

**СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ ГЕОЛОГО-
ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ**

КАТЕДРА:

ЛАНДШАФТНА ЕКОЛОГИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ПРИРОДНАТА СРЕДА

Николай Мирославов Николов

**ГЕОПРОСТРАНСТВЕНА СТРУКТУРА НА ХАБИТАТИТЕ КАТО ФАКТОР
ЗА ОСИГУРЯВАНЕТО НА ЕКОСИСТЕМНАТА УСЛУГА ОПРАШВАНЕ**

АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД

за присъждане на образователна и научна степен доктор
Професионално направление: 4.4 Науки за Земята
(Биогеография и география на почвите)

Научен ръководител:

Доц. д-р Биляна Борисова

Научно жури:

Проф. д-р Асен Асенов
Проф. д-р Миглена Жиянски
Доц. д-р Зорница Чолакова
Доц. д-р Светла Братанова-
Дончева
Доц. д-р Ана Петрова

29.01.2024

Дисертационният труд съдържа 221 страници, от които 170 страници основен текст и 51 страници приложения. Дисертационният труд включва 35 фигури, 1 таблица, 6 изображения и 27 приложения. Списъкът на използваните източници обхваща 176 заглавия, от които 35 са на кирилица, 133 на латиница и 8 източника от Интернет. Дисертационният труд е обсъден на заседание на катедра „Ландшафтна екология и опазване на природната среда” при Геолого-географски факултет на СУ „Св. Климент Охридски”, проведено на 31.01.2024 г. и е и насочен за публична защита пред специализирано жури в състав:

1. Проф. д-р Асен Асенов
2. Проф. д-р Миглена Жиянски
3. Доц. д-р Зорница Чолакова
4. Доц. д-р Светла Братанова-Дончева
5. Доц. д-р Ана Петрова

Съдържание

Увод	5
1.Актуалност на темата и мотивация	5
2.Научна хипотеза	6
3.Цел на изследването	6
4.Предмет на изследването	6
5.Обект на изследване	6
6.Задачи	7
I Глава. Литературен преглед	7
1.Кратък преглед на изследванията върху опрашването като функция на екосистемите и екосистемна услуга	7
2.Медоносната пчела и нейното значение за опрашването като контролируем опрашител.....	8
3.Медоносната растителност в България	8
4.Преглед на ландшафтните метрики и тяхното приложение в изследванията на опрашването	9
II. Глава Теоретична постановка	10
1.Екосистемни услуги.....	10
2.Екосистемна услуга „Опрашване“	10
3.Ролята на хабитатите за осигуряването на екосистемната услуга „опрашване“	11
4.Управление, възстановяване и свързване на хабитатите – значение на съвременната им геопространствена структура. Нектарни коридори.....	12
5.Композиция и конфигурация на ландшафтната структура.....	13
III. Глава Методика на изследването.....	13
1.Методическа схема на изследването	15
2.Район на изследване	18
3.Камерален етап.....	19
4.Картографиране на резултатите.....	19
5.Методология на определянето на разнообразие и покритие на медоносната растителност по хабитатни типове	20
6. Приложение на ландшафтна метрика за изследване на геопространствената структура на хабитатите в територията на изследване	21
IV. Глава Резултати.....	21
1. Списък на медоносните растения в България	21
2. Хабитатни типове, идентифицирани в обхвата на изследваната територия	21

3. Разнообразие и покритие на медоносната растителност по хабитатни типове	23
4. Интегриран анализ на показателите разнообразие и покритие на медоносната растителност по хабитатни типове в районите на изследване ..	25
5. Анализ на геопространствената структура на хабитатите посредством ландшафтна метрика	29
Дискусионни въпроси	32
Заключение	34
Приноси на научното изследване:	37
Списък на публикациите по темата на дисертационния труд	37
Литература	38
Приложения	41

Увод

1. Актуалност на темата и мотивация

Темата на изследването е интердисциплинарна и е пряко обвързана с едни от основните проблеми, пред които е изправено човечеството в съвременния глобален свят – осигуряване на благоприятна жизнена среда и сигурен достъп до ресурси. В изследването директно или косвено са разгледани теми като: биоразнообразие и екосистемни услуги, загуба на ценни хабитати и глобално изчезване на опрашители, устойчивост в земеделието и активни действия срещу продоволствената криза. В наши дни, влиянието на реалните промени на средата върху човешкото благосъстояние, произтичащи от загубата на хабитати, загуба на опрашители и недостиг на храни, става все по-очевидно. Тези сериозни глобални предизвикателства са трайно във вниманието на наднационални организации като FAO и IPBES, които са посветили дейността си на тяхното решаване.

Унищожаването на естествени хабитати, загубата на биоразнообразие и на важни екосистемни функции са сред основните теми на научен интерес и политически дискусии. Обсъждането на тези въпроси и предприемането на научно обосновани решения и действия не само че имат значително влияние върху подобряването на здравето на екосистемите, но и са необходима стъпка за преодоляване на сериозните предизвикателства пред устойчивото развитие на човечеството.

Предприех това изследване, воден от интерес към проблемите със загубата на биоразнообразие и световната криза на опрашителите. Масовата загуба на опрашители е пряко свързана със загубата на местообитания - трайни нарушения в абиотичната среда и изчезването на растителни видове, които формират хранителна среда за опрашителите. А загубата на опрашители е повсеместна (Shivanna, 2019). Взаимодействията между опрашители и растения са важна природна система, в която човекът предизвиква дълбоки, и често необратими, изменения - тези изменения в повечето случаи са пагубни за видовете, както опрашители, така и растения. Изчезването само на един вид опрашител може да доведе до изчезването на няколко растителни вида и обратното. Тези процеси отключват каскадно изчезване на биологично разнообразие (Shivanna et. al, 2019).

Образованието ми в бакалавърска, магистърска и докторска програма в Софийски университет „Св. Климент Охридски“ ми позволи да изградя собствен методически подход към анализа на гореспоменатите предизвикателства и съчета в единно изследване:

- Биогеографските подходи и анализи в изследването на растителното разнообразие
- Системният подход и Ландшафтно екологичната концепция в анализа на пряката обвързаност между структурата на дадена географска територия и нейните екологични функции

- Традиционни подходи в теренните изследвания с нови подходи за статистическа обработка на екологични данни, картографска визуализация и последващи количествени измервания на геопространствената структура на хабитатите

2. Научна хипотеза

Пространствената конфигурация и композиционното разнообразие на хабитатите са основни фактори за осигуряването на екосистемната услуга опрашване.

3. Цел на изследването

Целта на настоящето изследване е да се анализира ролята на геопространствената структура на хабитатите за поддържането и подобряването на ефективността на екосистемната услуга опрашване.

Използван е комплексен подход, включващ геопространствени анализи и полеви наблюдения, за идентифицирането на значими фактори, които определят ефективността на хабитатите да предоставят екосистемната услуга опрашване. Така, целта на изследването е не само да допринесе към научните знания за връзката между геопространствената структура на хабитатите и екосистемната услуга опрашване, но и да предложи практически насоки за устойчиво управление на контролираните опрашители.

4. Предмет на изследването

Основен предмет на изследването е биологичното разнообразие. То е изследвано на хабитатно и таксономично ниво, като е проследено чрез геопространствени анализи на хабитатите. Анализирани са три атрибута на геопространствената структура на хабитатите: 1) хабитатна композиция; 2) хабитатна конфигурация и вътрешно (интериорно) съдържание на медоносни видове (таксономично разнообразие) в хабитатите.

В рамките на предмета се разглежда как хабитатната композиция (разнообразието и богатството на хабитатите в районите на изследване), хабитатната конфигурация (разположението и свързаността на хабитатите) и наличието на медоносни растения влияят на предоставянето на екосистемната услуга опрашване и общото поддържане на биоразнообразието.

5. Обект на изследване

Обект на изучаване в настоящето изследване са четири представителни района за Северозападна България. Тези райони са формирани, както следва

- Дунавски район – обхваща територии в близост до река Дунав и части от Дунавската равнина като за център на района се приема село Селановци.

- Ботунски район – обхваща част от територията на Бързийско-Ботунското структурно понижение. За център на района се приема село Големо Бабино.
- Район на рида Веслец – обхваща част от рида Веслец и разположените северно от него равнинни територии. За център на района се приема село Веслец.
- Старопланински район – обхваща Вършечката котловина, части от планината Козница и най-западните предпланински склонове на Врачанска планина. За център на района е приет град Вършец.

6. Задачи

За постигането на поставената цел е предвидено изпълнението на следните задачи:

[1] Систематизиране на актуална информация с отношение към разпространението в България на медоносни видове растителност;

[2] Определяне и картографиране на геопространствената структура на обекта на изследване по показателите: 1. Хабитатно разнообразие и 2. Вътрешно разнообразие на медоносна растителност по типове хабитати;

[3] Избор на ландшафтно метрични показатели и провеждане на количествени измервания на геопространствената структура във връзка с предпоставките за предоставяне на екосистемната функция опрашване: 1. Хабитатна композиция и 2. Хабитатна конфигурация

I Глава. Литературен преглед

1. Кратък преглед на изследванията върху опрашването като функция на екосистемите и екосистемна услуга

Процесите на опрашване получават своето заслужено признание като екосистемна услуга в края на XX и началото на XXI век. Дейли (Dayli, 1997) публикува книгата си „Nature's services: societal dependence on natural ecosystems“, в която опрашването е признато като ключова екосистемна услуга. Набхан и Бухман (Buchmann & Nabhan, 1996) се фокусират върху икономическата стойност и екологичното значение на опрашването като екосистемна услуга. Създаването на международни организации като IPBES подчертава важноста от интегрирането на научните познания в политическите решения, като се акцентира върху глобалните и локални измерения на опрашването и неговото значение за производството на храни и биоразнообразието.

Работата на изтъкнати учени като Клеър Кремен, Дейв Гулсън и Нийл Уилямс е съществена за изследването и подобряването на управлението на

опрашители в различни екосистеми. Те разглеждат значението на дивите пчели, въздействието на агроекологичните практики и ролята на опрашители в селскостопанските ландшафти. Българският опит в изследванията на опрашването е представен от дейността на Екатерина Кожухарова. Изследванията ѝ включват теми, посветени на опрашването на различни медицински растения (2002, 2004, 2007) и тяхната зависимост и уязвимост от изчезването на опрашители (2017). Пространствен модел на опрашването в България и карта на опрашването в България са изработени от Zulian et al. (2017). Тези проучвания укрепват връзката между научните открития и практическото им прилагане в подкрепа на устойчивото развитие на опрашители и опазването на биоразнообразието.

2. Медоносната пчела и нейното значение за опрашването като контролируем опрашител

Практиките на подвижно пчеларство и заплащане на екосистемната услуга опрашване още в средата на XX век подчертават растящото значение на медоносните пчели като ключов опрашител в промишленото земеделие, а това води до значително увеличение на броя на управляваните пчелни колонии в последния половин век. Въпреки тенденцията към увеличаване на броя на пчелните колонии в световен мащаб, опрашването на културите и растенията е в риск от съвременните предизвикателства, свързани с развитието на множество болести и патогени, със Синдрома на празния кошер, с климатичните промени, със загубата на биологично разнообразие и др. екологични заплахи.

Процесът опрашване е сложна система на взаимовръзки между опрашители и растения. Медоносната растителност (богати на цветен прашец и нектар растения) е важен компонент на съвременното биоразнообразие (IPBES, 2016). Разнообразието на медоносни растения в дадено местообитание оказва пряко влияние върху здравето и продуктивността на медоносните пчели (Asensio et al., 2016; Voncristiani et al., 2021). Разнообразие на медоносна растителност, цъфтяща в различни периоди от годината, гарантира постоянен приток на хранителни вещества към пчелните колонии (Lau et al., 2019). От своя страна медоносната пчела гарантира опрашването, и съответно - възпроизводството на медоносните растения.

3. Медоносната растителност в България

Медоносната растителност в България е обект на научен интерес, зародил се непосредствено след Освобождението, когато започват първите сериозни изследвания в тази област. Началните публикации са описателни, но с течение на времето те се развиват в по-дълбоки анализи, обхващащи условията на цъфтеж, медоносна продуктивност и взаимодействието с пчелите. През последните две десетилетия, се акцентира върху разнообразието на медоносни растения в различни региони на страната.

Изследванията на Н. Стоянов (1933) и В. Петков (1979; 2006), предоставят подробни описания на медоносни видове и тяхната значимост за пчеларството. В техните разработки се засягат теми отнасящи се до методите за събиране и анализ на данни, оценки на медоносността на различни видове растения и тяхната роля в екосистемите. Разнообразието на медоносните растения в българската флора е подробно проучено от Ташев и Панчева (2009 а,б), Tashev et al. (2015). Според Ташев и Панчева (2009а) диворастящите медоносни растения в страната са представени от 564 вида (14.1% от всички видове), които се отнасят към 232 рода и 75 семейства. Изследванията в съседните Балкански държави позволяват сравнителен анализ на флоралните ресурси в региона.

Изучаването на медоносната растителност в България предоставя сведения за биоразнообразието и ролята на специфични растителни видове в подкрепа на местните пчелни популации. За изследвания на взаимодействията между медоносните растения, медоносната пчела и предоставянето на екосистемната услуга опрашване в пространството могат да се използват ландшафтни метрики (ЛМ). ЛМ имат потенциала на инструмент за изследване на опрашването, като подпомагат анализа на структурните и функционалните характеристики на ландшафта, които влияят на разпространението и качеството на ресурсите за опрашители като медоносната пчела. Приложението на ЛМ ни дава възможност за разработването на по-широка аналитична рамка. Такъв подход разширява възможностите за аналитичен обзор и подчертава значението на интеграцията на различни изследователски инструменти за комплексно изследване на опрашването като важен екосистемен процес.

4. Преглед на ландшафтните метрики и тяхното приложение в изследванията на опрашването

Напредъкът в ландшафтната екология е подпомогнат от създаването на ЛМ, чието начало е поставено с първите инструменти като FRAGSTATS (създаден от McGarigal и Marks през 1995 г.) и преминава към по-комплексни софтуерни пакети като "landscapemetrics" в R Studio (създаден от Hesselbarth et. al през 2019 г.). Тези инструменти променят количествената оценка и анализа на ландшафтните модели, разширявайки познанията за пространствената динамика и еколого-биологичните процеси. Съвременните технологии като "landscapemetrics" са достъпни и гъвкави, което насърчава непрекъснатото развитие и прилагане на ЛМ в екологични изследвания и тяхното задълбочено изучаване.

Литературният преглед на ЛМ и тяхното приложение в изследванията на опрашването откроява напредъка в количествената оценка и осмислянето на взаимодействията в ландшафтните. Интеграцията на географски информационни системи (ГИС), сателитни изображения и разработката на софтуери като FRAGSTATS и "landscapemetrics" позволява точен анализ на пространствената структура. Тези методи увеличават възможностите за изследване и проследяване на фрагментация (Almenar et al., 2019; Rahimi et al., 2021), влиянието на промените

в земеползването и климатичните колебания върху опрашването (Seddon et al., 2016). ЛМ са утвърдени като ключов инструмент за научни и практически цели в управлението на екосистемите, подпомагайки информираното вземане на решения за екосистемните услуги като опрашването. Те съдействат за разработването на устойчиви управленски стратегии и политики. Значимостта и влиянието на ЛМ в екологичните изследвания се очаква да расте, допринасяйки за опазването на сложни и динамични екосистеми.

II. Глава Теоретична постановка

1. Екосистемни услуги

От края на XX век, концепцията за екосистемните услуги, обозначаващи ползите, които хората получават от екосистемите, се превръща в основен предмет на научни изследвания благодарение на трудовете на учени като De Groot и Daily. Тази концепция подчертава стойността на природните екосистеми за човечеството и се превръща в значим елемент в разработването на стратегии за противодействие на глобалната екологична криза, особено след публикуването на "Оценката на хилядолетието" (Millenium Ecosystem Assessment) по заявка на ООН между 2001 и 2005 г.

През последните десетилетия се наблюдава нарастваща тенденция към оценяване и картографиране на екосистемните услуги, както и към интегрирането им в икономическите и политическите рамки на различни нива (SEEA-EA). Концепцията за екосистемните услуги влиза трайно във фокуса на политиките за биологичното разнообразие, каквато е Стратегията на ЕС за биологичното разнообразие до 2020 г. Изпълнението на Дейност 5 на Стратегията се превръща в основа за разработването и прилагането в европейските страни на аналитична рамка и поддържащ методически инструментариум за картографирането и оценката на екосистемите и на услугите (процес MAES). В България, проектът MetEcoSMar е пример за национални усилия за картографиране и оценка на екосистемите и техните услуги, като част от широките стратегии за опазване на биологичното разнообразие и устойчиво развитие в контекста на Европейския съюз и глобалните инициативи.

2. Екосистемна услуга „Опрашване“

Международната класификация на екосистемните услуги (CICES, Haines-Young, R. And M.V. Potschin, 2018) определя опрашването като регулираща и поддържаща екосистемна услуга от биотата, която поддържа жизнения цикъл, опазва хабитатите и генофонда.

Опрашването е процес, който включва пренасянето на цветен прашец между частите на цветя и между цветовете (Zulian et al. 2014, Müller et al. 2020). В този

контекст опрашването от животни, по-специално от насекоми, играе основна роля (Gallai et al. 2009, Zulian et al. 2014, Müller et al. 2020).

Лесно е да се подцени и е невъзможно да се преувеличи значението на опрашителите и опрашващите услуги, които те предоставят на растенията (Ollerton, 2021).

Значението на опрашителите за продоволствената сигурност е неоспоримо. Няколко организации, освен IPBES, са се посветили на борбата с продоволствената криза, и опрашването е един от фокусите на техните изследвания. FAO провежда изследвания и предоставя насоки за устойчиви селскостопански практики за опазване на опрашителите (Nations, 2018).

Необходимостта от производство на храни за човечеството и постоянно нарастващите изисквания към земеделието за осигуряване на продоволствена ефективност, генерират сериозно увеличение на пчелните колонии в света. Те са под силен натиск, изразяващ се в ежегодна висока смъртност под влиянието на различни фактори, като един от основните е загубата на местообитания.

В България са ежегодни сведенията за висока, както зимна така и лятна, смъртност на пчелни колонии. През 2021-2022 година е наблюдавана висока смъртност на пчелни колонии във Врачанска и Плевенска област. Причините за това може да са най-различни и обикновено са комплексни, но всички сведения, анализирани до сега сочат, че една от главните причини е загубата на местообитания.

3. Ролята на хабитатите за осигуряването на екосистемната услуга „опрашване“

Хабитатите играят решаваща роля за поддържането на жизнените цикли на опрашващите видове и по този начин осигуряването на ефективно опрашване на широк спектър от растения, включително много културни, които са от съществено значение за производството на храна за хората. Значението на създаването и поддържането на качествени местообитания за подобряване на условията на живот на опрашителите е дискутирано в труда на Marek Nowakowski & Richard Pywell (2016) – „Habitat creation and management for Pollinators“. Според авторите не количеството, а качеството на местообитанията е от решаващо значение за опрашителите. Авторите на гореспоменатия наръчник определят за „качествен хабитат“, този който включва разнообразни и богати флорални ресурси, подходящи места за гнездене и др.

Хабитатите осигуряват основни хранителни ресурси за опрашителите, включително нектар, цветен прашец и други растителни материали. Разнообразието и изобилието на цъфтящи растения в даден хабитат пряко влияе върху наличието на храна за опрашителите (флорални ресурси). Разнообразните растителни съобщества поддържат по-широк спектър от видове опрашители и

могат да осигуряват флорални ресурси през целия активен сезон. Установено е, че структурата (хетерогенността) на ландшафтните оказва значително влияние върху взаимодействията между растения и опрашители.

За подобряване на екосистемната услуга опрашване е необходимо подобряването на качеството на хабитатите и количеството на качествени хабитати (богати на флорални ресурси) за опрашителите. Това се доказва от над 30 годишните полеви опити на Nowakowski, който изтъква, че отнемането на обработваема земя за сметка на естествена растителност подобрява количеството и качеството на добитата продукция (Nowakowski, 2016). Подобряването на хабитатите може да се извърши само чрез правилно управление, възстановяване и свързване.

4. Управление, възстановяване и свързване на хабитатите – значение на съвременната им геопространствена структура. Нектарни коридори

Намаляването на броя на опрашителите, както и намаляването на биоразнообразието, е свързано с унищожаването, фрагментацията и деградацията на хабитати. Управлението и възстановяването на хабитатите може да бъде ефективен подход в справянето със загубата на биологично разнообразие (Ollerton, 2021).

Повечето организми са мобилни, поне през част от жизнения си цикъл, дори растенията, чиито семена трябва да се разпръснат в нови райони, за да се запазят популациите си. Ето защо в идеалния случай малките естествени хабитати и други обекти на дивата природа трябва да бъдат свързани с други, за да се улесни това разпръскване. Тези хабитати обаче често са вградени в земна мозайка (ландшафтна матрица) от неподходящи хабитати, които ограничават или напълно възпрепятстват разселването, особено там, където има интензивно земеделие. Въпреки това по-малките линейни елементи могат да спомогнат за свързването на хабитатите помежду им (Cranmer et al., 2011). Полуестествените линейни елементи на ландшафта са жизненоважни структури които оказват влияние върху процесите в екосистемите и подпомагат съхраняването на биоразнообразието (Lange et al., 2023).

Създаването на зелени (нектарни) коридори и буферни зони улеснява движението на видовете, което позволява създаването на устойчиви екологични мрежи дори във фрагментирана среда (Cannas et al. 2018, Molné et al. 2023).

В територията на изследване линейни ландшафтни елементи, които изпълняват функцията на нектарни коридори (непрекъснати или полупрекъснати елементи, които включват растения, предлагащи флорални ресурси, улесняващи движението и поддържането на опрашители) са синорите, крайречната буферна растителност, крайпътни зелени площи и др. като с най-голямо разпространение са синорите.

Управлението, включително подобряването и възстановяването на хабитати, се нуждае от внимателно планиране, преди да бъде приложено на практика (Ollerton, 2021). За да можем да извършим правилна оценка на хабитатите за предоставяне на екосистемната услуга опрашване е необходимо да познаваме тяхната геопространствена структура и интериорно съдържание на флорални ресурси.

5. Композиция и конфигурация на ландшафтната структура

Конфигурацията и композицията на ландшафта са елемент от екологичните изследвания върху биоразнообразието, функционирането на екосистемите и предоставянето на екосистемни услуги като опрашването. Ландшафт, който има богат състав от естествени хабитати, съчетан с конфигурация, която позволява свързаност между тези местообитания ще поддържа стабилни общности от опрашители (Kennedy et al., 2013). Такива ландшафти улесняват придвижването на опрашителите, осигуряват постоянно снабдяване с флорални ресурси (Neokosmidis et al., 2018) и безопасни места за размножаване и гнездене (Mijaníc et al., 2018). Проучване на Hass et al., от 2018 разглежда значението на границите между културите за движението на опрашителите. В техния труд се доказва, че пространствената хетерогенност на обработваемите земи е ключова за подобряването на опрашването в тях, а не разнообразието на култури.

На базата на горе обсъжданите научни резултати и твърдения, и в частност, основополагащите идеи на Ollerton и Nowakowski, Kennedy формулирахме основната научната хипотеза, залегната в основата на настоящото научно изследване: Пространствената конфигурация и композиционното разнообразие на хабитатите са основни фактори за осигуряването на екосистемната услуга опрашване.

За нейното доказване е разработен интегриран подход и използвана серия от методи и съвременен инструментариум в пространствените изследвания.

III. Глава Методика на изследването

За доказване на научната хипотеза бе съставен следният изследователски план:

1. Избор на територия в България за доказване на научната хипотеза.
Критерий: Природногеографските условия и съвременната структура на стопанисване на териториите да са подходящи за изследване на функцията опрашване
 - а. Подбор на представителни за обекта на изследване райони, в които да бъдат проведени теренни изследвания. *Критерии:* 1. Природногеографско разнообразие, 2. Обхват на облитане на

медоносната пчела за осигуряване на жизнеспособност на пчелните колонии.

2. Изготвяне на списък на медоносните растения, разпространени в България (по литературни данни и лични наблюдения), с цел идентифицирането им сред растителното разнообразие на хабитатите в обекта на изследване. *Критерии:* 1. Флорални ресурси, предпочитани като хранителна среда от медоносната пчела. 2. Медоносната пчела е избрана сред останалите опрашители в качеството ѝ на контролиран опрашител. Резултатите при подобен подход на изследване могат да имат висока практическа стойност за управлението на земеделските територии и сътрудничеството между собственици на земеделски земи и собственици на пчелини.
3. Организиране и провеждане на теренни проучвания в избраните представителни райони с цел събиране на актуални теренни данни за видовото разнообразие и структурата на растителността *Критерий:* Събиране на представителни данни, подходящи за: 1. Идентифициране на хабитатите по територията, 2. Картографска визуализация на резултатите и провеждане на метрични изследвания за анализ на съвременната геопространствена структура на хабитатите
4. Обработка на новогенерираните данни от теренните проучвания за обсъждане на геопространствената структура на хабитатите с отношение към екосистемната услуга опрашване
 - a. Определяне на хабитатното разнообразие *Критерий:* класификацията EUNIS
 - b. Определяне и оценяване на медоносна растителност по хабитатни типове (интериорно разнообразие на хабитатите) *Критерии:* 1. Видово разнообразие, 2. Проективно покритие
 - c. Прилагане на ландшафтни метрики (количествени индекси) върху установената пространствена структура на хабитатите. *Критерии:* 1. Композиция. 2 Конфигурация
5. Обсъждане на резултатите с отношение към доказването на научната хипотеза. Значение на геопространствената структура за осигуряването на екосистемната услуга опрашване в обекта на изследване. Дискутиране на теоретични и методически въпроси, възникнали в хода на изследването

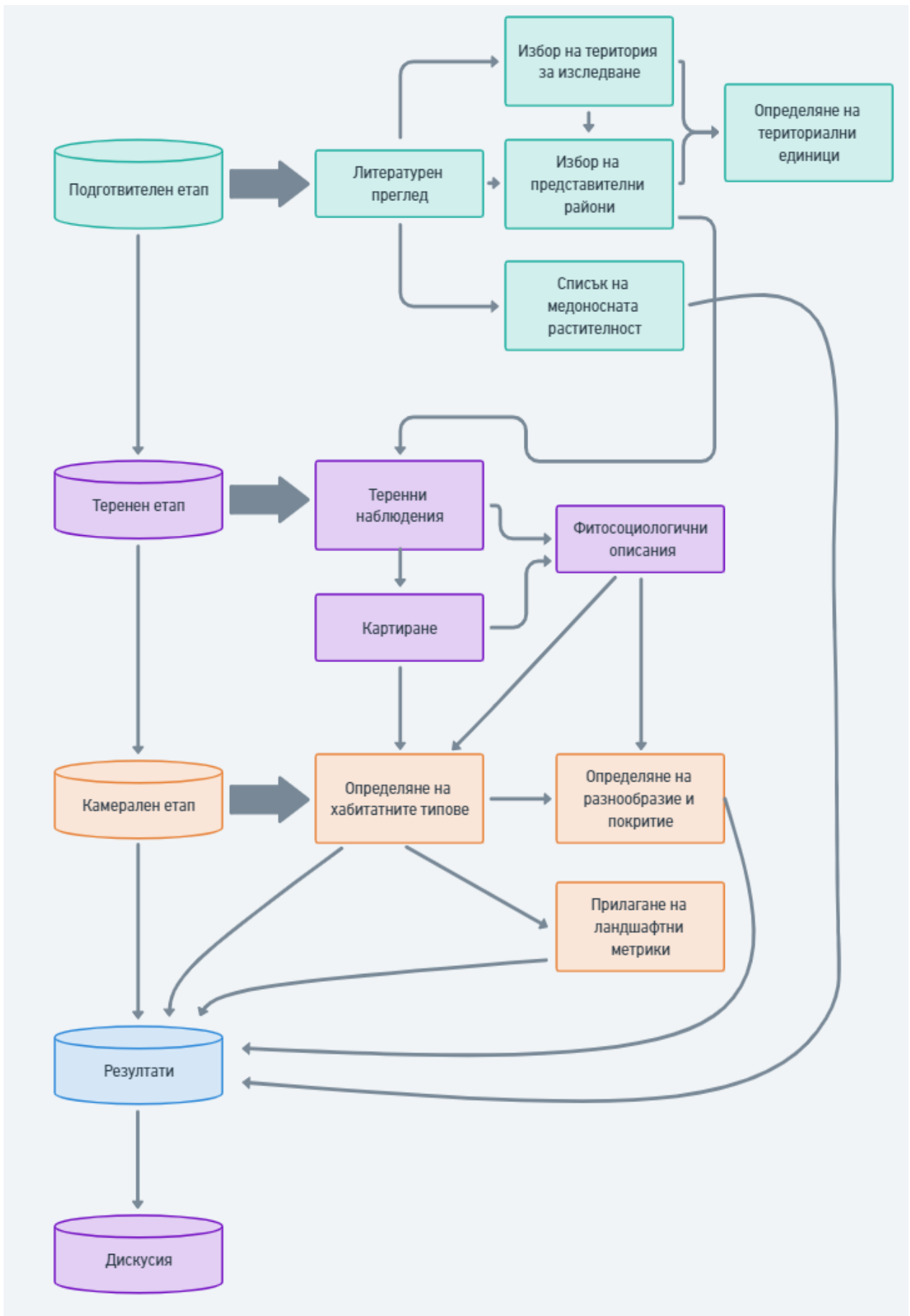
За основна териториална единица на изследване са избрани хабитатите. Изборът е продиктуван от тематиката на изследването и приложната насоченост на търсените резултати. В процеса на изследване на геопространствената структура на хабитатите се придържахме към стандартизираната система за типологизация и класификация на местообитанията „European Nature Information System“ (EUNIS). Данните, обработвани в хода на изследването, както при определянето на хабитатните типове, така и при картографирането им, съответстват на класификационно ниво 3 от структурата на EUNIS.

В настоящето изследване „флорални ресурси“ се използва като термин отнасящ се само до частите на растенията, които се използват от опрашителите за набавяне на нектар, цветен прашец и др. хранителни ресурси, които те използват. Не се използва термина „флористични“ поради по-широката му дефиниция включваща всички части от растенията (стъбло, листа и т.н.).

1. Методическа схема на изследването

За постигане на целите и задачите на изследването бяха следвани стъпките, представени на методическата схема (Фиг. 1). Изследването е организирано в следните етапи:

- Подготвителен – този етап включва литературен преглед по теми от значение за изграждането на теоретичната постановка на изследване, избор на територия за изследване, избор на представителни участъци за теренни проучвания и определяне на основните териториални единици – носители на информация.
- Теренни проучвания – включва преки теренни наблюдения и събиране на данни за хабитатното и растителното разнообразие в избраните представителни участъци (райони).
- Камерален етап
 - Идентифициране на хабитатните типове и определяне на хабитатното разнообразие на базата на събраните теренни данни
 - Определяне на разнообразието от медоносни видове и на покритието на медоносната растителност - по хабитатни типове
 - Подбор и приложение на ландшафтни метрики (количествени индекси) за изследване на геопространствената структура на хабитатните в изследваната територия, с отношение към функцията опрашване
- Резултати
- Дискусия



Фиг. №1 Схема на изследването

1. Подготвителен етап

Литературен преглед и организация на изходни данни:

В хода на литературния преглед бяха селектирани литературни източници, по които се изготви списък на медоносните растения в България. Избраните публикации и монографии съдържат описи и каталози на медоносните растения, идентифицирани в България. В хода на проучването на тези литературни данни бяха изведени наименованията на всички растителни видове, идентифицирани от изследователите като „медоносни“.

Всички растения, включени в Списъка, бяха привързани към съответните семейства, към които принадлежат. Информацията за латинското наименование на всеки вид беше верифицирана спрямо Конспекта на висшата флора на България (Асьов, Б., и колектив, 2012). Всички видове, които фигурират в Конспекта на висшата флора на България са отбелязани в зелено. Видовете, които не са открити в Конспекта, са верифицирани допълнително чрез справка с базата данни на Кралските ботанически градини (“Plants of the World Online | Kew Science,” n.d). Тази вторична проверка включва наименованието и географския ареал на разпространение на вида. Проверката потвърди географския ареал на медоносните видове, който включва България. За част от видовете обаче данните изключват разпространение в България. За тези видове като представителна приемаме информацията от българските източници.

Списъкът е използван при обработването и анализа на информацията, събрана от теренните проучвания, като по него бяха открити всички медоносни видове, идентифицирани в структурата на хабитатните типове, представени в обхвата на изследваната територия.

2. Методология на теренните изследвания и генериране на нови данни в района на изследване

Теренните проучвания са основен етап в хода на изследването. Тяхното основно предназначение е генерирането на нови данни за целите на идентифицирането на хабитатното разнообразие по територията и анализът на неговата пространствена структура. Тук специален предмет на интерес е растителното разнообразие, сред което – разнообразието и покритието на медоносна растителност, която е от основно значение за устойчивото развитие на пчелните колонии в качеството им на контролирани опрашители.

Теренните изследвания са проведени през 2018 година в Ботунския район и през 2021 година за останалите три района. Методическите стъпки, избрани за провеждане на теренните се придържат към методичния подход на Braun-Blanquet. Извършено е цялостно картиране на терена по маршрутния метод. Извършени са общо 348 фитосоциологични описания в 4-те района на теренно изследване. Успоредно е събирана информация с отношение към пространствената структура

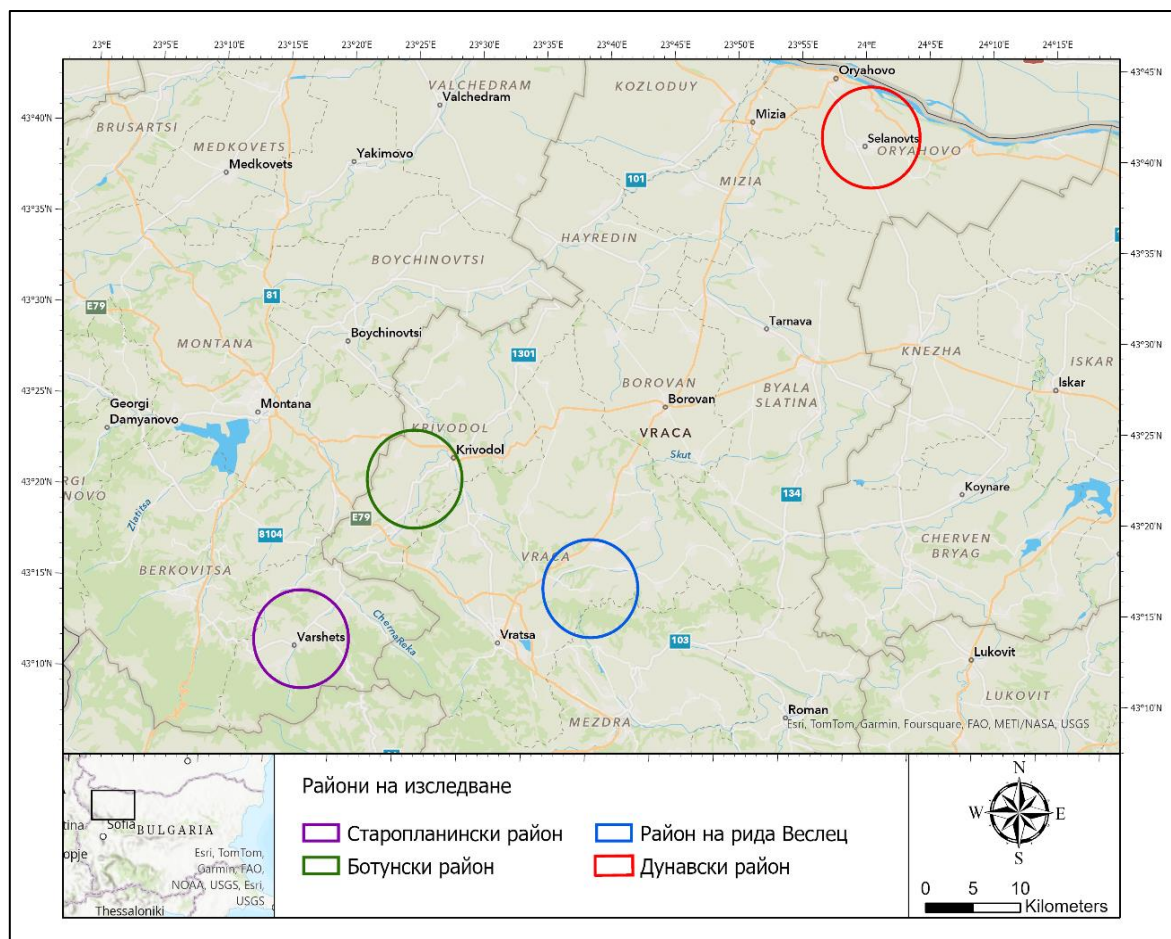
на местообитанията в полеви дневник (18 броя колони носещи информация), целенасочено разработен за целите на изследването.

2. Район на изследване

За територия на тестване на методиката на изследването бе избрана Северозападна България въз основа на комплекс от критерии, сред които: представителност на растителните съобщества за Северозападна България, достъпност за провеждане на теренни изследвания и разнообразие на физикогеографски условия. Тази територия бе леснодостъпна за провеждане на продължителни теренни проучвания (40 дни). За целите на теренните изследвания избрахме 2 индикатора за определяне и пространствено оконтуряване на представителни за географските и екологичните условия на Северозападна България райони на изследване:

- 1) Природногеографско разнообразие – по този критерий избрахме 4 района, които се отличават помежду си по релеф, растително и антропогенно натоварване, но същевременно са представителни за растителните съобщества и природногеографските закономерности за големи части от територията на Северозападна България.
- 2) Жизнено пространство на медоносната пчела - За граници на районите, които определихме, използвахме като критерий максималното жизнено пространство на медоносните пчели. Това включва пространство с радиус от 5 км, като в центъра на кръга условно приемаме, че е разположена пчелна колония (Sammataro & Avitabile, 2011).

Районите на изследване са Дунавски, Ботунски, Район на рида Веслец, Старопланински район. Всеки един от тях е с площ от 78 km². Общата площ на изследване е 312 km².



Фиг. 2 Райони на изследване

3. Камерален етап

Методология за определяне на хабитатните типове

Събраните данни от теренните проучвания са обработени с помощта на софтуера TURBOVEG 3. На базата на генерираните данни от теренните проучвания е определено хабитатното разнообразие на територията. Определянето е съобразено с номенклатурата на класификацията EUNIS - ниво 3.

За идентифицирането на местообитанията е използван инструментът EUNIS-ESy, интегриран в R Studio (Bruelheide, Tichý, Chytrý, & Jansen, 2021). Той е в съответствие със системата за класификация на местообитанията EUNIS и предлага възможности за обработка на данни и анализи. EUNIS-ESy се основава на алгебрични, теоретични и формално-логически оператори за точно определяне местообитанията, като се фокусира върху видовия състав и географските данни.

4. Картографиране на резултатите

Геопространствената структура на хабитатното разнообразие в четирите представителни района е проследена чрез картографиране и последваща обработка на данните. Картите на хабитатите са изготвени в софтуер ArcGIS Pro 2.8.4, а използваната координатна система е WGS 84 / UTM zone 35N. В настоящото

изследване са използвани векторни данни от Плановете за управление на горите. Пропуските във векторните данни са допълнени чрез теренна картировка и ръчно изчертаване на полигони. Ръчното допълване на данните е направено на базата на цифрова ортофото карта (ЦОФК) с висока разделителна способност, предоставена от Министерство на земеделието и храните.

5. Методология на определянето на разнообразие и покритие на медоносната растителност по хабитатни типове

За определянето на тези показатели на медоносната растителност по хабитатни типове беше използван многостепенен подход:

1. Определяне на медоносните видове от общото идентифицирано растително разнообразие при теренните фитосоциологически описания. Това е реализирано чрез справка с изготвения Списък на медоносните растения в България. За всеки хабитатен тип, на базата на направените описания в него, се изчислява средно-аритметично общият брой растителни видове и броят на медоносните видове.

2. Определяне на видовото разнообразие и на проективното покритие на медоносната растителност в обхвата на вече идентифицираните на предходен етап в изследването основни хабитатни типове, представени по територията. Покритието на медоносните растения се изчислява в проценти средно-аритметично на хабитатно ниво. Обработката на информация и изчисленията са извършени посредством софтуерния пакет на Microsoft Excel.

3. Рекласификация на получените резултати за разнообразие в петстепенна скала:

- Клас 1 – от 1 до 5 вида
- Клас 2 – от 5 до 9 вида
- Клас 3 – от 9 до 13 вида
- Клас 4 – от 13 до 17 вида
- Клас 5 – от 17 до 21 вида

4. Рекласификация на получените резултати за проективно покритие в петстепенна скала:

- Клас 1 – от 0% до 20% покритие
- Клас 2 – от 20% до 40% покритие
- Клас 3 – от 40% до 60% покритие
- Клас 4 – от 60% до 80% покритие
- Клас 5 – от 80% до 100% покритие

5. Картографиране на резултатите по хабитатни типове и по райони на изследване, в посочените пет степенни скали

6. Статистически анализ на получените резултати по хабитатни типове и по райони.

6. Приложение на ландшафтна метрика за изследване на геопространствената структура на хабитатите в територията на изследване

ЛМ са количествени инструменти, които се използват за изследване на структурата, функцията и динамиката в даден ландшафт. С тяхна помощ се изследват геопространствените модели и екологичните процеси. ЛМ имат широко приложение при изследването и оценяването на биоразнообразието, фрагментацията на хабитатите и антропогенното въздействие върху природните системи (Борисова, 2013). На тази теоретична база за целите на настоящето изследване бяха селектирани шест ЛМ: за изследването на композицията (Patch Density, Shannon's Diversity Index) и конфигурацията (Edge density, Patch Cohesion Index, Interspersion and Juxtaposition Index, Euclidean Nearest Neighbor) на хабитатите в районите на проучване. Хабитатите тук се приемат за най-малките структурни единици в ландшафта. ЛМ бяха използвани в софтуер R studio.

IV. Глава Резултати

1. Списък на медоносните растения в България

Беше изготвен единен Списък от 1073 вида медоносни растения, срещащи се на територията на България. Списъкът е оформен в таблична форма и включва четири колони с информация: семейство, вид (латинско наименование), българско наименование на вида и литературен източник, в който растителният вид е посочен като „медоносен“. В резултат на извършените верификации Списъкът на медоносните растения в България беше сведен до 996 вида. В следствие на получените резултати от теренните изследвания, проведени в хода на настоящото изследване, Списъкът е разширен със 17 вида, които не се споменават в посочените тук литературни източници.

2. Хабитатни типове, идентифицирани в обхвата на изследваната територия

Общият брой хабитати определени на ниво 3 по номенклатурата EUNIS е 25. От тях 9 са горски, 3 са храстови, 5 са тревни и 8 са антропогенни.

В Дунавския район са установени (Приложение 1) – 2 горски (T11 - Temperate Salix and Populus riparian forest; T1H - Broadleaved deciduous plantation of non-site native trees), 1 храстов (S35 - Temperate and submediterranean thorn scrub), 1 тревен (R1A - Semi-dry perennial calcareous grassland (meadow steppe) и 8 антропогенни хабитати (V11 - Intensive unmixed crops; V12 - Mixed crops of market gardens and horticulture; V15 - Bare tilled, fallow or recently abandoned arable land; V38 - Dry perennial anthropogenic herbaceous vegetation; V39 - Mesic perennial anthropogenic

herbaceous vegetation; V41 - Hedgerow of non-native species; V54 – Vineyard; V61 - Broadleaved fruit and nut tree orchard).

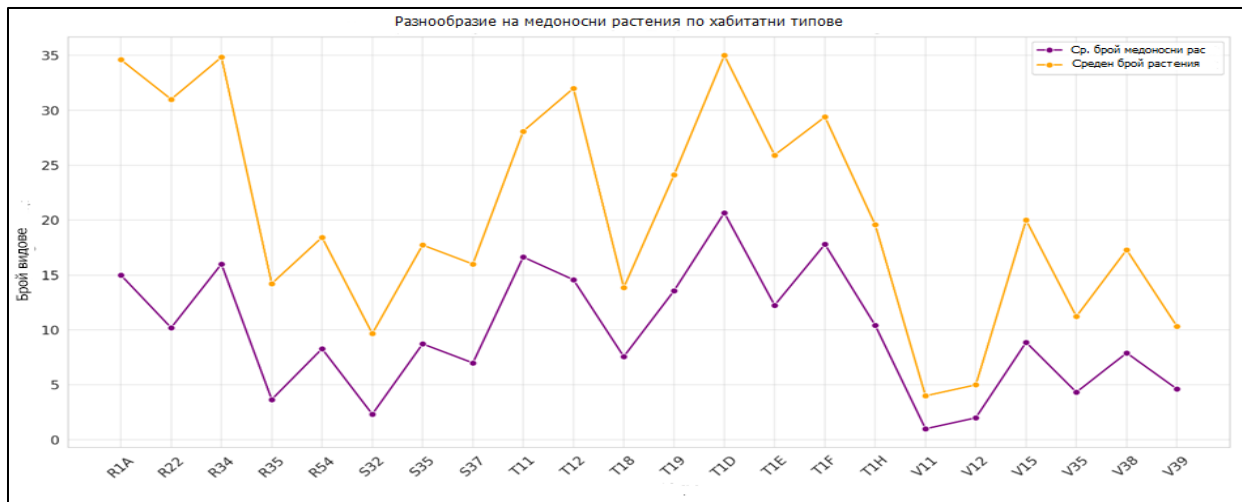
В Ботунския район са установени (Приложение 2) – 4 горски (T11 - Temperate Salix and Populus riparian forest; T19 - Temperate and submediterranean thermophilous deciduous forest; T1H - Broadleaved deciduous plantation of non-site native trees; T3M - Coniferous plantation of non-site native trees), 1 храстов (S35 - Temperate and submediterranean thorn scrub), 3 тревни (R1A - Semi-dry perennial calcareous grassland (meadow steppe); R22 - Low and medium altitude hay meadow; R35 - Moist or wet mesotrophic to eutrophic hay meadow) и 6 антропогенни хабитати (V11 - Intensive unmixed crops; V15 - Bare tilled, fallow or recently abandoned arable land; V35 - Trampled mesophilous grassland with annuals; V38 - Dry perennial anthropogenic herbaceous vegetation; V54 – Vineyard; V61 - Broadleaved fruit and nut tree orchard).

В района на рида Веслец са установени (Приложение 3) – 9 горски (T11 - Temperate Salix and Populus riparian forest; T12 - Alnus glutinosa-Alnus incana forest on riparian and mineral soils; T18 - Fagus forest on acid soils; T19 - Temperate and submediterranean thermophilous deciduous forest; T1D - Southern European mountain Betula and Populus tremula forest on mineral soils; T1E - Carpinus and Quercus mesic deciduous forest; T1F - Ravine forest; T1H - Broadleaved deciduous plantation of non-site native trees; T3M - Coniferous plantation of non-site native trees), 2 храстови (S35 - Temperate and submediterranean thorn scrub; S37 - *Corylus avellana* scrub), 3 тревни (R1A - Semi-dry perennial calcareous grassland (meadow steppe); R22 - Low and medium altitude hay meadow; R34 - Submediterranean moist meadow) и 6 антропогенни хабитати (V11 - Intensive unmixed crops; V15 - Bare tilled, fallow or recently abandoned arable land; V35 - Trampled mesophilous grassland with annuals; V39 - Mesic perennial anthropogenic herbaceous vegetation; V54 – Vineyard; V61 - Broadleaved fruit and nut tree orchard).

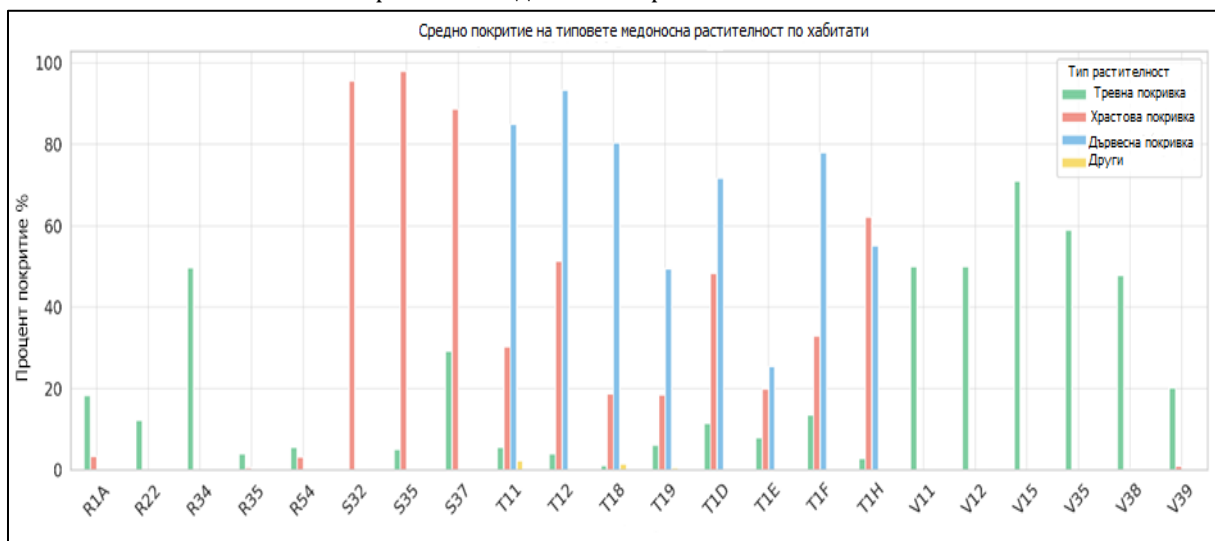
В Старопланинския район са установени (Приложение 4) – 8 горски (T11 - Temperate Salix and Populus riparian forest; T12 - Alnus glutinosa-Alnus incana forest on riparian and mineral soils; T18 - Fagus forest on acid soils; T19 - Temperate and submediterranean thermophilous deciduous forest; T1E - Carpinus and Quercus mesic deciduous forest; T1F - Ravine forest; T1H - Broadleaved deciduous plantation of non-site native trees; T3M - Coniferous plantation of non-site native trees), 2 храстови (S32 - Temperate Rubus scrub; S35 - Temperate and submediterranean thorn scrub), 5 тревни (R1A - Semi-dry perennial calcareous grassland (meadow steppe); R22 - Low and medium altitude hay meadow; R34 - Submediterranean moist meadow; R35 - Moist or wet mesotrophic to eutrophic hay meadow; R54 - *Pteridium aquilinum* vegetation) и 5 антропогенни хабитати (V11 - Intensive unmixed crops; V12 - Mixed crops of market gardens and horticulture; V15 - Bare tilled, fallow or recently abandoned arable land; V35 - Trampled mesophilous grassland with annuals; V61 - Broadleaved fruit and nut tree orchard).

3. Разнообразие и покритие на медоносната растителност по хабитатни типове

В рамките на настоящото изследване беше изследвано разпределението на медоносните растения и тяхното проективно покритие. Тези данни бяха анализирани в териториалните граници на различните хабитатни типове, идентифицирани (по данни от преки теренни изследвания) и класифицирани по номенклатурата на класификацията EUNIS. За всеки хабитатен тип е изчислен средният брой медоносни растения (Фиг. 3) и средното им покритие (Фиг. 4).



Фиг. 3 Разнообразие на медоносните растения по хабитатни типове



Фиг. 4 Средно покритие на типовете медоносна растителност по хабитати

Тревните местообитания са от ключово значение за поддържането на високо видово разнообразие на медоносни растения и поддържането на функциите по опрашване. Тревните медоносни видове се явяват ценна поддържаща паша за пчелите: техните периоди на цъфтеж се проявяват в онези начални или крайни периоди от вегетацията на растителността, когато дървесната растителност в съседни хабитати или основните медоносни културни растения не са във фаза на цъфтеж. В райони, в които заемат големи площи, тревните хабитати

създават благоприятни възможности за стопанско оползотворяване на опрашването за съседстващи обработваеми земи и за повишаване на добивите от земеделските култури, както и добив на мед и пчелни продукти. Тревните местообитания се отличават с по-дълга продължителност на предоставяне на флорални ресурси, като при подходящи климатични условия те могат да бъдат източник на такива ресурси от месец май до септември.

Храстовите местообитания, разположени в земеделските райони, изпълняват функцията на нектарни коридори за насочване на движението на медоносните пчели и другите опрашители. Те имат значима роля в осигуряването на опрашването на земеделските култури. Хабитат S35 в много от картираните случаи се явява граница между обработваемите блокове земя. Храстовите местообитания предоставят флорални ресурси на пчелите в края на зимата и в началото на пролетта, като по този начин имат силно влияние при развитието и подготовката на пчелните колонии за активния опрашителен и медоносен период от годината. Хабитатите S35 и S32 изпълняват ролята на нектарни коридори, особено в териториите с широко разпространение на обработваеми площи.

Основен риск, пред който са поставени храстовите местообитания, е унищожаването им (особено на хабитатен тип S35) с цел освобождаване на територии за обработваеми площи. Често, обработваемите блокове биват обединявани за сметка на площи с храстови местообитания.

Горските местообитания са от основно значение за опрашването. Някои от тях предоставят главната паша за медоносните пчели – такива са хабитатните типове T1E, T1F, T1H. Останалите горски местообитания предоставят поддържаща паша, която подsigурява постоянен поток на хранителни ресурси към пчелните колонии. С най-висока хранителна стойност за домашната пчела са местообитанията на крайречни гори и горите, доминирани от липи и медоносни инвазивни видове. Най-ниска хранителна стойност имат иглолистните насаждения. Значението на хабитатния тип *T1H Broadleaved deciduous plantation of non-site native trees* за пчеларството и за контролираното опрашване трябва да бъде преоценено.

Антропогенните хабитати са резултат от активна човешка дейност. Те са най-силно зависими от процесите на опрашване. В тях разнообразието на медоносни растения зависи от естеството на земеделските практики. Разнообразие на диви растения може да се наблюдава в екотонните зони, които обаче са подложени на сериозен натиск в процесите на окрупняване на блоковете, заети от културна растителност. Част от земеделските култури имат значението на медоносни видове, но контролираното разнообразие на растителност тук не позволява ефективно съчетаване на факторите „разнообразие“ и „площно покритие“ на медоносни видове. Това може да доведе до дефицити в опрашването на културите и поставя въпрос за минималното задължително разнообразие в хабитатната структура на териториите.

Обобщеният анализ показва, че в някои от представените по територията на изследване хабитатни типове се наблюдават значителни разлики между двата показателя разнообразие и проективно покритие на медоносна растителност. Например, при хабитатен тип S32 разнообразието на медоносни растения е представено от 2-3 вида, но покритието им е 98%. Обратният случай се наблюдава при местообитания като напр. R1A, където покритието на медоносни растения е около 20%, но разнообразието е представено от 15 вида.

Това налага необходимостта от анализиране на двата показателя съвместно за придобиване на цялостната представа за флоралните ресурси на отделните хабитатни типове, което е предложено в текста по-долу.

4. Интегриран анализ на показателите разнообразие и покритие на медоносната растителност по хабитатни типове в районите на изследване

Старопланински район:

В района са представени 20 хабитатни типа. От тях 5 са тревни, 2 храстови, 8 горски и 5 антропогенни. Разнообразието на хабитати осигурява флорални ресурси през целия активен сезон на опрашване, и в частност за опрашител като медоносната пчела.

Разнообразието на медоносна растителност в този район е равномерно разпределено - преобладават хабитатни типове, в които се срещат между 13 и 17 медоносни растения. Това са хабитати R1A и T19. С по-високи стойности се отличават само териториите, заети от хабитатен тип T11, който е разположен по двата бряга на река Ботуня, северно от град Вършец. По този показател с най-неблагоприятна оценка (между 1-4 медоносни вида) са териториите с изкуствени иглолистни насаждения (ТЗМ), които се разпростират в източните периферии на град Вършец, западно от квартал Заножене и в землищата на селата Горна и Долна Бела Речка. В тази група попадат и земеделските земи, които заемат площи в североизточните части на района – южно от село Долно Озирово.

По отношение на показателя „покритие на медоносната растителност“ с най-висока оценка (80-100% покритие на медоносни растения) са териториите в заливните тераси на река Ботуня (заети от хабитатен тип T11), южните и югоизточните части на района между град Вършец и Горна и Долна Бела Речка и северозападно от квартал Заножене, заети от буковите гори (хабитатен тип T18). Площите, заети от хабитатния тип T19, компактно заемат източните територии в района, северно от Долна Бела Речка и северните територии на района, южно от село Черкаска, като при тях покритието на медоносните растения е между 60 и 80%. Хабитатът R1A е разпространен сравнително равномерно по цялата територия, като покритието на медоносните растения в него е между 20 и 40%.

Разпространението и разнообразието на флорални ресурси в Старопланинския район е равномерно представено по територията, което дава

благоприятна перспектива за протичане на процесите на опрашване. Разнообразието на природни местообитания, характеризиращи се с разнообразна медоносна растителност и висок дял на нейното покритие, гарантират добра екологична среда за обилието на опрашители и тяхното хармонизирано развитие през активния сезон.

Район на рида Веслец:

В района са представени 20 хабитатни типа. От тях 3 са тревни, 2 храстови, 9 дървесни и 6 антропогенни. Териториите в обхвата на рида се характеризират с високо разнообразие на медоносна растителност. Най-голям е дялът на териториите с разнообразие на медоносната растителност между 13 и 17 вида, като в тази група са представени хабитатните типове R1A и T19. В билните части на рида се наблюдават местообитанията: T18 (като то е с по-ниско разнообразие на медоносни растения - 5-9 вида), T1E (при което разнообразието на медоносни растения е в диапазона между 9 и 13 вида) и T1F (което се разполага в териториите със северни и западни изложения и се характеризира с най-високо разнообразие на медоносни видове, 17-21 вида). Северната равнинна част на района се отличава с мозайка от обработваеми земи, храстови хабитати (S35) и горски хабитати (T19). С ниско разнообразие на медоносни видове е хабитат V11. Обработваемите площи са разделени от храстови местообитания, които поради гъстата си склопеност не се отличават с голямо разнообразие на медоносни видове (5-9 вида). Въпреки това, присъствието на храстовите местообитания в общата структура на територията и особено предвид на линейния характер на разположението им, имат силно укрепващо влияние върху процесите на опрашване, както и благоприятстват придвижването на опрашителите.

По отношение на покритието на медоносната растителност с най-ниска оценка са отделни локалитети по южните централни склонове на рида, заети от хабитати на иглолистните насаждения. Значително по-голяма площ е заета от териториите с покритие на медоносни растения между 20 и 40%, като те са установени по цялата територия на района. Най-представителен за този клас на покритие на медоносната растителност е хабитат R1A. Със средна оценка (40-60% покритие) попадат териториите, заети от V11 и T1E. С най-голямо проективно покритие на медоносни растения са билните части на рида Веслец, заети от букови гори (T18) и зоните заети от храстови местообитания (S35). В тази категория влиза и хабитат T1F.

Пространственото покритие на медоносната растителност в Района на рида Веслец е сравнително равномерно разпределено по цялата територия. По показател разнообразие на медоносни видове ясно в пространствената структура се открояват северните равнинни части, заети от обработваеми земи. Резултатите позволяват те да бъдат определени като територии с ниско разнообразие на медоносна растителност. В същото време, отличителна черта на пространствената хабитатна композиция е „нарязването“ на хабитатите на обработваеми земи от

храстови и горски местообитания, чиято обичайно линейна структура (пространствена форма в общата структура и вътрешно биоразнообразие) улеснява движението на опрашители, в това число и на медоносната пчела. В заключение териториите на този район се отличават с богато разнообразие от природни хабитати. Някои от тях - T1F, T1D, S35 и в отделни случаи T1E, са с много висока хранителна стойност (специфични видове, съчетани с високо покритие и/или разнообразие) за привличане на опрашители. Районът предлага добри условия за устойчивото развитие на пчелните колонии на медоносните пчели.

Ботунски район:

В района са представени 14 хабитатни типа. От тях 3 са тревни, 1 храстов, 4 горски и 6 антропогенни. По-голямата част от района е заета от обработваеми площи, които се отличават с ниско разнообразие на медоносни видове (1-5 вида). С ниско разнообразие (5-9 вида) са и храстовите местообитания, които заемат зоните, разделящи обработваемите блокове. Богато разнообразие на медоносни видове се наблюдава в хабитатите R1A и T19. Тези два хабитата често са съседни и са представени във възвишения, намиращи се източно от река Ботуня (Куманица, Милин връх), а в западна посока заемат части от възвишенията Голата могила, Цветкова могила и Китка. С висока стойност (17-21 вида) са площите, заети от T11, но тяхното разпространение е ограничено само по бреговете на река Ботуня и река Въртешница.

Най-голяма част от територията на района е с покритие на медоносните растения между 40 и 60%. От значение са териториите, заети от хабитатите T19 и T1H (60-80% покритие на медоносни растения). Храстовият хабитат S35 се отличава с покритие на медоносните растения между 80 и 100%, като от всички райони на проучване в Ботунския то заема най-големи площи (1158 ха). Неговото развитие е представено в синорните зони между обработваемите площи и в бивши ливади и пасища, които са обхванати от сукцесионни процеси.

В заключение, този район е значително по-беден на разнообразие на медоносни растения, а покритието се поддържа основно от храстовите и горските местообитания. Важно е да се отбележи, че храстовите местообитания свързват възвишенията от източната част с тези от западната и улесняват движението на опрашители. За съхраняването на възможностите на района да предоставя разнообразни флорални ресурси за опрашители е необходимо да се съхранят и свържат естествените и полуестествените тревни, храстови и горски местообитания.

Дунавски район:

В района са представени 12 хабитатни типа. От тях 1 е тревен, 1 храстов, 2 горски и 8 антропогенни. Дунавският район е зает основно от обработваеми площи – хабитатен тип V11, в който липсва плевелна растителност. Между 9 и 13 вида се срещат в териториите, заети от хабитатен тип T1H в заливните тераси на река Дунав и южно и югоизточно от село Лесковец. По-голямо разнообразие на

медоносна растителност (13-17 вида) се наблюдава в хабитатен тип R1A северно от Селановци и северно и западно от Лесковец. В заливните тераси на река Дунав и на остров Есперанто са съхранени малки площи от върби (хабитатен тип T11), които се отличават с голямо видово разнообразие (представено от 17-21 вида).

По отношение на покритието на медоносни растения – земеделските площи са оценени с покритие около 50%. По този показател между 20 и 40% покритие са териториите северно от Селановци и северно и западно от Лесковец, където е представен тип R1A. Покритието на медоносни растения в хабитат T1H е между 60 и 80%.

Разнообразието на медоносни растения може да се определи като неблагоприятно в Дунавския район. Липсата на разнообразни флорални ресурси предизвиква нарушения в живота на пчелните колонии и относително ограничава разпространението на диви опрашители. Широкото разпространение на инвазивни видове (хабитатен тип T1H) заплашва пространствено да „погълне“ и малкото останали площи с естествена растителност, представена в хабитатните типове R1A и T11. За подобряване на състоянието на флоралните ресурси и опрашването в района е необходимо: 1) да се ограничи и контролира разпространението на инвазивни видове; 2) земеделските площи да бъдат целенасочено раздробени на по-малки блокове и оконтурени от храстови и дървесни пояси с естествена растителност, които да осигуряват възможност за придвижване на опрашителите.

Обобщеният сравнителен анализ показва, че:

1. По показател „разнообразие на медоносната растителност“ в най-благоприятно състояние е Старопланинският район. Районът на рида Веслец съчетава в себе си контрастни условия между южните части с естествен характер на хабитатите и северните антропогенни хабитати. Като благоприятно обстоятелство тук отличаваме наличието на линейни структури от храстови и горски хабитати, които разделят обработваемите площи и тук имат значението на нектарни коридори. Ботунският район е значително по-беден на разнообразие на медоносни видове, но запазените гори на хабитатен тип T19 и тревни местообитания, представени от R1A, запазват в себе си разнообразие на медоносна растителност. По този показател най-влошена е геопространствената структура на Дунавския район, в който обработваемите площи и териториите, заети от инвазивни видове, редуцират естественото биологичното разнообразие на медоносна растителност.

2. По показател „покритие на медоносната растителност“ в Старопланинския район стойностите са високи, но в него широко разпространение имат и изкуствените иглолистни насаждения (ТЗМ), в които липсва медоносна растителност. Районът на рида Веслец е по-балансиран по този показател, като почти липсват територии с покритие на медоносните растения под 20%. В

Ботунския район се открояват широко разпространените храстови местообитания, които са с много високо покритие на медоносна растителност (над 90%). В него също липсват големи площи, които не предлагат флорални ресурси. В Дунавския район покритието на медоносната растителност е средно около 50%, като в него се отличава силно ограниченото разнообразие на хабитати и на медоносна растителност в тях.

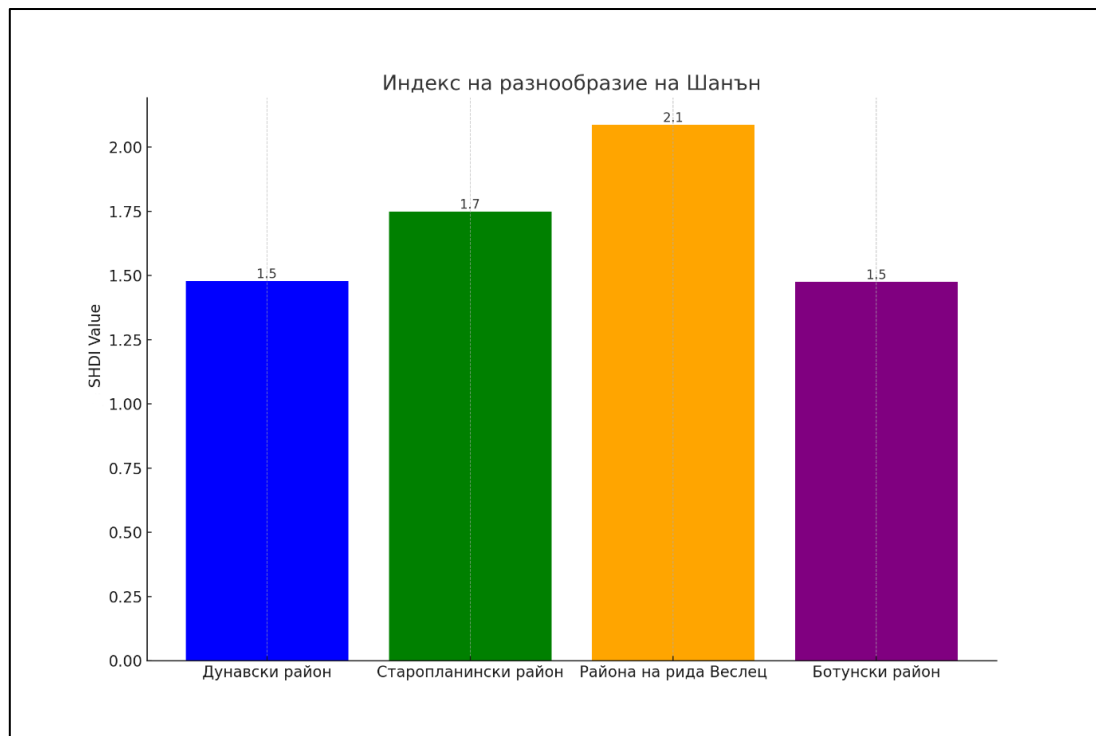
5. Анализ на геопространствената структура на хабитатите посредством ландшафтна метрика

1. The Patch Density (PD)

В районите, където условията се отличават с по-голяма степен на съхранение на естествени и полуестествени хабитати (Старопланински и Района на рида Веслец) се наблюдава висока стойност на PD за хабитатен тип R1A. Това може да се обясни с повсеместното му разпространение в тези райони и неговото фрагментиране от останалите хабитатни типове. Линейните елементи представени от хабитатен тип S35 в другите райони (особено в Ботунския район) са елемент, който „накъсва“ структурата на обработваемите площи и се явява нектарен коридор за придвижването на опрашителите в тях. Високата фрагментация на естествени и полуестествени хабитати може да се отчете като положителна за опрашителите, но същевременно, известен факт, е че фрагментацията на местообитанията може да провокира рискове за биологичното разнообразие (Tscharntke et al., 2002). Изводът, който може да се направи е, че местообитанията S35 и R1A са от особено голямо значение за предоставянето на флорални ресурси за опрашителите, но са поставени в сериозен риск от характера си на фрагментирани хабитати в ландшафтната матрица.

2. Shannon's Diversity Index (SHDI)

С най-висока стойност на SHDI се характеризира Районът на рида Веслец (Фиг. 5), което означава, че в него има най-голямо разнообразие на хабитатни типове, които са по-балансирано разпределени спрямо другите райони. Това би могло да бъде индикация, че районът на рида Веслец има по-голям потенциал за съхранение на биологично разнообразие на опрашители. В него има условия за протичането на по-сложни екологични взаимодействия между опрашители и растения, нуждаещи се от опрашване. Ботунски и Дунавски район имат равни стойности на SHDI. Това се дължи на по-малкия брой хабитати в тях и тяхната неравномерна пространствена разпределеност.



Фиг. 5 Индекс на разнообразието на Шанън в четирите района

3. Edge Density (ED)

Индекса ED показва различни степени на фрагментация на хабитатите в различните райони, като се отчита плътността на ръбовете (границите) на хабитатните типове. В Дунавския район, хабитатният тип V11 показва най-висока плътност на ръбове. Хабитатните типове S35 и R1A също показват високи стойности. Наличието на множество граници при S35 е очаквано поради неговия линейен характер. В Ботунския район, S35 и V11 имат висока плътност на ръбове. Това се счита за положително, тъй като раздробеността между линейни елементи и обработваеми площи улеснява движението на опрашителите.

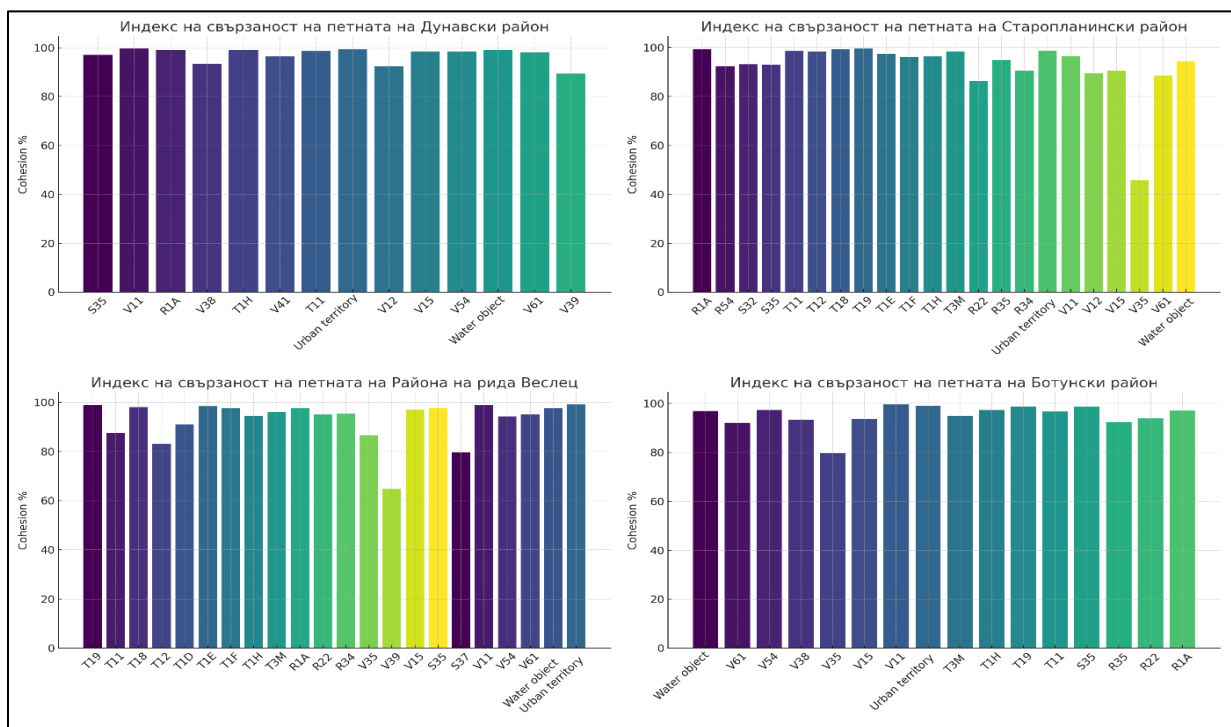
В района на рида Веслец, хабитатните типове R1A, T19 и S35 показват равномерни стойности на плътност на ръбовете, което сочи за благоприятна хетерогенна пространствена структура и предлага разнообразни флорални ресурси за опрашителите. Старопланинският район се отличава със сходни стойности на плътност на ръбовете за хабитатите R1A и T19, което отразява мозаечната структура на естествените хабитати в района. Тази конфигурация създава благоприятни условия за живота на опрашителите, като предлага разнообразие от флорални ресурси и спомага за тяхното движение между различните хабитати. Въпреки различията между районите, общата тенденция е, че раздробеността на хабитатите може да има както положителни, така и отрицателни ефекти върху предоставянето на екосистемната услуга опрашване.

4. Patch Cohesion Index

В районите на изследване се наблюдава много висок процент на кохезия на петната (patch) при всички хабитатни типове. Това означава, че всички хабитати се

характеризират с рядко прекъсване на площите си, което ясно се отличава на картата на хабитатното разнообразие на Дунавския район. При големи площи, заети от хабитатен тип V11, има вероятност централните им части да изпитват недостиг на опрашване.

В случаите, когато се разглеждат хабитати, които са с линеен характер в ландшафтната матрица трябва да се има предвид, че високата стойност на свързаност при тях е положителна черта и осигурява възможност за придвижване на опрашителите до съседните хабитати. В този контекст „Индексът на свързаност на петната“ трябва да се разглежда винаги от гледната точка на ландшафтната конфигурация на хабитатните типове и тяхната екологична значимост за опрашителите.



Фиг. 6 Patch cohesion index в четирите района

5. Interspersion and Juxtaposition (IJI)

По-високите стойности на индекса IJI предполагат по-добри условия за биоразнообразието, защото показват матрица от разнообразни хабитатни типове в непосредствена близост. Сравнително изравнените стойности на показателя в Староплининския район и в Района на рида Веслец отчитат матрици, характеризиращи се с множество и равнопоставени връзки между отделните хабитатни типове. Високите стойности на IJI в естествени хабитати предполагат добри възможности за обмяна на генен материал между хабитатните типове. Когато се наблюдават високи стойности на хабитати, съставени от инвазивни видове, отчитаме възможност за разпространение (проникване) на инвазивни видове в съседните местообитания.

6. Euclidean Nearest-Neighbor (ENN)

В изследваните райони, анализът на ENN показва разнообразие в степента на изолация на различните хабитатни типове. В Дунавския район, хабитатните типове V12 и V61 са най-изолирани, което може да затрудни придвижването на опрашители и да постави тези местообитания под риск от недостиг на опрашване. В същото време, в Ботунския район, хабитатният тип V53 показва най-голямо средно разстояние между петната, докато V11 и S35 са слабо изолирани, което предполага добра свързаност и условия за опрашване. Естествените линейни елементи като S35 играят важна роля в поддържането на свързаността между различните хабитати.

В Района на рида Веслец и Старопланинския район, хабитатните типове R34 и V35, съответно T1D, показват висока стойност на ENN, което поставя тези местообитания под потенциален риск от недостиг на опрашване. В същото време, ниските стойности на ENN за хабитатните типове S35, R1A и T1E в Района на рида Веслец и ниските стойности на разстояния в Старопланинския район показват добра свързаност между петната, което подпомага придвижването на опрашителите и осигурява благоприятни условия за опрашване. Това подчертава важността на анализа на пространствената структура на хабитатите за определяне на потенциалните рискове и възможности за поддържане на биологичното разнообразие и екосистемните услуги в различните региони.

Геопространственото разпространение на разнообразни хабитатни типове, голяма част, от които са естествени, ни дават основание да открием Района на рида Веслец като приоритетен за опазването и поддържането на биологичното разнообразие, в това число и на опрашители. Факт е обаче, че на територията на Района на рида Веслец няма обявена защитена зона по NATURA 2000, а неговото хабитатно разнообразие според „Индекса на разнообразие на Шанън“, а и според гореразгледаните ЛМ е по-богато или поне равно на това в Старопланинския район, голяма част от който попада под закрилата на мрежата NATURA 2000.

Дискусионни въпроси

По време на работата върху това изследване и в хода на обсъждане на резултатите се отличиха няколко дискусионни теми:

1. Слабости в българската литература, посветена на медоносната растителност

Въпреки, че България е страна с традиции в пчеларството, изследванията, които са провеждани върху медоносната растителност са върху ограничен брой видове и от гледна точка на потенциала за формиране на стоков добив на пчелен мед. В друга част от случаите това са систематични списъци без допълнителна информация за видовете. Един от най-големите пропуски на литературата, е че изследванията са фокусирани основно върху добива на нектар/прашец от медоносните растения, но не и върху опрашването. Дискусионен е въпросът и

около присъствието на някои видове в списъците, за които има голяма вероятност да не са медоносни. Такъв пример е *Pinus nigra Arnold*, който изключихме директно от разработения тук Списък на медоносните видове. В същият момент обаче има и много видове, които не фигурират в литературните данни, а вероятността да са медоносни е висока, като например видове от род *Carduus* и род *Trifolium*.

2. Оптимизиране на методиката за теренно картиране

Подобряване на теренната методика може да се извърши посредством прецизиране на събирането на географски данни (например наклон на склон и изложени) за *relevés*, съчетано с въздушно заснемане и картиране на територията. Развитието на технологиите на заснемане на земната повърхност могат ясно да се проследят при разглеждане на ортофотоизображения от периода на първите теренни проучвания и такива към настояща дата.

3. Определяне на хабитатите

За нуждите на настоящото изследване се реализира пълно определяне на хабитатите в разглежданите райони. Имаше дискуссионни моменти, както при самото определяне така и по отношение на номенклатурата на EUNIS. Някои от направените *relevés* при определянето им с R попадаха между няколко хабитатни типа. Това наложи допълнителна верификация, в която има известна доза субективност. Така например, дискуссионно е определянето на разликата между хабитатни типове T1H и T1J. Установяване на разликата между тези две местообитания е трудна в случаи, когато доминиращи видове са *Robinia pseudoacacia L.* и *Ailanthus altissima Swingle*. От гледна точка на нашето изследване разликата между двата хабитатни типа е незначителна и са обединени под T1H. Поради липса на заснемане (коментирано в т.2) са изключени някои хабитати с много малка площ, като например R57, както и хабитатите от група Q, които са привързани към водни обекти (блата, торфища, тресавища).

4. Изкривяване на значението на някои хабитати по отношение на показател покритие

Такова изкривяване най-ясно се наблюдава при хабитатен тип T1E. При него, ако доминацията в дървесен етаж е на *Carpinus betulus L.*, то покритието на медоносните растения в дървесен етаж ще е много ниско (не е медоносен вид), но ако доминиращ дървесен вид е *Tilia cordata Mill.*, то покритието на медоносни в дървесен етаж ще е високо. В районите на изследване се срещат и двата случая и това понижава оценката на горите с дребнолистна липа.

5. Препоръчително е в бъдеще да се създаде модел за управление на опрашването в силно аграрни територии, който да предлага пространствени варианти за свързаност на естествените хабитати и предоставяне на пълноценно опрашване на селскостопанските култури.

Заклучение

В хода на изследването по литературни данни са систематизирани 996 медоносни растителни вида в България. От тях 17 вида са установени като медоносни от автора на изследването. Има възможност за разширяване на списъка с видове, които не са включени в използваната литература. Разширяването може да се извърши чрез изследване на различни растителни родове и семейства като например род *Carduus*.

Идентифицирани, картирани и картографирани са 25 хабитатни типа по номенклатурата EUNIS в четири района на Северозападна България с обща площ от 312 km². Хабитатното разнообразие на територията е сериозно повлияно от човешката дейност. Въпреки това тук се наблюдават хабитати с особено висока стойност за биологичното разнообразие и предоставянето на екосистемната услуга опрашване. От тревните хабитати се отличават с биоразнообразие R1A и R34, а от горските T1F, T11, T12 и T1D. Хабитатен тип T1D се отличава с високото си разнообразие на медоносни видове спрямо останалите хабитати. В аграрните райони (Ботунски и Дунавски) с голямо значение за опрашването са храстовите хабитати, като най-представителен е S35.

Определено и картографирано е разнообразието и покритието на медоносни растения по идентифицираните хабитатни типове. Районите се характеризират с регионални различия в разнообразието на медоносна растителност, но се наблюдава ясна закономерност при намаляване на териториите с обработваеми площи да се увеличава разнообразието на медоносна растителност. Следователно, разнообразието на медоносни растения е най-високо в Старопланинския район и в района на рида Веслец. По показател покритие на медоносни растения се наблюдава отклонение в площите с максимална оценка в Ботунския район, където има значителни територии със запазени храстови хабитати. Данните показват, че от гл. т. на осигуряването на хранителна среда за медоносната пчела и на контролирана функция по опрашване хабитатните типове с най-голямо значение за Северозападна България са S35, T1F, T11, T1D и R34.

Анализирана е геопространствената структура на идентифицираните хабитати по отношение на тяхната композиция и конфигурация чрез 6 ландшафни метрики. Геопространствената структура на хабитатите в четирите района е анализирана самостоятелно и сравнена между районите. Установени са линейните елементи (нектарни коридори) в ландшафтната матрица, които са от основно значение за опрашителите в аграрни райони. В Ботунския район като най-ценен хабитатен тип се отличава S35. Той е с характер на линейни нектарни коридори, които подсигурият опрашването на селскостопанските култури. Този хабитатен тип изпълнява тази роля и в северните равнинни части на района на рида Веслец. В района на рида Веслец ролята на нектарни коридори изпълняват и ивици от хабитатен тип T19 и T1E. В Дунавския район този елемент в хабитатната мозайка е силно ограничен и представен от хабитатен тип T1H, който най-често се

характеризира с високо покритие на инвазивни видове, като *Robinia pseudoacacia* L. и *Gleditsia triacanthos* L.

Настоящото изследване установи Районът на рида Веслец като изключително ценен за поддържането на биоразнообразието и предоставянето на екосистемната услуга опрашване в Северозападна България. Въпреки това, районът не е част от екологичната мрежа NATURA 2000, а това предизвиква опасения относно дългосрочната му устойчивост и опазване. Според “Индекса на разнообразие на Шанън“, както и на другите 5 използвани индекси, геопространствената структура и разнообразие на хабитатите е с оценка равна или дори по-висока от тази на Старопланинския район. Това подчертава значението на района като важна територия за опазването на биологичното разнообразие в тази част на страната. Въз основа на тези резултати и изводи се препоръчва включването на част от рида Веслец в екологичната мрежа NATURA 2000.

Резултатите получени от ландшафни метрики могат да послужат за ландшафтно планиране на линейни елементи в аграрните райони, които да подсигурят съхраняването на биологичното разнообразие и предоставянето на екосистемната услуга опрашване. Планирането и създаването на нектарни коридори ще е от полза за земеделските производители и увеличаването на качеството и количеството на продукцията.

Методичната последователност на изследването и широката база от данни, които бяха събрани на терен и обработени в камералния етап посредством различни инструменти, доказаха научната хипотеза на изследването „Пространствената конфигурация и композиционното разнообразие на хабитатите са основни фактори за осигуряването на екосистемната услуга опрашване“. Приложените измервания чрез избрани ландшафтно метрични показатели върху композиционните елементи, изграждащи четирите района на изследване, проследиха тяхната конфигурационна свързаност и подчертаха значението на линейните елементи в ландшафта за предоставянето на екосистемната услуга опрашване. А интериорното съдържание на хабитатите откри приоритетните територии от значение за предоставянето на екосистемната услуга.

Резултатите дават основания за бъдещи изследвания като:

- Изследване на медоносната растителност в урбанизирани територии.
- Конкретни териториално-устройствени препоръки за целите на планирането и управлението на териториите за равномерно осигуряване на

екосистемната услуга опрашване, особено наложително в силно аграрни райони.

- Изследвания на опрашители специалисти и тяхното значение за опрашването на редки растителни видове в географското пространство.
- Времето разпределение на флоралните ресурси за медоносната пчела.
- Въздействието на климатичните промени върху предлагането на екосистемната услуга опрашване.
- Въздействието на инвазивните видове върху медоносната растителност и тяхното значение за пчеларството.

Приноси на научното изследване:

1. Идентифицирани, картирани и картографирани са 25 хабитатни типа (на ниво 3 по номенклатурата на класификацията EUNIS), разпространени в Северозападна България
2. Количествено са определени разнообразието и покритието на медоносна растителност в структурата на идентифицираното хабитатно разнообразие в Северозападна България. В хода на проучването е систематизирана и обогатена наличната научна информация за медоносната растителност в България с нови данни за 17 вида медоносни растения.
3. Установени са приоритетни хабитати за предоставяне на екосистемната услуга опрашване от медоносната пчела в Северозападна България

Списък на публикациите по темата на дисертационния труд

Николов, Н. (2020) Медоносната растителност в България - предварителни резултати от литературен преглед. Сборник с доклади от XVIII научна конференция „География и регионално развитие“. Созопол, България, 230-237. ISBN: 978-619-91670

Николов, Н. (2021) Видово разнообразие на медоносната растителност в Северозападна България. Сборник с доклади от XIX научна конференция „География и регионално развитие“. Созопол, България, 184-200. ISSN 1313-4698

Nikolov, N., Grigorov, B., Vassilev, K., Nazurov, M. (2021) Assessment of the diversity and distribution of honey plants by habitats in the central parts of Krivodol municipality (Northern Bulgaria). Book of proceedings. XII International Scientific Agriculture Symposium “Agrosym 2021”. Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 809-816. ISBN 978-99976-787-9-9

Литература

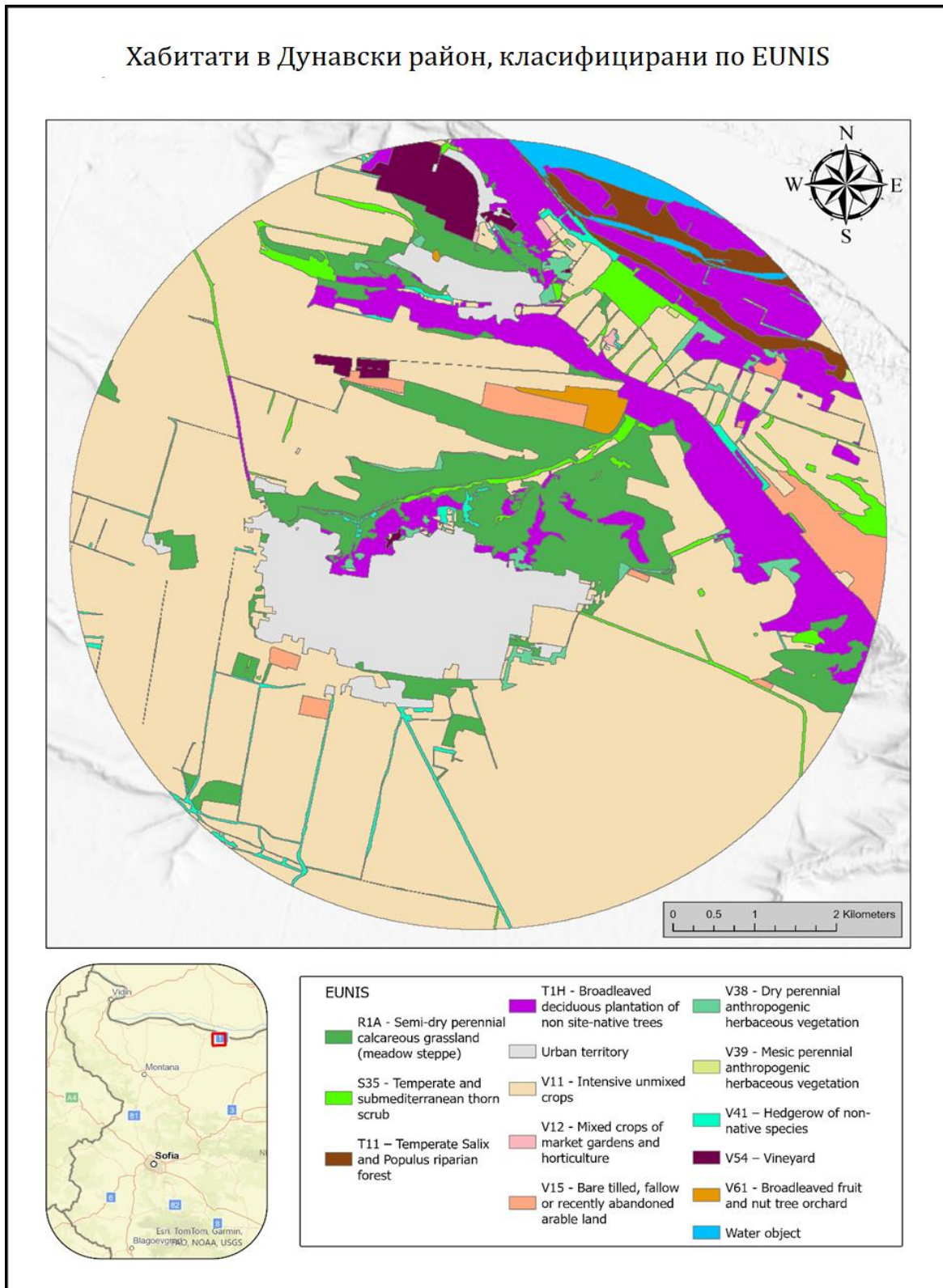
1. Асьов, Б., Петрова, А., Димитров, А., Василев, Р. (2012) Конспект на висшата флора на България. ISBN 978-954-9959-58-1
2. Борисова, Б. (2013) Ландшафтна екология и ландшафтно планиране, ак. изд. "проф. Марин Дринов", С. ISBN 978-954-322-671-9
3. Петков, В. (2006). Медоносните растения и пчелната паша в България. Захарий Стоянов; Университетско издателство св. Климент Охридски.
4. Петков, В. (1979). Медоносни Растения. Земиздат.
5. Стоянов, Н., (1933) Медоносните растения и пчелната паша, печ. Доверие, С.
6. Ташев, А., & Панчева, Е. (2009). Нови данни за систематичната структура на медоносните растения от флората на България. В Сборник доклади от международна научна конференция "Добри практики за устойчиво земеделско производство" (ЛТУ, София).
7. Ташев, А., & Панчева, Е. (2009). Систематична структура на медоносните растения от флората на България. Лесовъдска мисъл, 1/2009(37).
8. Almenar, J., Bolowich, A., Elliot, T., Geneletti, D., Sonnemann, G., & Rugani, B. (2019). Assessing habitat loss, fragmentation and ecological connectivity in Luxembourg to support spatial planning. *Landscape and Urban Planning*.
9. Asensio, I., Vicente-Rubiano, M., Muñoz, M., Fernández-Carrión, E., Sánchez-Vizcaíno, J., & Carballo, M. (2016). Importance of Ecological Factors and Colony Handling for Optimizing Health Status of Apiaries in Mediterranean Ecosystems. *PLoS ONE*, 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164205>
10. Boncristiani, D., Tauber, J., Palmer-Young, E., Cao, L., Collins, W., Grubbs, K., Lopez, J., Meinhardt, L., Nguyen, V., Oh, S., Peterson, R., Zamora, H., Chen, Y., & Evans, J. (2021). Impacts of Diverse Natural Products on Honey Bee Viral Loads and Health. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app112210732>
11. Bruelheide, H., Tichý, L., Chytrý, M., & Jansen, F. (2021). Implementing the formal language of the vegetation classification expert systems (ESy) in the statistical computing environment R. *Applied Vegetation Science*, 24(1). <https://doi.org/10.1111/avsc.12562>
12. Buchmann S. L. Nabhan G. P. Mirocha P. & Wilson E. O. (1996). *The forgotten pollinators*. Island Press/Shearwater Books.
13. Cannas I, Lai S, Leone F, Zoppi C (2018) Green Infrastructure and Ecological Corridors: A Regional Study Concerning Sardinia. *Sustainability* 10 (4). <https://doi.org/10.3390/su10041265>
14. Cranmer, L., McCollin, D., & Ollerton, J. (2011). Landscape structure influences pollinator movements and directly affects plant reproductive success. *Oikos*, 121(4), 562–568. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.19704.x>
15. Daily, G. C. (Ed.). (1997). *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island press.
16. Gallai N, Salles J, Settele J, Vaissière B (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68 (3): 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
17. Haines-Young, R., Potschin-Young, M. & Czúcz, B. (2018). Report on the use of CICES to identify and characterise the biophysical, social and monetary dimensions of ES assessments. Deliverable D4.2, EU Horizon 2020 EMERALDA Project, Grant agreement No. 642007. 106 pp.
18. Hass, A. L., Kormann, U. G., Tschardtke, T., Clough, Y., Baillod, A. B., Sirami, C., . . . Batáry, P. (2018). Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity,

- maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1872), 20172242. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2242>
19. Hesselbarth, M. H. K., Sciaini, M., With, K. A., Wiegand, K., & Nowosad, J. (2019, August 5). landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. *Ecography*, 42(10), 1648–1657. <https://doi.org/10.1111/ecog.04617>
20. IPBES. 2016. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S. G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo, (eds). Bonn, Germany. 552 pages.
21. Kennedy, C. M., Lonsdorf, E., Neel, M. C., Williams, N. M., Ricketts, T. H., Winfree, R., Bommarco, R., Brittain, C., Burley, A. L., Cariveau, D., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Cunningham, S. A., Danforth, B. N., Dudenhöffer, J., Elle, E., Gaines, H. R., Garibaldi, L. A., Gratton, C., . . . Kremen, C. (2013, March 11). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*, 16(5), 584–599. <https://doi.org/10.1111/ele.12082>
22. Kozuharova, E. (2004). Pollination ecology of *Gentiana asclepiadea* L. and *G.pneumonanthe* L. Bulgaria. Annual of Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Biology, Book 2 – Botany, Volume 94-96, 2004, 39-58.
23. Kozuharova, E., Aneva, I., & Goulson, D. (2020). Bees and Medicinal Plants – Prospective for Entomovectoring. *Progress in Biological Control*, 231–248. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44838-7_15
24. Kozuharova, E., Aneva, I., Milkoteva, K., & Goulson, D. (2017). No bees no medicinal plants? 3rd International Conference on Natural Products Utilization From Plants to Pharmacy Shelf 18-21 October 2017 Bansko, Bulgaria.
25. Kozuharova, E., Anchev, M. (2002). Floral biology, pollination ecology and breeding systems in *Gentiana verna*, *G. utriculosa* and *G.nivalis* (sect. *Calatianae*, *Gentianaceae*). Annual of Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Biology, Book 2 – Botany, Volume 90, 2002, 57-70.
26. Kozuharova, E., Firmage, D. (2007). On the pollination ecology of *Astragalus alopecurus pallas* (*Fabaceae*) in Bulgaria. Доклади на Българската академия на науките. Tome 60, №8, 2007, 863-870.
27. Lau, P., Bryant, V., Ellis, J., Huang, Z., Sullivan, J., Schmehl, D., Cabrera, A., & Rangel, J. (2019). Seasonal variation of pollen collected by honey bees (*Apis mellifera*) in developed areas across four regions in the United States. *PLoS ONE*, 14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217294>
28. Lange, S., Mockford, A., Burkhard, B., Müller, F., & Diekötter, T. (2023, October 12). As green infrastructure, linear semi-natural habitats boost regulating ecosystem services supply in agriculturally-dominated landscapes. *One Ecosystem*, 8. <https://doi.org/10.3897/oneeco.8.e108540>
29. McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure
30. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*.
31. Miljanic, A. S., Loy, X., Gruenewald, D. L., Dobbs, E. K., Gottlieb, I. G. W., Fletcher, R. J., & Brosi, B. J. (2018). Bee communities in forestry production landscapes: interactive effects of local-level management and landscape context. *Landscape Ecology*, 34(5), 1015–1032. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0651-y>
32. Molné F, Donati GA, Bolliger J, Fischer M, Maurer M, Bach P (2023) Supporting the planning of urban blue-green infrastructure for biodiversity: A multi-scale prioritisation framework. *Journal of Environmental Management* 342 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118069>

33. Müller F, Bicking S, Ahrendt K, Kinh Bac D, Blindow I, Fürst C, Haase P, Kruse M, Kruse T, Ma L, Perennes M, Ruljevic I, Schernewski G, Schimming C, Schneiders A, Schubert H, Schumacher n, Tappeiner U, Wangai P, Windhorst W, Zeleny J (2020) Assessing ecosystem service potentials to evaluate terrestrial, coastal and marine ecosystem types in Northern Germany – An expert-based matrix approach. *Ecological Indicators* 112 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106116>
34. Nations, F. A. A. O. O. T. U. (2018). The pollination of cultivated plants: A compendium for practitioners. Food & Agriculture Org. Retrieved from http://books.google.ie/books?id=fGy1DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=The+pollination+of+cultivated+plants:+A+compendium+for+practitioners&hl=&cd=1&source=gbs_api
35. Nowakowski, M. & Richard Pywell (2016). Habitat Creation and Management for Pollinators. Retrieved from http://books.google.ie/books?id=v12EAQAACAAI&dq=Habitat+Creation+and+Management+for+Pollinators&hl=&cd=1&source=gbs_api
36. Neokosmidis, L., Tscheulin, T., Devalez, J., & Petanidou, T. (2016). Landscape spatial configuration is a key driver of wild bee demographics. *Insect Science*, 25(1), 172–182. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12383>
37. Ollerton, J. (2021). Pollinators and Pollination. Pelagic Publishing Ltd. Retrieved from http://books.google.ie/books?id=0WcKEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Pollinators+and+pollination&hl=&cd=1&source=gbs_api
38. Rahimi, E., Barghjelveh, S., & Dong, P. (2021). Estimating landscape structure effects on pollination for management of agricultural landscapes. *Ecological Processes*, 10, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00331-3>
39. Sammataro, D., Avitabile, A. (2014) The beekeeper's handbook. ISBN 978-0-8014-4981-9
40. Seddon, A., Macias-Fauria, M., Long, P., Benz, D., & Willis, K. (2016). Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature*, 531, 229-232. <https://doi.org/10.1038/nature16986>
41. Shivanna, K. (2019). The 'Sixth Mass Extinction Crisis' and Its Impact on Flowering Plants. Sustainable Development and Biodiversity. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30746-2_2
42. Tashev, A., Velinova, E., & Tsakov, E. (2015). Melliferous plants of Bulgarian dendroflora. *Phytologia Balcanica*.
43. Tschardtke, T., Steffan-Dewenter, I., Kruess, A., & Thies, C. (2002). Characteristics of insect populations on habitat fragments: A mini review. *Ecological Research*, 17, 229-239. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.2002.00482.x>
44. Zulian et al (2017) Pollination services spatial model adapted to Bulgarian rural landscapes. <http://www.metecosmap-sofia.org/wp-content/uploads/2017/02/Zulian-et-al-Pollination.pdf>
45. Zulian G, Polce C, Maes J. (2014). ESTIMAP: a GIS-based model to map ecosystem services in the European Union. *Annali di Botanica* 4: 1-7. <https://doi.org/10.4462/annbotrm-11807>
46. Royal Botanic Gardens, Kew. (n.d.). Plants of the World Online. Retrieved from <https://powo.science.kew.org>

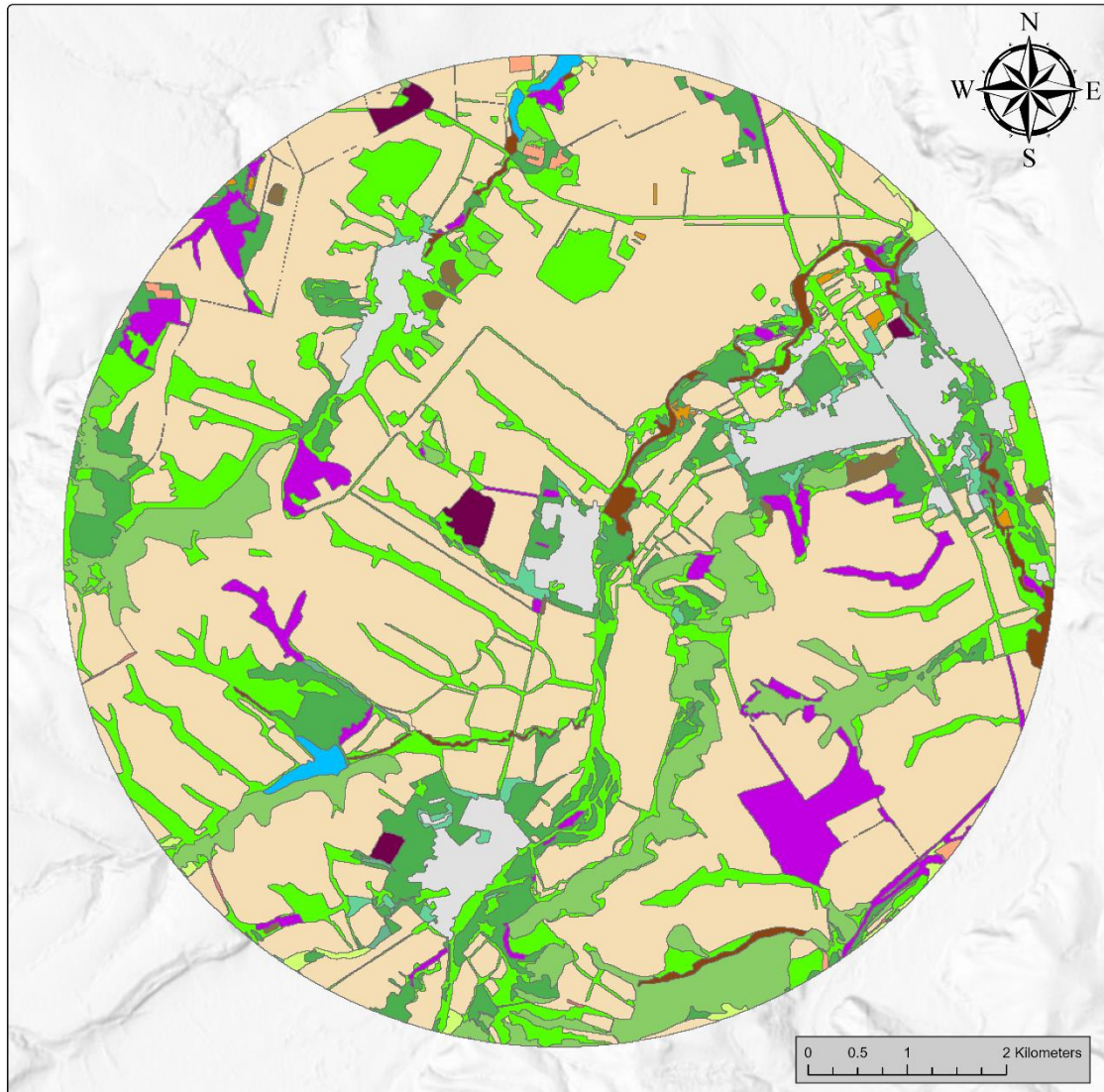
Приложения

Приложение №1 Карта на хабитатите в Дунавски район, класифицирани по EUNIS



Приложение №2 Карта на хабитатите в Ботунски район, класифицирани по EUNIS

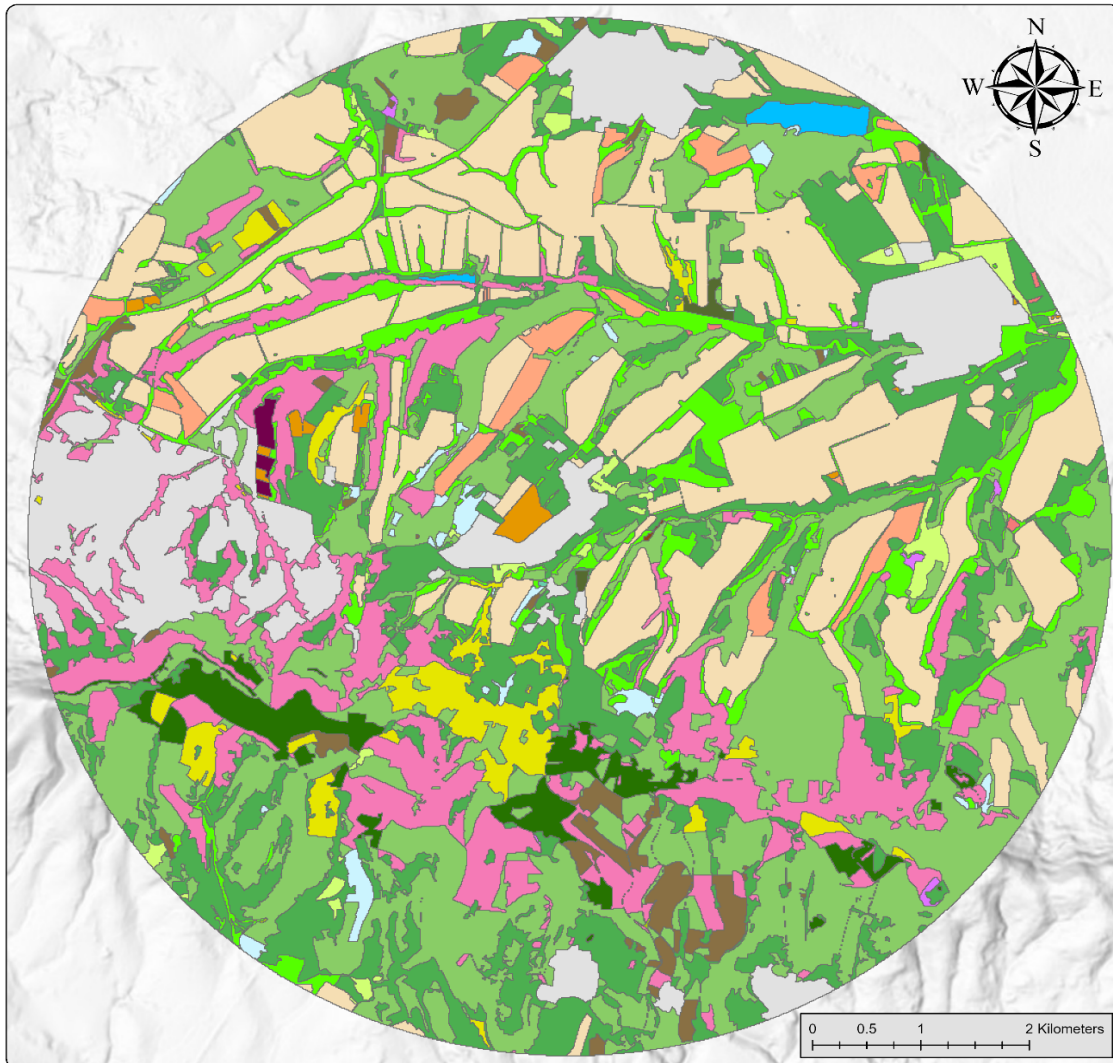
Хабитати в Ботунски район, класифицирани по EUNIS



EUNIS		
R1A - Semi-dry perennial calcareous grassland (meadow steppe)	T11 - Temperate Salix and Populus riparian forest	V35 - Trampled mesophilous grassland with annuals
R22 - Low and medium altitude hay meadow	T1H - Broadleaved deciduous plantation of non site-native trees	V38 - Dry perennial anthropogenic herbaceous vegetation
R35 - Moist or wet mesotrophic to eutrophic hay meadow	T3M - Coniferous plantation of non site-native trees	V54 - Vineyard
S35 - Temperate and submediterranean thorn scrub	Urban territory	V61 - Broadleaved fruit and nut tree orchard
	V11 - Intensive unmixed crops	Water object
	V15 - Bare tilled, fallow or recently abandoned arable land	T19 - Temperate and submediterranean thermophilous deciduous forest

**Приложение №3 Карта на хабитатите в района на рида Веслец,
класифицирани по EUNIS**

Хабитати в района на рида Веслец, класифицирани по EUNIS

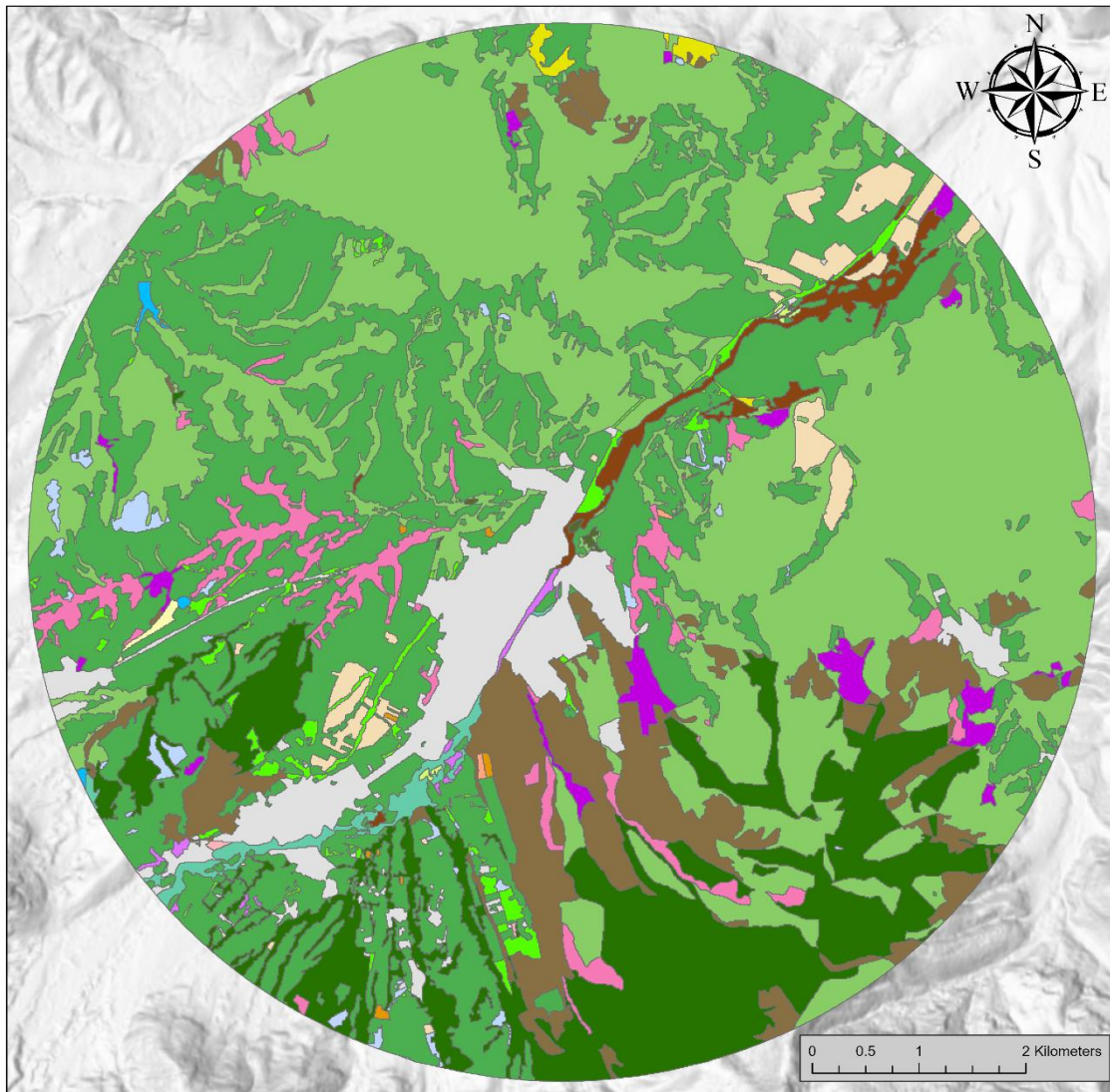


EUNIS

- | | | |
|---|---|---|
| R1A - Semi-dry perennial calcareous grassland (meadow steppe) | T1D - Southern European mountain Betula and Populus tremula forest on mineral soils | V35 - Trampled mesophilous grassland with annuals |
| R22 - Low and medium altitude hay meadow | T1E - Carpinus and Quercus mesic deciduous forest | V39 - Mesic perennial anthropogenic herbaceous vegetation |
| R34 - Submediterranean moist meadow | T1F - Ravine forest | V54 - Vineyard |
| S35 - Temperate and submediterranean thorn scrub | T1H - Broadleaved deciduous plantation of non site-native trees | V61 - Broadleaved fruit and nut tree orchard |
| S37 - Corylus avellana scrub | T3M - Coniferous plantation of non site-native trees | Water object |
| T11 - Temperate Salix and Populus riparian forest | Urban territory | T12 - Alnus glutinosa-Alnus incana forest on riparian and mineral soils |
| | V11 - Intensive unmixed crops | T18 - Fagus forest on acid soils |
| | V15 - Bare tilled, fallow or recently abandoned arable land | T19 - Temperate and submediterranean thermophilous deciduous forest |

Приложение №4 Карта на хабитатите в Старопланински район, класифицирани по EUNIS

Хабитати в Старопланински район, класифицирани по EUNIS



EUNIS			
R1A - Semi-dry perennial calcareous grassland (meadow steppe)	S32 - Temperate Rubus scrub	T3M - Coniferous plantation of non site-native trees	V61 - Broadleaved fruit and nut tree orchard
R22 - Low and medium altitude hay meadow	S35 - Temperate and submediterranean thorn scrub	Urban territory	Water objects
R34 - Submediterranean moist meadow	T11 - Temperate Salix and Populus riparian forest	V11 - Intensive unmixed crops	T12 - Alnus glutinosa-Alnus incana forest on riparian and mineral soils
R35 - Moist or wet mesotrophic to eutrophic hay meadow	T1E - Carpinus and Quercus mesic deciduous forest	V12 - Mixed crops of market gardens and horticulture	T18 - Fagus forest on acid soils
R54 - Pteridium aquilinum vegetation	T1F - Ravine forest	V15 - Bare tilled, fallow or recently abandoned arable land	T19 - Temperate and submediterranean thermophilous deciduous forest
	T1H - Broadleaved deciduous plantation of non site-native trees	V35 - Trampled mesophilous grassland with annuals	