеров индекс најчешће процењује очекивани број биљних врста које су представљене једном биљном индивидуом и ова вредност је у скаду са тим увек већа од нуле.

Табела 17. Индекси алфа диверзитета

Индекс	Опсег вредности	Опис (компонента која се квантификује)
Богатство	≥ 1	богатство
Симсонов индекс	[0,1)	уједначеност
Шенонов индекс	1,5-3,5 ^a	богатство и уједначеност
Бергер-Паркеров индекс	(0,1]	уједначеност
Маргалефов индекс	>0	богатство
Фишеров индекс	>0	богатство и уједначеност

Коментар: ^aуобичајене вредности

Извор: аутор

Обједињени опис свих наведених индекса алфа диверзитета дат је у Табели 17; наведен је назив, опсег у оквиру кога вредности индекса варирају, као и податак о томе која се компонета биодиверзитета (богатство и/или уједначеност) помоћу овог индекса мери, односно квантификује.

6.4.1.1. Пример прорачуна алфа индекса диверзитета

У даљем тексту биће приказани резултати прорачуна алфа индекса диверзитета за Универзитетски парк у Новом Саду. Улазни подаци су приказани у Табели 16, а прорачун индекса алфа диверзитета је извршен у програму R. Као резултат прорачуна добијена је Табела 18. Колона „коментар“ даје кратак опис резултата у односу на вредности, тј. границе које су дефинисане у литератури. Осим тачних вредности индекса алфа диверзитета у Универзитетском парку (УП), табела укључује податке о вредностима индекса алфа диверзитета у осталим парковима у Новом Саду (Дунавски, Лимански, Футошки, Железнички и Каменички парк) на основу објављених података .

Табела 18. Индекси алфа диверзитета – резултати

Индекс	Вредност (УП)	Коментар	Просечна вредност (паркови у НС)*
Богатство	13	ниска вредност	76,60
Симсонов индекс	0,697	уобичајена вредност	0,943
Шенонов индекс	1,690	уобичајена вредност	3,415
Бергер-Паркеров индекс	0,514	неповољно	0,130
Маргалефов индекс	4,828	ниска вредност	22,218
Фишперов индекс	2,754	ниска вредност	14,539

*Напомена: Наведене вредности су преузете из рада Lakicević и сар. (2022)
Извор: аутор

На основу резултата приказаних у Табели 18, закључује се да Универзитетски парк нема већи значај са аспекта флористичког диверзитета. Поређење за све индексе алфа диверзитета је урађено у односу на: а) вредности које су дефинисане као границе у литератури и б) просечну вредност истих индекса у осталим парковима у Новом Саду. Општи закључак је да Универзитетски парк има неповољније вредности алфа диверзитета у односу на друге паркове у Новом Саду.

Богатство врста у Универзитетском парку је 13, што се сматра за ниску вредност. Вредности индекса богатство за паркове у Новом Саду варирају између 46 (Железнички парк) до 99 (Футошки парк), док је просечна вредност приближно 77. Закључује се да је индекс богатство за Универзитетски парк значајно мања и у поређењу са Железничким парком који је најсиромашнији са аспекта флористичке разноврности.

Вредност Симсоновог индекса у Универзитетском парку је 0,697 што значи да је расподела врста у обичајеном опсегу уколико се упореди са границама дефинисаним у литератури. Међутим, уколико се резултати упореде са осталим парковима у Новом Саду (0,943) закључује се да је ова вредност нижа у односу на просек на територији анализираних града.

Вредност Шеноновог индекса у Универзитетском парку је 1,690 и то се на основу литературе тумачи као стандардна вредност оцена богатства и уједначености флористичког састава. Ипак, наведена вредност је блиска доњој граници (1,5). Са друге стране, просечна вредност Шеноновог индекса у другим парковима у Новом Саду је знатно виша и износи 3,415.

Вредност Маргалефовог индекса је тежа за директно тумачење и поређење јер зависи од величине узорка (броја врста и броја примерака). По правилу, више вредности говоре о већој вредности станишта са аспекта богатства флористичког састава и јасно се закључује и да је ова вредност у Универзитетском парку (22,218) знатно неповољнија у односу на просечну вредност истог индекса у другим парковима у Новом Саду (4,828). Разлог за високу вредност Маргалефовог индекса у Универзитетском парку у Новом Саду је присуство великог броја примерака *Populus x euramericana* (Dode) Guinier.

Слично тумачење је и за Фишеров индекс који, као и претходни, нема дефинисане границе – оспег у оквиру кога вредности уобичајено варирају и закључује се да је ова вредност у Универзитетском парку (2,754) значајно нижа него у осталим парковима у Новом Саду (14,539). Фишеров индекс успоставља везу између броја врста и броја индивида и даје податак о томе колико врста је представљено само једним примерком. Овај параметар се често користи и посебно је значајан у контексту заштите ретких, ендемичних и угрожених врста.

6.4.2. Индекси бета диверзитета

Индекси бета диверзитета мере сличност биљног састава различитих биљних заједница. То значи да се помоћу бета индекса одређује сличност флористичког састава у различитим фитоценозама, али и да се ови индекси могу користити за поређење флористичког састава у истој фитоценози, али у различитим временским периодима. Помоћу бета индекса може поредити флористички састав паркова на истом подручју, на пример у истом граду, али и флористички састав истог парка у два временска периода (препоруча је да период не буде краћи од 5 година). Уколико се пореди флористички састав у различитим парковима у истом граду, пожељно је да се, помоћу индекса бета диверзитета, покаже да се флористички састав разликује. Понављање, односно одабир истих врста за уређење свих градских паркова је изузетно неповољно са аспекта очувања биодиверзитета. Упркос томе, избор истих врста за различите зелене површине је честа пракса у многим градовима у Србији и треба је променити.

1. Соренсенев индекс (QS) је индекс бета диверзитета који мери сличност флористичког састава у различитим фитоценозама и рачуна се према следећој формули:

$$QS = \frac{2C}{A + B} \quad (6)$$

где је: С број врста који је заједнички, односно који се појављује у обе биљне заједнице, А број врста који се појављује само у заједници А и В број врста који се појављује само у заједници В. Другим речима, улазни подаци за прорачун Соренсеновог индекса су: број врста које се појављују у оба скупа (две биљне

заједнице или два временска периода), као и број врста које су присутне у само једном скупу (једној биљној заједници или једном временском периоду).

Вредност Соренсеновог индекса варира у интервалу од 0 до 1, где вредност 0 значи да две заједнице имају потпуно различити флористички састав, односно да немају ниједну заједничку врсту, док вредност 1 значи да им се флористички састав у потпуности преклапа, односно да су све врсте присутне у једној заједници, присутне и у другој и обрнуто.

2. Жакардово растојање (d_j) је индекс бета диверзитета који мери разлике у флористичком саставу у различитим фитоценозама и рачуна се следећи формули:

$$d_j(A, B) = 1 - \frac{n_{ab}}{n_a + n_b - n_{ab}} \quad (7)$$

где је: n_{ab} број врста који је заједнички, односно који се појављује у обе биљне заједнице, n_a број врста који се појављује само у заједници А и n_b број врста који се појављује само у заједници В.

Вредност Жакардовог растојања варира у интервалу од 0 до 1 и мери степен у коме се флористички састав разликује – вредност 0 значи да се флористички састав у две заједнице потпуно преклапа, односно да је идентичан, док вредност 1 значи да две заједнице немају ниједну заједничку врсту.

Два претходно описана индекса (Соренсенов индекс и Жакардово растојање) користе исте улазне податке. При томе, Жакардовом растојању се даје предност у односу на Соренсенов индекс јер је метрички, док је Соренсенов индекс полуметрички. Као што се може закључити из формула, прорачун ових индекса не захтева податак о бројности врста, већ обе формуле користе само податке о броју заједничких врста и броју врста који је карактеристичан само за једну биљну заједницу. Индекс који разматра и број примерака је Бреј-Куртисов индекс и овај индекс ће бити описан у даљем тексту.

3. Бреј-Куртисов индекс (BC) је индекс бета диверзитета који мери разлике у флористичком саставу у различитим фитоценозама и рачуна се према следећој формули:

$$BC = 1 - \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j} \quad (8)$$

где је: C_{ij} збир мањег броја примерака који се појављују у обе биљне заједнице, S_i укупан број примерака у заједници I и S_j укупан број примерака у заједници J .

Пример прорачуна Бреј-Куртисовог индекса се може објаснити на следећем примеру:

- у заједници А се налази 10 примерака брезе, 3 примерка беле тополе и 6 примерака сребрнолисне липе, а
- у заједници В се налази 3 примерка беле тополе, 10 примерака сребрнолисне липе, 8 примерака беле врбе.

Прорачун C_{ij} почиње дефинисањем врста које се јављају у обе заједнице и то су бела топола и сребрнолисна липа. Потребно је сабрати мањи број примерака –

представника заједничких врста у обе заједнице. То значи да се вредност C_{ij} рачуна као $C_{ij} = 3 + 6 = 9$. Прорачун вредности S_i и S_j је једноставан и одговара укупном броју примерака у обе заједнице, $S_i = 10 + 3 + 6 = 19$, а $S_j = 3 + 10 + 8 = 21$. На основу добијених улазних података, рачуна се Бреј-Куртисов (BC) индекс и износи 0,55.

Вредност Бреј-Куртисовог индекса варира у интервалу од 0 до 1 и мери промене у флористичком саставу и бројности, при чему вредност 0 значи да промена није било, а вредност 1 да су промене потпуне.

6.4.2.1. Пример прорачуна бета индекса диверзитета

Пример прорачуна бета индекса диверзитета биће показан на примеру Футошког парка у Новом Саду за два временска периода 2005. и 2020. годину. Као и у примеру прорачуна алфа индекса диверзитета и овде су улазни подаци попис врста и њихове бројности, у овом случају за два анализирана периода. Табела 19 приказује (скраћени) попис врста у 2005. и 2020. години и на основу ње биће одређене вредности Соренсеновог индекса, Жакардовога растојања и Бреј-Куртисовог индекса.

Табела 19. Улазни подаци за прорачун индекса бета диверзитета

Бр.	Латински назив	Бројност	
		2005. год.	2020. год.
1.	<i>Abies alba</i> Mill.	0	4
2.	<i>Abies concolor</i> Lind.	73	65
3.	<i>Acer negundo</i> L.	32	36
4.	<i>Buxus sempervirens</i> L.	59	75
5.	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	10	13
6.	<i>Celtis australis</i> L.	4	2
7.	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	0	7
8.	<i>Mahonia aquifolium</i> (Pur) Nutt.	748	744
9.	<i>Picea omorika</i> (Pančić) Purk.	56	55
10.	<i>Picea pungens</i> Engelm.	32	28
11.	<i>Platanus x acerifolia</i> Willd.	13	16
12.	<i>Thuja occidentalis</i> L.	6	4
...
113.	<i>Tilia tomentosa</i> Moench.	16	28

Извор: Lakićević и сар. (2021)

У Табели 19 је приказана заступљност врста у Футошком парку у два пописна периода (2005. и 2020. година). Табела је, због великог броја врста, скраћена, а целокупан списак се може пронаћи у литератури (Lakićević и сар., 2021). На основу улазних података, израчунати су индекси бета диверзитета (Табела 20).

Табела 20. Индекси бета диверзитета – резултати

Индекс	Вредност (2005-2020. година)
Соренсенов индекс	0,893
Жакардово растојање	0,193
Бреј-Куртисов индекс	0,614

Извор: аутор

Уколико се упореди флористички диверзитет у Футошком периоду у два пописна периода закључује се да се састав у великој мери преклапа и то потврђују висока вредност Соренсеновог индекса (0,893) и ниска вредност Жакардовога растојања (0,193). Уколико се посматра вредност Бреј-Куртисовог индекса (0,614) закључује се да се бројност врста умерено променила. Осим података о укупним променама у флористичком саставу и бројности врста у оквиру парка, важно је посматрати и које врсте су нестале и то је посебно важно уколико су у питању примерци локалне флоре. Поред тога, важно је пратити ширење инвазивних врста и због тога се посебно анализира мењање величине њихових популација.

Иако индекси биодиверзитета говоре о богатству и уједначености врста и пружају значајан увид о флористичком саставу подручја неопходно је укључити и друге анализе. Приликом прорачуна алфа и бета индекса диверзитета све врсте се посматрају равноправно, односно не узима се у обзир статус одређене биљне врсте. Због тога се, као допуна прорачуну индекса биодиверзитета, тумаче и подаци који се односе на присуство ретких, угажених врста и ендемичних са једне стране, односно присуство алохтоних и инвазивних врста са друге. Ретке, угрожене и ендемичне врсте имају прворазредни значај у очувању биодиверзитета на одређеном простору, док присуство инвазивних врста нарушава процесе природне, прогресивне сукцесије биљних заједница и води губитку биодиверзитета (Lakićević и Mladenović, 2018).

6.5. Присуство ретких, угрожених и ендемичних врста

У овом поглављу биће дат преглед строго заштићених и заштићених врста на територији Србије. Као извор коришћен је обиман документациони материјал Завода за заштиту природе Србије. Предлог заштите је одређен на основу степена угрожености врста, као и њиховог карактера – ендемичности и реткости. Листа је састављена и на основу Црвене листе и Црвене књиге флоре Србије.

Црвене листе и црвене књиге обухватају списак врста којима је угрожен опстанак на националном или светском нивоу. Изради Црвених књига претходи састављање Црвених листа и оне садрже податке о угроженим врстама, локалитетима на којима се налазе, као и о степену њихове угрожености. Црвене књиге су значајне за ширење информација о заштити природе и представљају основу за праћење стања популација угрожених врста. У Србији је 1999. године објављена прва „Црвена књига флоре Србије“ и односи се на ишчезле и крајње угрожене таксоне. Према подацима у „Црвеној књизи флоре Србије“ у Србији је регистровано укупно 3.662 врсте васкуларне флоре, а међу њима је већ ишчезло 50 врста. Осим тога 121 биљна врста је оцењена као крајње угрожена и процењује се да је 15-20% укупне флоре у различитом степену опасности од нестајања.

За одређивање степена угрожености врста коришћена је **IUCN класификација**. Према IUCN класификацији издваја се седам основних категорија и више помоћних. Основне категорије се означавају као: изумрла (EX), изумрла у природи (EW), критично угрожена (CR), угрожена (EN), осетљива (VU) и готово угрожена (NT). Наведене скраћенице је корисно знати напамет, јер се у оне литератури често наводе без додатних обавештења, као начин стандардног обележавања.

1. Изумрла врста (EX – *extinct*) је врста за коју постоји основана претпоставка да је њен последњи примерак нестао. Пре него што одређена врста нестане, дешавају се промене које то наговештавају, а најважнија је убрзано смањење величине популација. Узроци изумирања врста могу бити везани за природне процесе, али се процењује да је антропогени утицај убрзао природни процес изумирања врста око 1.000 пута.

2. Врста изумрла у природи (EW – *extinct in the wild*) је врста која је нестала са својих природних станишта, али њени примерци постоје изван граница њеног природног распрострањења као натурализована популација, у култури или у оквиру спровођења *ex situ* заштите. Примери би биле врсте које не постоје на природним стаништима, а гаје се на пример у ботаничким баштама и сл.

3. Критично уложена врста (CR – *critically endangered*) је врста којој прети веома високи ризик од изумирања у природи. Ризик се процењује на основу неколико критеријума, а најважнији је брзо опадање бројности – смањење бројности популације за најмање 80% у претходних 10 година. Осим тога, критеријуми су изражена фрагментација станишта, појава локалности и смањење ареала на површину мању од 100 km².

4. Уложена врста (EN – *endangered*) је врста којој прети високи ризик од изумирања у природи. Ризик се процењује на основу неколико критеријума, слично као у претходној категорији. Основни критеријум је смањење величине популације за вредност између 50% и 80% у претходних 10 година. Осим тога критеријуми су и локалност (утвђено постојање на 5 или мање локалитета), као и смањење ареала на површину мању од 5.000 km².

5. Осетљива врста (VU – *vulnerable*) је врста којој прети ризик од изумирања у природи. Основни критеријум за процену ризика је смањење величине популације за вредност између 20% и 50% у претходних 10 година. Осим тога критеријуми су и локалност (утвђено постојање на 5 или мање локалитета), као и смањење ареала на површину мању од 20.000 km², као и екстеремно колебање простора у коме се таксон појављује, смањење квалитета станишта и величина субпопулације и броја зрелих јединки.

6. Готово уложена врста (NT – *near-threatened*) је врста за коју се очекује да ће у будућности налаћи близу категорије осетљивих, али тренутно нема статус угрожене врсте.

Поред основних категорија, постоје и бројне допунске, на пример ознака „S“ (S – *secure*) значи да врста није угрожена; ознака „LC“ (LC – *least-concern*) значи да је уложеност врсте није забрињавајућа, односно да је „последња брига“; ознака „DD“ (DD – *data deficient*) значи да за врсту не постоји довољно података о распрострањености и стању популација; ознака „RE“ (RE – *regionally extinct*) подразумева да је врста изумрла на регионалном нивоу, итд.

Завод за заштиту природе Србије је саставио Правилник о строго заштићеним врстама биљака, животиња и гљива („Сл. гласник РС“, бр. 05/2010). Прилог 1 овог правилника садржи списак свих врста, а у Табели 21 су издвојене само дрвенасте биљне врсте. Приликом анализе флористичког састава одређеног простора потребно је анализирати да ли се у саставу појављује и нека од врста које

су наведене у Табели 21. Уколико на одређеној територији постоје примерци строго заштићене врсте потребно је пратити њену бројност и степен прилагођености станишним условима на којима расте.

Табела 21. Строго заштићене дрвенасте врсте у Србији

Строго заштићене дрвенасте врсте у Србији	
Латински назив	Домаћи назив
<i>Picea omorika</i> (Pančić) Purkyne	Панчићева оморица
<i>Pinus heldreichii</i> Christ	муника
<i>Pinus mugo</i> Turra subsp. <i>mugo</i>	планински бор
<i>Pinus peuce</i> Griseb	молика
<i>Betula pubescens</i> Ehrh subsp. <i>carpatica</i> (Willd) Ascherson	маљава бреза
<i>Quercus trojana</i> Webb subsp. <i>trojana</i>	црни цер
<i>Forsythia europaea</i> Degen & Bald	европска форзиција
<i>Prunus fruticosa</i> Pallas	степска вишња
<i>Prunus laurocerasus</i> L.	ловорвишња
<i>Pyrus elaeagnifolia</i> Pallas	дафинолисна крушка
<i>Acer heldreichii</i> Orph ex Boiss	планински јавор
<i>Taxus baccata</i> L.	тиса

Извор: „Сл. гласник РС“, бр. 05/2010

Осим Правилника о строго заштићеним врстама у РС, Завод за заштиту природе је објавио и Правилник о заштићеним врстама („Сл. гласник РС“, бр. 05/2010). У Табели 22 дат је приказ заштићених дрвенастих врста у Србији.

Табела 22. Заштићене дрвенасте врсте у Србији

Заштићене дрвенасте врсте у Србији	
Латински назив	Домаћи назив
<i>Juniperus communis</i> L. subsp. <i>communis</i>	клекиња
<i>Juniperus communis</i> L. subsp. <i>alpina</i> (Suter) Čelak	ниска клека
<i>Juniperus excelsa</i> M. Bieb.	дивља фоја
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	боровница
<i>Betula pendula</i> Roth	бреза
<i>Corylus colurna</i> L.	мечја леска
<i>Castanea sativa</i> Miller	питоми кестен
<i>Quercus robur</i> L. subsp. <i>pedunculiflora</i> (K Koch) Menitsky	степски лужњак
<i>Tilia cordata</i> Miller subsp. <i>cordata</i>	ситнолисна липа
<i>Tilia rubra</i> DC subsp. <i>rubra</i>	црвена липа
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq subsp. <i>monogyna</i>	бели глог
<i>Crataegus nigra</i> Waldst & Kit	црни глог
<i>Crataegus pentagyna</i> Waldst & Kit	петостубичасти глог
<i>Prunus tenella</i> Batsch	степски бадем
<i>Rosa canina</i> L.	шипурак
<i>Salix rosmarinifolia</i> L.	рузмаринолисна врба
<i>Cornus mas</i> L.	дрен
<i>Celtis australis</i> L.	копривић

Извор: „Сл. гласник РС“, бр. 05/2010

Врсте наведене у Табелама 21 и 22 имају статус строго заштићених, односно заштићених и о примерцима ових врста (и унутарврских таксона) треба посебно водити рачуна приликом управљања зеленим просторима. Осим тога, требало би увек дати предност елементима локалне флоре, природне и потенцијалне вегетације, као и аутохтоним биљкама у односу на алохтоне врсте и егзоте.

6.6. Присуство инвазивних врста

Инвазивне врсте на територији Србије су предмет проучавања великог броја истраживања. У складу са литературним изворима) састављена је Табела 23 која наводи инвазивне врсте на територији Србије.

Табела 23. Инвазивне дрвенасте врсте у Србији

Инвазивне дрвенасте врсте у Србији*	
Латински назив	Домаћи назив
<i>Acer negundo</i> L.	пајавац
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	кисело дрво
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	багренац
<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) Vent.	дудовац
<i>Celtis occidentalis</i> L.	амерички копривић
<i>Fraxinus americana</i> L.	амерички јасен
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	гледичија
<i>Juglans nigra</i> L.	црни орах
<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	келреутерија
<i>Maclura aurantiaca</i> Nutt.	маклура
<i>Pinus nigra</i> Arn.	црни бор
<i>Populus x canadensis</i> Moench.	канадска црна топола
<i>Rhus typhina</i> L.	кисели руј
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	багрем
<i>Syringa vulgaris</i> L.	јоргован
<i>Ulmus pumila</i> L.	сибирски брест

Извор: Лазаревић и сар (2012); Стојановић и Јовановић (2018)

*Напомена: подебљана слова значе да је врста високо инвазивна

Иако су све наведене врсте претња за очување биодиверзитета на територији Србије, посебну претњу представљају: пајавац, кисело дрво, копривић, багрем и сибирски брест. Ове врсте су категорисане као високо инвазивне тако да њихову примену на зеленим површинама треба ограничити. Инвазивност врста треба посматрати и у контексту климатских промена, које убрзано мењају чиниоце спољашње средине. Наведене промене директно утичу на опстанак врста, јер свака биљна врста заузима одговарајућу еколошку нишу. Другим речима, биљне врсте опстају у одређеном распону вредности сваког чиниоца спољашње средине. Промене као што су: повећање просечне температуре ваздуха, промене у расподели и количини падавина, смањење влаге у земљишту и сл. могу узроковати висок абиотички стрес и угрозити опстанак биљним врстама.

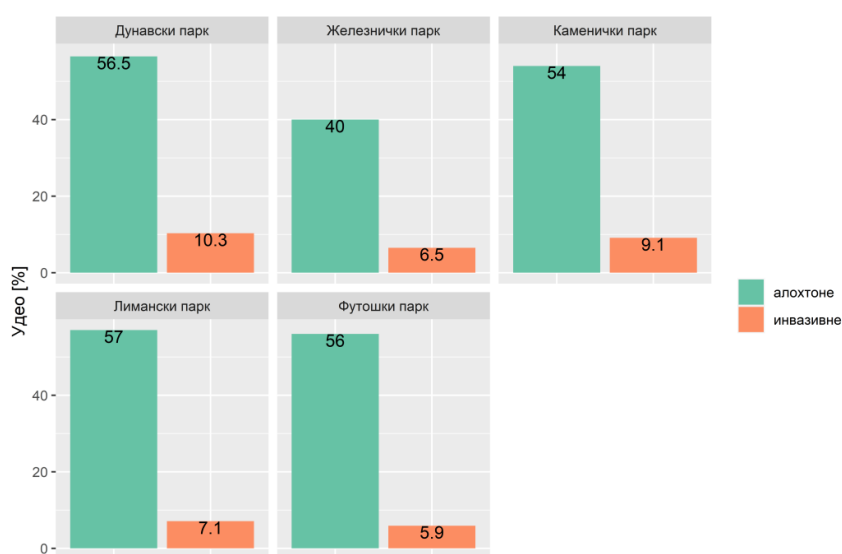
Пример инвазивне врсте која се често среће у градским и природним пејзажима је багрем. Ова врста је доминатна лишћарска врста у пошумљавању на територији Србије и даје јој се предност у односу на аутохтоне врсте због њене биомелиративне функције – ова врста брзо везује песковита земљишта и земљишта угрожена ерозионим процесима. Багрем се због своје декоративне вредности често користи и у парковима. Пошто је реч о медоносној врсти, багрем се често користи и за основање медоносних засада.

Увек је препорука да се избегава примена инвазивних, а посебно високо инвазивних врста у урбаним и природним пејзажима. У случајевима када се инвазивне врсте ипак уводе у простор, препорука је да се користе стерилни

клонови јер ће на тај начин бити ограничено ширење врсте семеном, тј. генеративним путем.

Инвазивне врсте су, по правилу, алохтоне. Процењује се да око 3% алохотних врста постане инвазивно. Период мировања, односно неиспољавања инвазивног карактера, може да траје и неколико десетина година након интродукције врсте, тако да се рано не може донети оцена о неинвазивности одређене врсте која се интродукује. Новим алохтоним врстама одговара непостојање природних непријатеља (болести, штеточина) које је карактеристично за почетни период њиховог прилагођавања новим условима средине. Уколико природни услови поспешују брже ширење врсте и њену способност лаког освајања и колонизације различитих станишта реч је о инвазивној врсти.

На Слици 6.15 приказан је удео алохтоних и инвазивних врста у парковима у Новом Саду.



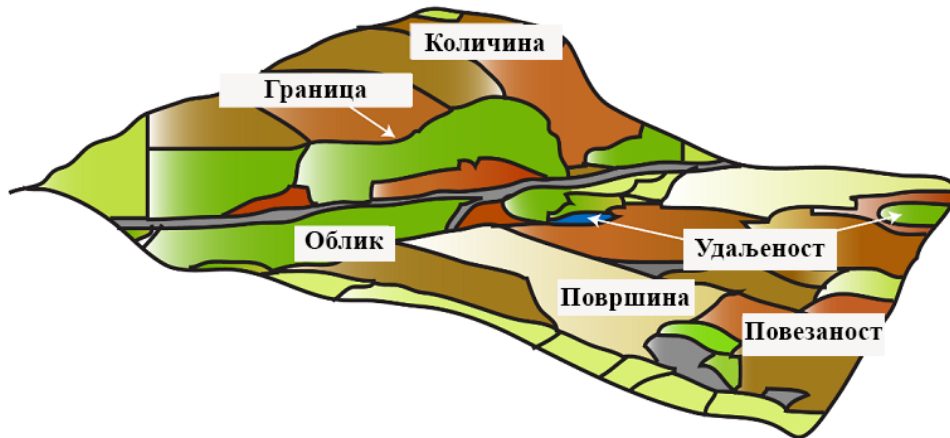
Слика 6.15. Удео алохтоних и инвазивних врста у дендрофлори паркова у Новом Саду
Извор: Lakicevic и сар. (2022)

Закључак је да је удео алохтоних врста у парковима Новог Сада висок, а удео инвазивних врста је релативно низак и у просеку износи (7,8%). Стање и ширење инвазивних врста треба пратити у свим парковима, а посебно у парковима који су заштићени као споменици природе. У Новом Саду, споменици природе су Дунавски, Футошки и Каменички парк и о њиховој дендрофлори треба посебно водити рачуна, јер су проглашени за заштићена подручја управо због својих природних вредности.

6.7. Метрика предела

Посебна област у оквиру предеоне екологије бави се проблемом метрике предела (*landscape metrics*). Синоним за метрику предела је метрика просторних образаца и основни задатак ове научне дисциплине је је анализа елемената просторне структуре у оквиру одређене географске области. Конвенционални приступ подразумева да се предео посматра као „јединство мозаично

распоређених предеоних фрагмената“ (Forman и Godron, 1986). Основни елементи који дефинишу структуру предела су приказани на Слици 6.16.

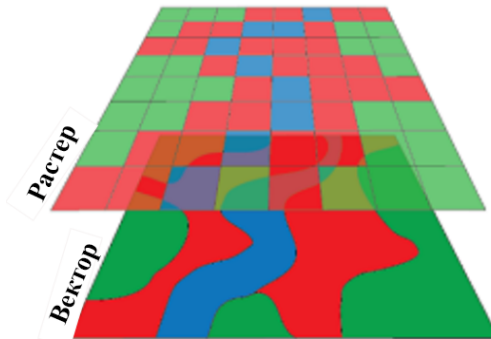


Слика 6.16. Концепт мозаика предеоних фрагмената
Извор: Frazier (2019)

Приликом анализе одређеног фрагмента у пределу најпре се одређује његова површина и облик. Површина се приказује као нумеричка вредност, а облик се дефинише описно (правоугаоник, трапез, елипса и сл.). Уколико се предео посматра као јединство предеоних фрагмената важно да се за сваки од њих зна тачна површина, као и облик који формирају и ово су почетни подаци у предеоној метрици на основу којих се спроводе даље анализе. У директној вези са површином предеоног фрагмента је и његов обим. У контексту метрике предела, обим се посматра као граница у односу на суседне елементе. Граница се надовезује на елемент повезаност, уколико два фрагмента имају већу заједничку границу сматра се да су боље повезани и обрнуто. Када се разматра елемент „повезаност“ важно је напоменути да се он односи и рачуна искључиво за суседне елементе, односно елементе који имају заједничку границу. Уколико предеони фрагменти нису повезани у просторном смислу, односно уколико припадају истом пределу, али не деле ниједну заједничку границу онда се за њих рачуна параметар који се назива удаљеност. Елемент „удаљеност“ је посебно важан када се разматра питање тзв. „фрагментације станишта“. Уколико би се посматрао предео са два фрагмента који представљају станиште за популације елемената локалне флоре важно је разматрати да ли су они просторно повезани. Уколико нису, важно је пратити промену елемента „удаљеност“ јер он условљава промене које се односе на фрагментацију односно уситњавање станишта. Елемент „количина“ приказује колико се пута одређени тип предеоног фрагмента понавља. Уколико се у оквиру предела издвајају следећи фрагменти: шуме, водене површине, изграђено земљиште (путеви), елемент „количина“ ће дати податак колико се пута сваки од њих понавља у оквиру истог предела.

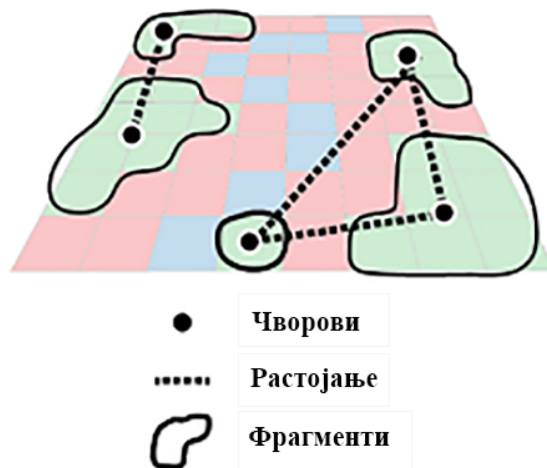
На основу елеманата количина и површина се одређује тип предела. На пример, уколико се шумски фрагмент понавља највише пута и заузима највећу површину онда се тај предео сматра за предео близак природном. Супротно томе, уколико се најчешће понављају већи фрагменти изграђеног земљишта предео се сматра за антропогенизовани и сл.

Као и за све остале анализе, и у метрици предела потребни су улазни подаци. Иако су резултати анализе нумерички подаци, за њихово добијање су потребне мапе. Почетне мапе могу бити у растер или векторском облику и основна разлика између њих приказана је на Слици 6.17.



Слика 6.17. Типови мапа
Извор: Frazier (2019)

Поједностављено говорећи, растер мапе представљају шематизован приказ предеоних елемената, док векторске имају природан облик и више одговарају стварном стању. Приликом анализе предела користе се оба типа мапа, али већи број пакета за обраду просторних података у програму *R* користи растер мапе. У циљу добијања свих података о предеоним елементима (површина, облик, количина, повезаност, границе и удаљеност), потребно је да се улазне мапе разматрају како је приказано на Слици 6.18.

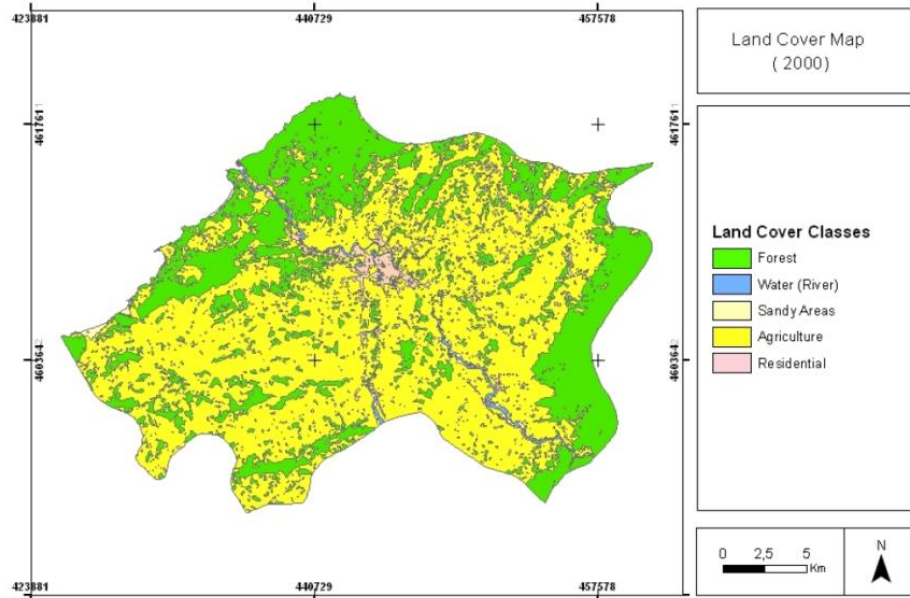


Слика 6.18. Поступак прорачуна предеоне метрике
Извор: Frazier (2019)

Независно од типа основне мапе (растер или векторска) потребно је да се за сваки елемент – предеони фрагмент дефинишу границе и тзв. „чворови“. Границе представљају контуре датог предеоног елемента, док чвор одговара његовом тежишту. Када се дефинишу односно нацртају границе и чворови за сваки предеони елемент могуће је даље одредити растојање између чворова. Наведени подаци се даље користе за добијање целовите просторне анализе предеоних елемената.

6.7.1. Пример прорачуна метрике предела

У овом поглављу ће бити описан пример прорачуна основних параметара метрике предела. Улазни подаци су две карте, односно два LANDSAT сателитска снимка терена у два временска периода – 2000. и 2010. години. На основу снимака одређен је начин коришћења земљишта (*landcover*) и за њихово означавање коришћени су исти називи у оба периода.



Слика 6.19. Пример прорачуна – начин коришћења земљишта (2000. година)
Извор: Gökyer (2013)

Као што је приказано на Слици 6.19 извојено је пет основних категорија: шуме, вода, песковита подручја, пољопривредно земљиште и стамбена зона. Коришћењем „fragstat“ програма добијени су резултати приказани на Слици 6.20.

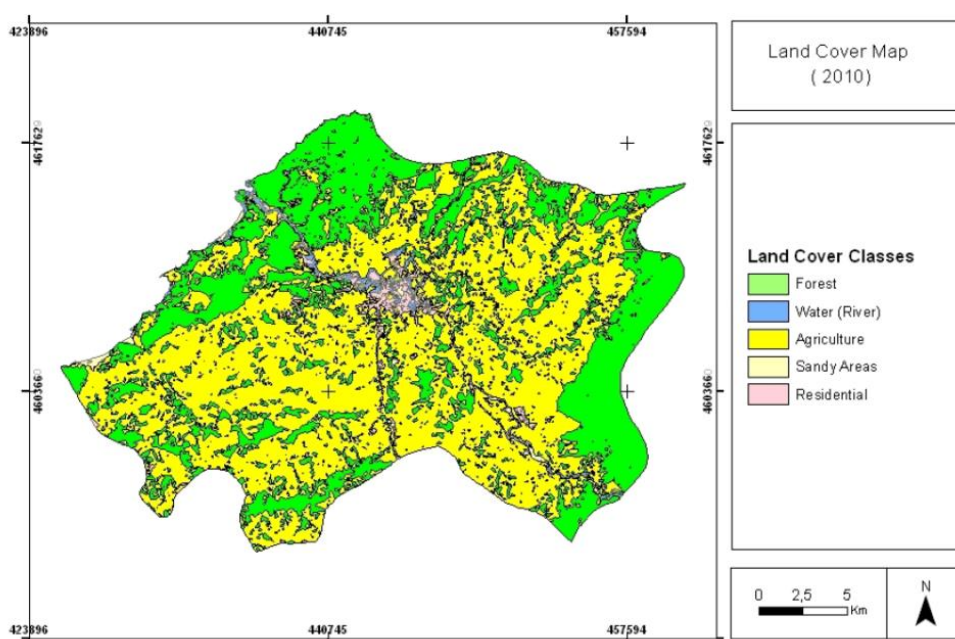
CalculationLevel	Calculated Parameters							
Class Level	CA (ha)	TLA (ha)	NUMP	MPS (ha)	TE(m)	MSI	SEI	SDI
Resident	1382	-	1180	1.1	440837	1.3	-	-
Agriculture	32834	-	570	57.6	1779556	1.4	-	-
Forest	17690	-	1169	15	1368308	1.4	-	-
Water (River)	550	-	318	1.7	171174	1.3	-	-
Sandy Areas	244	-	155	1.6	64093	1.2	-	-
Landscape Level	52703	52703	3392	15.5	3823970	1.3	0.8	0.5

Слика 6.20. Пример прорачуна – начин коришћења земљишта, метрика предела (2000. година)
Извор: Gökyer (2013)

У табели приказаној на Слици 6.20 извојени су следећи параметри: површина класе (CA – *class area*), укупна површина предела (TLA – *total landscape area*), број фрагмената (NUMP – *patch number*), просечна површина фрагмента (MPS – *mean patch size*), укупне ивице (TE – *total edge*), индекс просечног облика (MSI – *mean shape index*), Шенонов индекс уједначености (SEI – *Shannon evenness index*) и Шенонов индекс разноликости (SDI – *Shannon diversity index*).

Параметри површина класе (CA), број фрагмената (NUMP), просечна површина фрагмента (MPS), укупне ивице (TE) и индекс просечног облика (MSI) се рачунају за сваки предеони елемент – матрицу појединачно, док се укупна површина предела (TLA), Шенонов индекс уједначености (SEI) и Шенонов индекс разноликости (SDI) рачунају на нивоу целог предела.

Анализа предеоних елемената може да се заврши добијањем резултата за одређену годину, најчешће приказом тренутног стања (карта и нумеричких података груписаних у одговарајућу табелу). Оно што је у екологији предела посебно значајно је праћење промена, тако да се снимање терена, картирање и обрада података најчешће спроводе после одређеног временског периода, 5 или 10 година. Приказ стања у 2010. години (10 година након првог снимања) дат је на Слици 6.21.



Слика 6.21. Пример прорачуна – начин коришћења земљишта (2010. година)
Извор: Gökyer (2013)

На Слици 6.21 извојене су исте категорије – начин коришћења земљишта као и у анализи обављеној 2000. године. Како би се упоредиле настале промене обављени су одговарајући прорачуни и резултати су приказани на Слици 6.22.

Calculation Level	Calculated Parameters							
	CA (ha)	TLA (ha)	NUMP	MPS (ha)	TE (m)	MSI	SEI	SDI
Resident	1034	-	731	1.4	316104	1.3	-	-
Agriculture	31429	-	666	47	1843999	1.4	-	-
Forest	19031	-	1240	15	1543806	1.4	-	-
Water (River)	847	-	722	1.2	299287	1.3	-	-
Sandy Areas	362	-	279	1.2	109238	1.3	-	-
Landscape Level	52703	52703	3638	14.5	4112437	1.4	0.9	0.5

Слика 6.22. Пример прорачуна – начин коришћења земљишта, метрика предела (2010. година)
Извор: Gökyer (2013)

На крају би требало упоредити вредности параметара за оба посматрана периода. Вредности су израчунате за сваки елемент појединачно и на нивоу целог предела и резултати су приказани у Табели 24.

Табела 24. Пример прорачуна – начин коришћења земљишта, метрика предела (2000. и 2010. година), поређење резултата

Calculation level	Calculation parameters							
Class level	CA (ha)	TLA (ha)	NUMP	MPS (ha)	TE (m)	MSI	SEI	SDI
Resident	348	-	449	-0.3	124,733	0	-	-
Agriculture	1,408	-	-96	10.6	-64,443	0	-	-
Forest	-1,341	-	-71	0	-175,498	0	-	-
Water	-297	-	-404	0.5	-128,113	0	-	-
Sandy areas	-118	-	-124	0.4	-45,145	0.1	-	-
Landscape level	0	0	-246	1.0	-288,467	0.1	0.1	0.0

Легенда: повећање вредности, смањење вредности

Извор: аутор

Тумачење резултата из Табеле 24 је како следи у даљем тексту:

Површина класе (CA) је измењена на нивоу површине коју заузимају различити предеони елементи – матрице. Повећане су површине стамбене зоне и површина намењених за пољопривреду, а смањене су површине природних целина – шуме, водних елемената и песковитих подручја. Пошто је посматрано исто подручје, укупна површина предела је остала непромењена.

Број фрагмената (NUMP) представља број понављања датог елемента на нивоу предела. Увећање овог броја између два периода упућује на то да је дошло до фрагментације предеоних елемената. У анализираном примеру, дошло је до смањења броја фрагмената у посматраном периоду, али пошто је ову промену пратило и смањење површине фрагмената закључује се да су одређени фрагменти изгубљени (посебно везани за категорију – вода).

Просечна површина фрагмента (MPS) се користи у препознавању фрагментације предеоних елемената. Повећање индекса просечне површине упућује да је дошло до фрагментације одређеног предеоног елемента, а ова анализа се спроводи и на нивоу целог предела. У приказаном примеру, индекс просечне површине је повећан само за стамбену зону и то је последица проширења ове зоне. У свом осталим матрицама и на нивоу целог предела, индекс просечне површине осталих предеоних елемената је смањен.

Укупне ивице (TE) су параметар који је нарочито значајан за очување биљног и животињског фонда. Дуже ивице предеоних елемената као што су шуме, водени токови и сл. омогућавају опстанак великом броју врста. На основу вредности овог параметра може се одредити погодност подручја за опстанак угрожених врста. У приказаном примеру, границе свих природних елемената су смањене што отежава опстанак природним заједницама у овом подручју.

Индекс просечног облика (MSI) успоставља везу између пречника одређеног предеоног елемента и његове површине. Сходно томе, промене индекса просечног облика се не посматрају самостално већ узимајући у обзир, пре свега, просечну површину фрагмента. У наведеном примеру, индекс просечног облика је

остао непромењен или је незнатно промењен у свим предеоним елемената. То значи да су се, у анализираном пределу, површине пропорционално повећавале (стамбена зона) или смањивале (природни елементи). На нивоу целог предела уочена је мања промена (0,1) индекса просечног облика.

Шенонов индекс уједначености (SEI) се односи на (равномерну или неравномерну) расподелу предеоних елемената у оквиру предела. Овај индекс није ни на који начин повезан са индексом биодиверзитета сличног назива. Шенонов индекс уједначености, у екологији предела, се односи на равномерност расподеле елемената и вредности блиске 1 сугеришу да је расподела правилна. У анализираном примеру, вредност Шеноновог индекса је 0,9 што је блиско вредности правилне расподеле.

Шенонов индекс разноликости (SDI) се односи разноврсност фрагмената у оквиру предела. Уколико је вредност Шеноновог индекса разноликости 0, то би значило да се предео састоји од само једног предеоног елемента. Пред прорачуна на нивоу предела, овај индекс се може рачунати и на нивоу поједначних елемената. У истраживаном подручју, током анализираног периода, индекс разноликости је остао непромењен. То се може закључити и поређењем легенди на Сликама 6.19 и 6.21, јер је су у оба периода регистровани исти предеони елементи. Из наведеног описа се закључује да и овај индекс није ни на који начин повезан са истоименим индексом који се користи у анализи диверзитета врста.

7. Литература

„Службени гласник РС“, бр. 05/2010

„Службени гласник РС“, бр. 88/2010

- Arany, I., Aszalós, R., Kuslits, B., Tanács, E. (2018). Екосистемске услуге у заштићеним крашким подручјима. Интеррег Дунавски транснационални програм, пројекат ЕСО KARST.
- Chamberlain, S., Barve, V., Mcglinn, D., Oldoni, D., Desmet, P., Geffert, L., Ram, K. (2022). `_rgbif`: Interface to the Global Biodiversity Information Facility API. R package version 1.3.0, <https://CRAN.R-project.org/package=rgbif>
- Chan, L., Hillel, O., Werner, P., Holman, N., Coetzee, I., Galt, R., and Elmqvist, T. 2021 Handbook on the Singapore Index on Cities' Biodiversity (also known as the City Biodiversity Index). Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Singapore: National Parks Board, Singapore.
- Dennis, M. (2020). Landscape metrics. The University of Massachusetts Amherst, Massachusetts, USA.
- EEA – European Environment Agency (2012). Urban climate analysis map for the city of Arnhem, the Netherlands.
- EEA – European Environment Agency (2021). Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction. EEA Report. No. 01/2011.
- EEA – European Environment Agency (2022). [Urban tree cover – European Environment Agency \(europa.eu\)](https://europea.eu)
- FISGRW (1998). Steam Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices by the US Federal Interagency Stream Restoration Working Group, Docs. No. A 57.6/2=EN3/PT.653.0-93421-359-3.
- Forman, T.T., Godron, M. (1986). Landscape Ecology. John Willey and Sons, New York, USA.
- Frazier, A. (2019). Landscape Metrics. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge, Wilson J.P. (Ed.). <https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/landscape-metrics>
- Gökyer, E. (2013). Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics. In: Advances in Landscape Architecture. Özyavuz, M. (Ed.), IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/55758>
- Haas, T., Troglia, E. (2017). Energy transect modeling and sustainable urban cells approach: Harmonizing the urban and green tissues. Geo-SEE Institute, Skopje.
- Jongman, R.H.G., Bouwma, I.M., Griffioen, A. (2011). The Pan European Ecological Network: PEEN. Landscape Ecology 26: 311–326. <https://doi.org/10.1007/s10980-010-9567-x>
- Jongman, R.H.G., Bunce, R.G.H., Metzger, M.J., Múcher, C.A., Howard, D.C., Mateus, V.L. (2006). A statistical environmental stratification of Europe: objectives and applications. Landscape Ecology 21: 409–419. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-6428-0>
- Jurišić, B., Obratov-Petković, D., Bjedov, I., Bojat, N., Stevanović, V. (2011). Analysis of the biological spectrum of vascular flora of ravni srem flood forests. Bulletin of the Faculty of Forestry 104: 57-70.
- Kangas, A., Kurttila, M., Hujala, T., Eyvindson, K., Kangas, J. (2015). Decision Support for Forest Management. Springer International Publishing, Cham, Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23522-6>
- Kleerekoper, L., van Esch, M., Salcedo, T.B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. Resources, Conservation and Recycling 64: 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004>

- Konijnendijk, C., Nilsson, K., Randrup, T., Schipperijn, J. (2005). *Urban Forests and Trees*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/3-540-27684-X>
- Lakićević, M. (2020). Program R in mapping of protected natural assets in Serbia. *Journal for Natural Sciences Matica srpska*, 139: 111-118. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN2039115L>
- Lakićević, M. (2021). Creating maps in R (Case study: National park “Fruška gora”). *Contemporary Agriculture*, 70(1-2), 41-45. <https://doi.org/10.2478/contagri-2021-0008>
- Lakićević, M., Mladenović, E. (2018). Non-native and invasive tree species – their impact on biodiversity loss. *Journal for Natural Sciences Matica srpska* 134: 19-26. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN1834019L>
- Lakićević, M., Orlović, S., Hiel, K., Šeremešić, S., Kolarov, R., Maksimović, M. (2021). Biodiversity indices for the Futog park (Novi Sad, Serbia). *Journal for Natural Sciences Matica srpska*, 140: 127-135. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN2140127L>
- Lakicevic, M., Povak, N., Reynolds, K.M. (2020). *Introduction to R for Terrestrial Ecology*. Springer Nature, Cham, Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27603-4>
- Lakicevic, M., Reynolds, K.M., Orlovic, S., Kolarov, R. (2022). Measuring dendrofloristic diversity in urban parks in Novi Sad (Serbia). *Trees, Forests and People* 8: 100239. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100239>
- Lawton, J.H., Brotherton, P.N.M., Brown, V.K., Elphick, C., Fitter, A.H., Forshaw, J., Haddow, R.W., Hilborner, S., Leafe, R.N., Mace, G.M., Southgate, M.P., Sutherland, W.J., Tew, T.E., Varley, J., Wynne, G.R. (2010). *Making Space for Nature: a review of England’s wildlife sites and ecological networks*. Report to Defra.
- Lortie, C.J., Braun, J., Filazzola, A, Miguel, F. (2020). A checklist for choosing between R packages in ecology and evolution. *Ecology and Evolution*. 10: 1098–1105. <https://doi.org/10.1002/ece3.5970>
- Maes, J., Zulian, G., Guenther, S., Thijssen, M. and Raynal, J. (2019). *Enhancing Resilience Of Urban Ecosystems through Green Infrastructure (EnRoute)*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, <https://doi.org/10.2760/689989>
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, London, United Kingdom. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.049>
- Millennium Ecosystem Assessment, (2003). *Ecosystems and Human Well-Being; a Framework for Assessment*. Island Press, Washington.
- Niemelä, J. Breuste, J.H., Guntenspergen, G., McIntyre, N.E., Elmqvist, T. James, P. (2012). *Urban ecology – patterns, processes and applications*. Oxford University Process Inc., New York, USA. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199563562.001.0001>
- Nowak, D.J. (2013). The interactions between urban forests and global climate change. In: Abdollahi, K. and Ning, Z.H.(eds.) *Urban forests and global climate change*. Franklin Press.
- Rakić, T., Lazarevic, M., Jovanović, Ž., Radovic, S., Siljak-Yakovlev, S., Stevanovic, B., Stevanović, V. (2014). Resurrection plants of the genus *Ramonda*: Prospective survival strategies - Unlock further capacity of adaptation, or embark on the path of evolution?. *Frontiers in Plant Science* 4: 550. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00550>
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012) *Cities and Biodiversity Outlook*. Montreal, Canada.
- Shiliang, L. (2016). *Research on Road Landscape Ecology*, Beijing Normal University Press, China.
- The New International Encyclopedia (1914). Dodd, Mead and Company., New York, USA.
- Tomić, Z. (2000). Plant community *Quercetum farnetto-cerris scardicum* Krasn. 1968 at Lipovica near Priština. *Bulletin of the Faculty of Forestry* 83: 131-144.

- WHO Regional Office for Europe (2016): Urban green spaces and health – a review of evidence. Copenhagen, Denmark.
- Wu, J. (2013). Landscape Ecology. In: Leemans, R. (eds) Ecological Systems. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5755-8_11
- Zhou, W., Cadenasso, M.L., Schwarz, K., Pickett, S.T.A. (2014). Quantifying Spatial Heterogeneity in Urban Landscapes: Integrating Visual Interpretation and Object-Based Classification. Remote Sensing 6: 3369-3386. <https://doi.org/10.3390/rs6043369>
- Бједов, И. (2019). Вегетација предела – практикум. Шумарски факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Вујић, А. (2008). Заштита природе. Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад.
- Јанковић, М. (1995). Развој еколошке мисли у Србији. ЕКО Центар, Београд.
- Лазаревић, П., Стојановић, В., Јелић, И., Перић, Р., Крстески, В., Ајтић, Р., Секулић, Н., Бранковић, С., Секулић, Г., Бједов, В. (2012). Прелиминарни списак инвазивних врста у Републици Србији са општим мерама контроле и сузбијања као потпора будућим законским актима. Заштита природе 62: 5-31.
- Лакићевић, М. (2018). Животна средина и одрживи развој. Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад.
- Љевнајић-Машић, Б., Коњевић, А., Џигурски, Д. (2020). Принципи екологије – практикум. Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад.
- Љешевић, М. (2002). Урбана екологија. Географски факултет, Универзитет у Београду. Београд.
- Младеновић, Е., Орловић, С., Павловић, Л., Чукановић, Ј., Лакићевић, М., Љубојевић, М., Хиел, К., Сентић, И., Бајић, Л. (2021): Анализа стања зеленила Универзитетског парка у Новом Саду. Летопис научних радова Пољопривредног факултета 45(1): 19-25.
- Ранђеловић, В. (2017): Фитогеографија. Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, Ниш.
- Секулић, Н., Шинжар-Секулић, Ј. (2010). Емералд еколошка мрежа у Србији. Министарство животне средине и просторног планирања и Завод за заштиту природе Србије.
- Стевановић, Б.М, Јанковић, М.М. (2001): Екологија биљака. NNK International, Београд.
- Стојановић, В., Јовановић, И. (2018). Преглед инвазивних и потенцијално инвазивних врста биљака у Републици Србији и окружењу у циљу утврђивања њиховог статуса на националном нивоу. Заштита природе 68: 41-59.
- Томић, З. (2004). Шумарска фитоценологија. Шумарски факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Завод за заштиту природе Србије. (2022). Просторно-планерска доментација.

Интернет извори:

- [1] www.iucn.org/logo
- [2] www.worldwildlife.org/about
- [3] www.panda.org/discover/about_wwf/our_goals
- [4] www.zzps.rs/wp/zasticena-podrucja
- [5] www.pzzp.rs/o-nama/ukratko-o-zavodu
- [6] www.natura2000.gov.rs/en/natura-2000-viewer/
- [7] www.plantlife.org.uk/uk/nature-reserves-important-plant-areas

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

502.131.1(075.8)
574(075.8)

ЛАКИЋЕВИЋ, Милена, 1983-

Животна средина и екологија предела / Милена Д.
Лакићевић. - Нови Сад : Пољопривредни факултет, 2023
(Ниш : Графика "Галеб"). - 111 стр. : илустр. ; 30 см. -
(Едиција Основни уџбеник / Пољопривредни факултет,
Нови Сад)

Тираж 20. - Библиографија.

ISBN 978-86-7520-557-9

а) Животна средина б) Екологија предела

COBISS.SR-ID 107088649